

ISSN 2071-2243

DOI: 10.53914/issn2071-2243

ВЕСТНИК

**Воронежского государственного
аграрного университета**

**Теоретический
и научно-практический
журнал**

Том 14, 3(70) • 2021



ISSN 2071-2243
DOI: 10.53914/issn2071-2243

ВЕСТНИК

ВОРОНЕЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
ВОРОНЕЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО
УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ ИМПЕРАТОРА ПЕТРА I

*Публикуются результаты фундаментальных и прикладных
исследований теоретико-методологических и практических
проблем в различных областях науки и практики
(прежде всего применительно к АПК),
предлагаются пути их решения*

Издается с 1998 года

Периодичность – 4 выпуска в год

**Том 14,
выпуск 3 (70)**

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2021_3

ВОРОНЕЖ
ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ
2021

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР – проректор по научной работе
доктор экономических наук **Л.А. Запорожцева**

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА – проректор по учебной работе
доктор технических наук, профессор **Н.М. Дерканосова**

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере
связи, информационных технологий и массовых коммуникаций
(Роскомнадзор), рег. № ПИ № ФС77-73529 от 24 августа 2018 г.

Подписной индекс 45154 объединенного каталога газет и журналов «Пресса России»

В соответствии с распоряжением Минобрнауки России от 28 декабря 2018 г. № 90-р на основании рекомендаций Высшей аттестационной комиссии при Минобрнауки России с учетом заключений профильных экспертных советов ВАК Вестник включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (№ 281 по состоянию на 24.03.2020)

Вестник Воронежского государственного аграрного университета принимает к публикации статьи по следующим научным специальностям и соответствующим им отраслям науки:

- 05.20.01** – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (сельскохозяйственные науки);
- 05.20.01** – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки);
- 05.20.02** – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве (технические науки);
- 05.20.03** – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве (технические науки);
- 06.01.01** – Общее земледелие, растениеводство (сельскохозяйственные науки);
- 06.01.02** – Мелиорация, рекультивация и охрана земель (сельскохозяйственные науки);
- 06.01.04** – Агрохимия (сельскохозяйственные науки);
- 06.01.04** – Агрохимия (биологические науки);
- 06.01.06** – Луговое хозяйство и лекарственные эфирно-масличные культуры (сельскохозяйственные науки);
- 06.01.07** – Защита растений (сельскохозяйственные науки);
- 08.00.05** – Экономика и управление народным хозяйством (по отраслям и сферам деятельности) (экономические науки);
- 08.00.10** – Финансы, денежное обращение и кредит (экономические науки);
- 08.00.12** – Бухгалтерский учет, статистика (экономические науки);
- 08.00.13** – Математические и инструментальные методы экономики (экономические науки).

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Алдошин Николай Васильевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Сельскохозяйственные машины» Института механики и энергетики имени В.П. Горячкина ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева».

Ерохин Михаил Никитьевич, доктор технических наук, академик РАН, профессор, научный руководитель Института механики и энергетики имени В.П. Горячкина, профессор кафедры «Сопротивление материалов и детали машин» ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева».

Завражнов Анатолий Иванович, доктор технических наук, академик РАН, профессор, главный научный сотрудник, профессор кафедры «Технологические процессы и техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет».

Лачуга Юрий Федорович, доктор технических наук, профессор, академик РАН, Российская академия наук.

Оробинский Владимир Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой «Сельскохозяйственные машины, тракторы и автомобили», декан агроинженерного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Павлушин Андрей Александрович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности», декан инженерного факультета ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина».

Тарабрин Алексей Евгеньевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заместитель директора по научной работе Национальной научной сельскохозяйственной библиотеки Национальной академии аграрных наук Украины.

Тарасенко Александр Павлович, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, профессор кафедры «Сельскохозяйственные машины, тракторы и автомобили» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Шацкий Владимир Павлович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Математика и физика» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Вашенко Татьяна Григорьевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры «Селекция, семеноводство и биотехнологии» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Григорьева Людмила Викторовна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор плодовоовощного института имени И.В. Мичурина ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет».

Девятова Татьяна Анатольевна, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой «Экология и земельные ресурсы» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет».

Дедов Анатолий Владимирович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры «Земледелие, растениеводство и защита растений» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Жужжалова Татьяна Петровна, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующий отделом биотехнологии и генетики ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара имени А.Л. Мазлумова».

Илларионов Александр Иванович, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры «Земледелие, растениеводство и защита растений» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Князев Сергей Дмитриевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур».

Коржов Сергей Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры «Земледелие, растениеводство и защита растений» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Мязин Николай Георгиевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры «Агрохимия, почвоведение и агроэкология» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Ноздрачева Раиса Григорьевна, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой «Плодоводство и овощеводство» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Федотов Василий Антонович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры «Земледелие, растениеводство и защита растений» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Щеглов Дмитрий Иванович, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой «Почвоведение и управление земельными ресурсами» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет».

Закшевский Василий Георгиевич, академик РАН, доктор экономических наук, профессор, почетный работник агропромышленного комплекса России, директор ФГБНУ «Научно-исследовательский институт экономики и организации агропромышленного комплекса Центрально-Черноземного района Российской Федерации».

Курносков Андрей Павлович, доктор экономических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры «Информационное обеспечение и моделирование агроэкономических систем» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Ришар Жак, доктор экономических наук, профессор Университета Дофин, Франция, Париж, Почетный профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Родионова Ольга Анатольевна, доктор экономических наук, профессор, заместитель директора по научной работе ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт организации производства, труда и управления в сельском хозяйстве».

Ткаченко Валентина Григорьевна, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Экономическая теория и маркетинг» ГОУ ЛНР «Луганский национальный аграрный университет», член-корреспондент Национальной академии аграрных наук Украины, академик Академии экономических наук Украины, академик Академии гуманитарных наук России, Заслуженный работник народного образования Украины, Почетный профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Улезько Андрей Валерьевич, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационное обеспечение и моделирование агроэкономических систем» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Чиркова Мария Борисовна, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры «Бухгалтерский учет и аудит» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Яшина Марина Львовна, доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры «Финансы и кредит» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина».

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ – **Н.М. Грибанова**

Электронная версия и требования к статьям размещены на сайте <http://vestnik.vsau.ru>

Электронная версия журнала в формате XML/XML+PDF размещена
на сайте Научной электронной библиотеки (НЭБ) <http://elibrary.ru>

Журнал включен в библиографическую базу данных научных публикаций российских ученых и
Российский индекс научного цитирования статей (РИНЦ), Новый список RSCI на платформе
Web of Science, а также базу данных Международной информационной системы
по сельскому хозяйству и смежным с ним отраслям (AGRIS)

ISSN 2071-2243

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается

Учредитель: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ
Почтовый адрес: 394087, г. Воронеж, ул. Мичурина, 1
Тел.: +7(473) 253-81-68
E-mail: vestnik@srd.vsau.ru

© ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021

ISSN 2071-2243
DOI: 10.53914/issn2071-2243

VESTNIK

OF VORONEZH STATE AGRARIAN UNIVERSITY

THEORETICAL AND RESEARCH & PRACTICE JOURNAL
OF VORONEZH STATE AGRARIAN UNIVERSITY
NAMED AFTER EMPEROR PETER THE GREAT

*Results of fundamental and applied researches of conceptual, methodological
and experimental issues in different spheres of science and practice
(preferably related to the Agro-Industrial Complex),
ways of solution are published in the journal*

Published since 1998
Periodicity – 4 issues per year

**Volume 14,
Issue 3 (70)**

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2021_3

VORONEZH
Voronezh SAU
2021

EDITOR-IN-CHIEF – Vice-Rector for Research,
Doctor of Economic Sciences **L.A. Zaporozhtseva**

DEPUTY CHIEF EDITOR – Vice-Rector for Academic Affairs,
Doctor of Engineering Sciences, Professor **N.M. Derkanosova**

The journal is registered by the Federal Service for Supervision
of Communications, Information Technology and Mass Media (Roskomnadzor),
the Mass Media Registration Certificate ПИ № ФС 77-73529 as of August 24, 2018

Subscription index of the United Catalogue of Periodicals 'Pressa Rossii' No. 45154

According to the Order of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation No. 90-r as of December 28, 2018, pursuant to the Recommendations of the Higher Attestation Commission under the Ministry of Education and Science of Russia based on the findings of relevant expert councils, Vestnik is included in the List of Peer-Reviewed Scientific Periodicals recommended for publishing the major research results of dissertations for a candidate and doctorate degree under No. 281 as of March 24, 2020

**Vestnik of Voronezh State Agrarian University accepts articles
on the following scientific specialties and corresponding branches of study:**

- 05.20.01** – Technologies and Mechanical Means in Agriculture (Agricultural Sciences);
- 05.20.01** – Technologies and Mechanical Means in Agriculture (Engineering Sciences);
- 05.20.02** – Electrotechnologies and Electric Equipment in Agriculture (Engineering Sciences);
- 05.20.03** – Technologies and Means of Maintenance in Agriculture (Engineering Sciences);
- 06.01.01** – General Soil Management, Crop Science (Agricultural Sciences);
- 06.01.02** – Land Melioration, Recultivation and Land Conservation (Agricultural Sciences);
- 06.01.04** – Agricultural Chemistry (Agricultural Sciences);
- 06.01.04** – Agricultural Chemistry (Biological Sciences);
- 06.01.06** – Grassland Science and Medicinal Essential-Oil-Bearing Plants (Agricultural Sciences);
- 06.01.07** – Plant Protection (Agricultural Sciences);
- 08.00.05** – Economics and Management of the National Economy (by Branches and Fields of Activity) (Economic Sciences);
- 08.00.10** – Finance, Monetary Circulation and Credit (Economic Sciences);
- 08.00.12** – Accounting, Statistics (Economic Sciences);
- 08.00.13** – Mathematical and Instrumental Methods in Economics (Economic Sciences).

EDITORIAL BOARD

Nikolay V. Aldoshin, Doctor of Engineering Sciences, Full Professor, Head of the Department of Farm Machinery, Institute of Engineering and Energy named after V.P. Goryachkin, Russian Timiryazev State Agrarian Academy.

Mikhail N. Erokhin, Doctor of Engineering Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences (RAS), Full Professor, Academic Director of the Institute of Engineering and Energy named after V.P. Goryachkin, Professor at the Department of Strength of Materials and Machinery Parts, Russian Timiryazev State Agrarian Academy.

Anatoliy I. Zavrazhnov, Doctor of Engineering Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences (RAS), Full Professor, Chief Researcher, Professor at the Department of Technological Processes and Technosphere Safety, Michurinsk State Agrarian University.

Yuriy F. Lachuga, Doctor of Engineering Sciences, Full Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences (RAS), Russian Academy of Sciences.

Vladimir I. Orobinskiy, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor, Head of the Department of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Dean of the Faculty of Rural Engineering, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Andrey A. Pavlushin, Doctor of Engineering Sciences, Docent, Professor at the Department of Agricultural Technologies, Machinery and Life Safety, Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin.

Aleksey E. Tarabrin, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor, Deputy Director for Research of the National Scientific Agricultural Library, National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine.

Aleksandr P. Tarasenko, Doctor of Engineering Sciences, Full Professor, Honoured Master of Sciences and Engineering of the Russian Federation, Professor at the Department of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Vladimir P. Shatsky, Doctor of Engineering Sciences, Full Professor, Head of the Department of Mathematics and Physics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Tatiana G. Vashchenko, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor, Professor at the Department of Plant and Seed Selection Breeding and Biotechnologies, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Lyudmila V. Grigorieva, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor, Director of Fruit-and-Vegetable Institute named after I.V. Michurin, Michurinsk State Agrarian University.

Tatyana A. Devjatova, Doctor of Biological Sciences, Full Professor, Head of the Department of Ecology and Land Resources, Voronezh State University.

Anatoliy V. Dedov, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor, Professor at the Department of Soil Management, Crop Science and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Tatyana P. Zhuzhzhlova, Doctor of Biological Sciences, Full Professor, Chief Researcher, Head of the Department of Biotechnology and Genetics, A. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar.

Aleksandr I. Illarionov, Doctor of Biological Sciences, Full Professor, Professor at the Department of Soil Management, Crop Science and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Sergey D. Knyazev, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor, Director, All-Russian Research Institute of Horticultural Crops Selection Breeding.

Sergey I. Korzhov, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor, Professor at the Department of Soil Management, Crop Science and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Nikolay G. Myazin, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor, Professor at the Department of Agricultural Chemistry, Soil Science and Agroecology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Raisa G. Nozdracheva, Doctor of Agricultural Sciences, Docent, Head of the Department of Fruit and Vegetable Growing, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Vasiliy A. Fedotov, Doctor of Agricultural Sciences, Full Professor, Professor at the Department of Soil Management, Crop Science and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Dmitriy I. Shcheglov, Doctor of Biological Sciences, Full Professor, Head of the Department of Soil Science and Land Resources Management, Voronezh State University.

Vasiliy G. Zakshevski, Academician of the Russian Academy of Sciences (RAS), Honored Worker of Agro-Industrial Complex of Russia, Doctor of Economic Sciences, Full Professor, Director, Scientific-Research Institute of Economics and Organization of Agro-Industrial Complex of the Central Chernozem Region of the Russian Federation.

Andrey P. Kurnosov, Doctor of Economic Sciences, Full Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Professor at the Department of Information Support and Modeling of Economic Systems in Agriculture, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Richard Jacques, Doctor of Economic Sciences, Professor, Paris Dauphine University, France (Université Paris-Dauphine), Professor Emeritus of Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Olga A. Rodionova, Doctor of Economic Sciences, Full Professor, Deputy Director for Science, All-Russian Research Institute of the Organization of Production, Labor and Management in Agriculture.

Valentina G. Tkachenko, Doctor of Economic Sciences, Full Professor, Head of the Department of Economic Theory and Marketing, Lugansk National Agrarian University, Corresponding Member of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Academician of the Academy of Economics of Ukraine, Academician of the Russian Academy of Humanities, Honoured Worker of Education of Ukraine, Professor Emeritus of Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Andrey V. Ulez'ko, Doctor of Economic Sciences, Full Professor, Head of the Department of Information Support and Modeling of Economic Systems in Agriculture, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Mariya B. Chirkova, Doctor of Economic Sciences, Full Professor, Professor at the Department of Accounting and Auditing, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Marina L. Yashina, Doctor of Economic Sciences, Docent, Professor at the Department of Finance and Credit, Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin.

EXECUTIVE SECRETARY – **N.M. Gribanova**

Electronic version and requirements for publishing
scientific articles are available at <http://vestnik.vsau.ru>

Electronic version of the journal in XML/XML+PDF format
is available on the site of eLIBRARY.RU at <http://elibrary.ru>

The journal is included in the bibliographic database of Scientific Publications of Russian Authors and of the Information about Citing These Publications, i.e. Russian Science Citation Index (RINTS), in the New List of Russian Science Citation Index database (RSCI) on the Web of Science platform, as well as in the database of the International System for Agricultural Science and Technology (AGRIS)

ISSN 2071-2243

No fee is charged from postgraduate students for publications

Founder: Voronezh SAU

Address: 1 Michurin street, Voronezh, 394087, Russia
Tel. number: +7(473) 253-81-68
E-mail: vestnik@srd.vsau.ru

© Voronezh SAU, 2021

ВЕСТНИК

ВОРОНЕЖСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА



Основан в 1998 г.
Выходит 4 раза в год

СОДЕРЖАНИЕ CONTENTS

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ PROCESSES AND MACHINES OF AGRI-ENGINEERING SYSTEMS

- Оробинский В.И., Ворохобин А.В., Корнев А.С., Головин А.Д., Бачурин И.Г., Пожидаев И.А.**
ВЛИЯНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ЗЕРНОВОГО ВОРОХА
НА УРОВЕНЬ ТРАВМИРОВАНИЯ И ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН
Orobinsky V.I., Vorokhobin A.V., Kornev A.S., Golovin A.D., Bachurin I.G., Pozhidaev I.A.
FRACTION COMPOSITION OF THE GRAIN HEAP AND ITS INFLUENCE
ON THE LEVEL OF GRAIN DAMAGE AND SOWING QUALITIES OF SEEDS 12
- Гиевский А.М., Шацкий В.П., Харитонов М.К.**
ОБОСНОВАНИЕ ФОРМЫ ЛОТКА ДЕЛИТЕЛЯ ЗЕРНОВОГО
ВОРОХА МНОГОЯРУСНОГО РЕШЕТНОГО СТАНА
Gievsky A.M., Shatsky V.P., Kharitonov M.K.
RATIONALE FOR THE SHAPE OF THE GRAIN HEAP
DIVIDER CHUTE OF A MULTILAYER CLEANER SHOE 18
- Оробинский В.И., Гулевский В.А., Корнев А.С., Подорванов Д.А., Бачурин И.Г.**
ПУТИ СНИЖЕНИЯ ЦИРКУЛЯЦИОННОЙ НАГРУЗКИ
В МОЛОТИЛКЕ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА
Orobinsky V.I., Gulevsky V.A., Kornev A.S., Podorvanov D.A., Bachurin I.G.
OPPORTUNITIES FOR CIRCULATING LOAD REDUCTION
IN THE THRESHER OF A COMBINE HARVESTER 26
- Родионов Ю.В., Никитин Д.В., Данилин С.И., Чумиков Ю.А., Скоморохова А.И., Родионов Ю.Ю.**
ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ДВУХСТУПЕНЧАТОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ СУХИХ РАСТИТЕЛЬНЫХ
МАТЕРИАЛОВ ЗАДАННОЙ СТЕПЕНИ ПОМОЛА С ПРИМЕНЕНИЕМ ВАКУУМА
Rodionov Yu.V., Nikitin D.V., Danilin S.I., Chumikov Yu.A., Skomorokhova A.I., Rodionov Yu.Yu.
THEORETICAL CALCULATION OF VACUUM APPLICATION IN A TWO-STAGE
CRUSHER OF DRY PLANT MATERIALS WITH A GIVEN DEGREE OF GRINDING 32
- Соболевский И.В., Турин Е.Н., Калафатов И.И.**
ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН
С УЧЕТОМ ПОЧВЕННЫХ УСЛОВИЙ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ
Sobolevskiy I.V., Turin E.N., Kalafatov I.I.
RESOURCE INCREASING OF THE WORKING BODIES OF TILLAGE MACHINERY WITH
CONSIDERATION TO THE SOIL CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF CRIMEA 42
- Василенко В.В., Василенко С.В., Казаров К.Р., Труфанов В.В., Солдатов Ю.И.**
ЭМПИРИЧЕСКАЯ ЗАВИСИМОСТЬ МАССЫ КОРНЕПЛОДА ОТ ОБОИХ ИНТЕРВАЛОВ
В РЯДКЕ РАСТЕНИЙ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ
Vasilenko V.V., Vasilenko S.V., Kazarov K.R., Trufanov V.V., Soldatov Yu.I.
EMPIRICAL DEPENDENCE OF THE ROOT CROP WEIGHT ON BOTH
INTERVALS OF THE DRILL ROW OF SUGAR BEET PLANTINGS 51

Саблин С.Ю., Скрыпников А.В., Высоцкая И.А., Брюховецкий А.Н., Тихомиров П.В. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ Sablin S.Yu., Skrypnikov A.V., Vysotskaya I.A., Bryukhovetskiy A.N., Tikhomirov P.V. METHODOLOGY FOR EXPERIMENTAL STUDIES OF RURAL AUTOMOBILE ROAD FUNCTIONING.....	58
Ворохобин А.В., Журавец И.Б., Манойлина С.З., Золотых Е.Д. ТЕРМИЧЕСКАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ МИКРОКЛИМАТА В КАБИНЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО МОБИЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА Vorokhobin A.V., Zhuravets I.B., Manoylina S.Z., Zolotykh E.D. THERMAL STABILIZATION OF THE MICROCLIMATE IN THE CABIN OF MOBILE ENERGY MACHINERY USED IN AGRICULTURE	64

АГРОНОМИЯ AGRICULTURAL SCIENCE

Образцов В.Н., Щедрина Д.И., Кадыров С.В. ФЕСТУЛОЛИУМ В ТРАВΟΣМЕСЯХ С БОБОВЫМИ ТРАВАМИ Obraztsov V.N., Shchedrina D.I., Kadyrov S.V. FESTULOLIUM IN MIXTURES WITH LEGUMINOUS GRASSES.....	70
Бережнов Д.И., Пименов В.Б., Стекольников К.Е., Гасанова Е.С. АГРОГЕННОЕ ПОДКИСЛЕНИЕ ЧЕРНОЗЕМОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ В ЦЧР Berezhnov D.I., Pimenov V.B., Stekolnikov K.E., Gasanova E.S. AGROGENIC CHERNOZEM SOIL ACIDIFICATION AS A RESULT OF APPLICATION OF VARIOUS FERTILIZER SYSTEMS IN THE CENTRAL CHERNOZEM REGION.....	77
Буховец А.Г., Кучеренко М.В., Семин Е.А. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР С ПОМОЩЬЮ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НОРМАЛИЗОВАННОГО ОТНОСИТЕЛЬНОГО ИНДЕКСА РАСТИТЕЛЬНОСТИ, УЧИТЫВАЮЩЕЙ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ Bukhovets A.G., Kucherenko M.V., Semin E.A. FORECASTING GRAIN CROPS HARVESTING CAPACITY BASED ON NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX DYNAMIC MODEL WITH CONSIDERATION TO PHYSIOLOGICAL FEATURES OF AGRICULTURAL PLANTS' DEVELOPMENT	93

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ ECONOMIC SCIENCES

Авдеев Е.В., Терновых К.С. ФОРМИРОВАНИЕ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА В АГРАРНОЙ СФЕРЕ РОССИИ Avdeev E.V., Ternovykh K.S. FORMATION OF HUMAN CAPITAL DEVELOPMENT STRATEGY IN THE AGRARIAN SECTOR IN RUSSIA	105
Постнова М.В., Александрова Н.Р., Смирнова Е.А. ЗАНЯТОСТЬ И ФОРМИРОВАНИЕ ТРУДОВОГО ПОТЕНЦИАЛА СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ Postnova M.V., Aleksandrova N.R., Smirnova E.A. EMPLOYMENT AND LABOR POTENTIAL FORMATION IN RURAL AREAS	112
Толстолуцкий Р.О., Запорожцева Л.А. РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИЧЕСКИХ ОРИЕНТИРОВ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ Tolstolutsky R.O., Zaporozhtseva L.A. GENERATION OF STRATEGIC GUIDELINES FOR RURAL TERRITORIES DEVELOPMENT	124
Брянцева Л.В., Оробинский А.С., Фонсека В.Х. АНАЛИЗ И ОЦЕНКА РИСКОВ ОПТИМИЗАЦИИ НАЛОГООБЛОЖЕНИЯ ХОЗЯЙСТВУЮЩИХ СУБЪЕКТОВ Bryantseva L.V., Orobinsky A.S., Fonseca W.J. ANALYSIS AND RISK EVALUATION OF ECONOMIC ENTITIES TAX BURDEN MINIMIZATION.....	134

Терновых К.С., Китаёв Ю.А. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МОЛОЧНОГО СКОТОВОДСТВА В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ ЦЧР Ternovykh K.S., Kitaev Yu.A. ASSESSMENT OF PERFORMANCE EFFICIENCY OF DAIRY CATTLE BREEDING IN AGRICULTURAL ORGANIZATIONS OF THE CENTRAL CHERNOZEM REGION	141
Меделяева З.П., Широбоков В.Г., Ноздрачева Р.Г., Шилова Н.П., Леонова Н.В. ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОДДЕРЖКА И РАЗВИТИЕ УЧЕТНО-ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В САДОВОДСТВЕ Medelyaeva Z.P., Shirobokov V.G., Nozdracheva R.G., Shilova N.P., Leonova N.V. STATE FINANCING BACKING AND FURTHER DEVELOPMENT OF ACCOUNTING AND INFORMATION SUPPORT IN HORTICULTURE	147
Севостьянов А.Л. ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЭКСПОРТА ЗЕРНА Sevostyanov A.L. PROBLEMS OF GRAIN EXPORT TRANSPORT INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT	162
Кузубов А.А., Шашло Н.В. МОДЕЛИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ АГРАРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ Kuzubov A.A., Shashlo N.V. EXPLOITATION PATTERN OF AGRICULTURAL ENTERPRISES WASTE IN ENSURING ENERGY AND ENVIRONMENTAL SAFETY	168
Коваленко С.Н., Коваленко Ю.Н. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФСБУ 5/2019 «ЗАПАСЫ» И МСФО 2 «ЗАПАСЫ» КАК ОСНОВА ПОСТРОЕНИЯ УЧЕТНОГО ПРОЦЕССА ОРГАНИЗАЦИЙ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА Kovalenko S.N., Kovalenko Yu.N. COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF RAS 5/2019 INVENTORIES AND IAS 2 INVENTORIES AS A BASIS FOR DEVELOPMENT OF THE ACCOUNTING PROCEDURES OF ORGANIZATIONS WITHIN AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX	177
Ершова Н.В., Баринов В.Н., Трухина Н.И., Калабухов Г.А., Галкин С.А. ПРОБЛЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ НА ЭТАПЕ РЕФОРМИРОВАНИЯ Ershova N.V., Barinov V.N., Trukhina N.I., Kalabukhov G.A., Galkin S.A. PROBLEMS OF STATE CADASTRAL VALUATION OF LAND PLOTS AT THE STAGE OF REFORMS.....	185
НАУЧНАЯ ЖИЗНЬ SCIENTIFIC ACTIVITIES	
СОВЕТЫ ПО ЗАЩИТЕ ДОКТОРСКИХ И КАНДИДАТСКИХ ДИССЕРТАЦИЙ, СОЗДАННЫЕ НА БАЗЕ ВОРОНЕЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ ИМПЕРАТОРА ПЕТРА I DOCTORAL AND CANDIDATE SCIENCE-DEGREE COUNCILS OF VORONEZH STATE AGRARIAN UNIVERSITY	195
ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ INFORMATION FOR AUTHORS	196

ВЛИЯНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ЗЕРНОВОГО ВОРОХА НА УРОВЕНЬ ТРАВМИРОВАНИЯ И ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН

**Владимир Иванович Оробинский
Андрей Викторович Ворохобин
Андрей Сергеевич Корнев
Антон Дмитриевич Головин
Илья Геннадиевич Бачурин
Илья Алексеевич Пожидаев**

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Растениеводство в Центрально-Черноземном регионе благодаря благоприятным почвенным условиям является приоритетным направлением сельского хозяйства. Повышение эффективности данной отрасли возможно за счет совершенствования составных элементов, входящих в технологические линии соответствующего производства. Особое внимание следует уделять возделыванию зерновых с упором на совершенствование послеуборочной обработки, так как на этом этапе формируется запас семенного материала, от качества которого зависит последующий сбор зерна и, как следствие, обеспечение населения продовольствием. Для определения посевных качеств и травмирования семенного материала при фракционировании зернового вороха в лабораторных условиях ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ были проведены экспериментальные исследования на ворохе озимой пшеницы сорта Московская 39. Опыты показали, что основная часть вороха (72,7–77,6%), подаваемого на решетный стан зерноочистительной машины, выделяется на плоских решетках, размер отверстий которых варьирует от 2,6 до 3,0 мм, причем 96,5–97,1% целого зерна выделяется на решетках с размером отверстий 2,4–3,0 мм. Крупные примеси и зерно в пленке выделяются в виде сходовой фракции с решета с размером отверстий 3,2 мм. Наибольшее влияние на процесс выделения дробленого зерна при очистке зернового вороха оказывает не влажность, а размер отверстий используемых решет. Во всех исследуемых случаях увеличение ширины отверстия решета с 2,0 до 3,2 мм приводит к возрастанию количества зерна в пленке. Так, при влажности 14,2% количество выделенного зерна в пленке увеличилось с 0,2 до 8,41%, а при влажности 18,8% – с 0,16 до 10,22%. Выделение в фуражную фракцию компонентов вороха размером $\geq 3,2$ мм и $\leq 2,4$ мм способствует существенному снижению содержания дробленого зерна, засорителей, зерна в пленке в основной фракции, что позволит повысить посевные качества семян и срок их безопасного хранения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: фракционирование, зерновой ворох, травмирование, решето, засорители.

FRACTION COMPOSITION OF THE GRAIN HEAP AND ITS INFLUENCE ON THE LEVEL OF GRAIN DAMAGE AND SOWING QUALITIES OF SEEDS

**Vladimir I. Orobinsky
Andrey V. Vorokhobin
Andrey S. Kornev
Anton D. Golovin
Ilya G. Bachurin
Ilya A. Pozhidaev**

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

Plant cultivation in the Central Chernozem Region is a priority industry of agriculture due to favorable soil and climatic conditions. Enhancement of the efficiency of this industry is possible at the expense of the improvement of the basic elements included in various technologies of cultivation, harvesting, storage and processing. Particular attention should be paid to the cultivation of cereal crops, with an emphasis on improving post-harvest processing, since at this stage a stock of seed material is formed for subsequent reproduction, on the quality of which the food security of the region depends. To determine the sowing qualities and damage of seed material during grain heap separation in the laboratory conditions of Voronezh State Agrarian University, experimental studies were conducted on a grain heap of winter wheat of the Moskovskaya 39 variety. Experiments have shown that the bulk of the heap (72.7-77.6%) fed to the sieve shoe of the grain separating machine is allocated on flat sieves, the size of the holes of which varies from 2.6 to 3.0 mm, and 96.5-97.1% of the whole grain is allocated on sieves with a hole size of 2.4-3.0 mm.

Large impurities and grain in the film are separated in the form of tailing fraction from a sieve with a hole size of 3.2 mm. It is not the humidity that exerts the greatest influence on the process of crushed grain separation during grain heap cleaning, but the size of the holes of the sieves used. In all the studied cases, an increase in the width of the sieves' holes from 2.0 to 3.2 mm leads to an increase in the amount of grain in the film. Thus, at a humidity of 14.2%, the amount of isolated grain in the film increased from 0.2 to 8.41%, and at a humidity of 18.8% it varies from 0.16 to 10.22%. Separation into the feeding fraction of the components of the heap with a size of ≥ 3.2 mm and ≤ 2.4 mm contributes to a significant reduction in the content of crushed grain, impurities, grain in the film in the main fraction, which will increase the sowing qualities of seeds and their safe storage period.

KEYWORDS: separation, grain heap, damage, sieve, impurities.

Центрально-Черноземный регион относится к важнейшим сельскохозяйственным районам России, так как располагается в благоприятных природных условиях для ведения сельского хозяйства: равнинный рельеф, умеренно континентальный климат, плодородные черноземные почвы. В ЦЧР ведущая отрасль сельского хозяйства – производство зерна. К основным зерновым культурам относятся озимая пшеница, озимая рожь, овес, ячмень.

После сбора урожая зерно нуждается в специальной обработке, которая подразумевает калибровку и очистку. Зерновой ворох, который поступает на очистку, представляет собой многокомпонентную массу, включающую полноценное, биологически неполноценное и травмированное, а также дробленое и микротравмированное зерно, засорители органического и минерального происхождения. Часть этих компонентов, а именно биологически неполноценное зерно и засорители, как правило, имеют более высокую влажность и склонны к травмированию, а травмированные зерновки являются благоприятной средой для размножения и обитания различных микроорганизмов. Все это в значительной степени снижает посевные качества семенного материала даже в случае непродолжительного хранения вороха, не прошедшего послеуборочную обработку [1, 2]. Наиболее полное выделение этих компонентов возможно только при использовании технологии послеуборочной обработки зернового вороха с его фракционированием сразу по мере поступления от комбайнов. При правильном выборе режимов фракционирования, как правило, удается получить требуемое качество семян [3, 4, 5].

Низкие посевные качества семена имеют из-за высокого уровня травмирования их при уборке и послеуборочной обработке. В хозяйствах Российской Федерации для очистки зернового вороха используются зерноочистительные агрегаты и зерносушильные комплексы, которые не обеспечивают поточную фракционную обработку. Технологические линии не обеспечивают получение высококачественных семян за один пропуск, поэтому семенной материал пропускают несколько раз через технологическую линию. Известно, что за счет воздействия рабочих органов и большой протяженности технологической линии при каждом пропуске микротравмирование повышается на 20%.

Технологический и технический уровень механизации в производстве семян на данный момент является недостаточным, что является причиной низких посевных качеств семян и относительно малого безопасного срока хранения. Строительство и комплектация новых технологических линий для послеуборочной обработки зернового материала, поступающего от зерноуборочных машин, должно базироваться на принципах, обеспечивающих реализацию фракционной технологии его обработки с минимальным количеством механических воздействий рабочих органов, и минимальной протяженностью линии [6, 7, 8].

Комплектация технологических линий зерноочистительных агрегатов должна проводиться с учетом целевого назначения обрабатываемого материала (семенное, товарное или фуражное) и валового его производства. Производительность технологических линий должна обеспечивать послеуборочную очистку всего зернового вороха, поступающего от комбайнов без укладки на ток, что позволяет выделить из него засорители и другие компоненты, которые приводят к развитию и размножению микроорганизмов, снижающих их посевные качества.

Целесообразность фракционирования зернового вороха в процессе первичной очистки при послеуборочной обработке была подтверждена в ходе исследований на ворохе озимой пшеницы сорта Московская 39. Результаты распределения компонентов вороха представлены в таблице 1.

Таблица 1. Распределение компонентов зернового вороха, поступающего на послеуборочную обработку

Влажность исходного вороха, %	Ширина отверстий решет, мм	Выделение компонентов из вороха озимой пшеницы на решетках, %	Содержание компонентов вороха, %			
			целое зерно	дробленое зерно	зерно в пленке	засорители
14,4	2,0	2,6	88,37	8,82	0,20	2,61
	2,2	3,2	95,72	2,66	0,30	1,32
	2,4	8,8	97,36	1,42	0,80	0,42
	2,6	22,6	97,44	1,24	0,90	0,42
	2,8	22,4	97,97	0,92	0,95	0,16
	3,0	28,8	95,62	0,84	2,62	0,92
	3,2	11,6	87,29	0,88	8,41	3,42
15,2	2,0	2,2	88,65	8,94	0,21	2,20
	2,2	3,4	95,20	3,62	0,36	0,82
	2,4	8,3	97,61	1,26	0,48	0,65
	2,6	24,6	97,53	1,16	0,66	0,65
	2,8	25,3	97,50	0,92	0,98	0,60
	3,0	22,8	93,16	0,72	3,64	2,48
	3,2	13,4	87,90	0,76	8,42	2,92
17,8	2,0	2,8	89,00	7,86	0,22	2,92
	2,2	3,6	94,78	3,48	0,38	1,36
	2,4	8,2	96,26	2,34	0,58	0,82
	2,6	34,2	97,36	1,32	0,68	0,64
	2,8	22,6	97,76	0,92	0,98	0,34
	3,0	20,8	95,18	0,72	3,42	0,68
	3,2	7,8	87,56	0,76	10,22	1,46
18,6	2,0	2,4	89,54	5,98	0,16	4,32
	2,2	4,2	93,38	3,42	0,36	2,84
	2,4	9,2	96,18	2,32	0,58	0,92
	2,6	25,8	97,41	1,42	0,72	0,45
	2,8	26,2	97,50	1,22	0,96	0,32
	3,0	21,6	95,84	0,94	2,94	0,28
	3,2	10,6	87,86	0,66	10,22	1,32

Из таблицы 1 видно, что основная часть вороха (72,7–77,6%), подаваемого на решетный стан зерноочистительной машины, выделяется на плоских решетках, размер отверстий которых варьирует от 2,6 до 3,0 мм, при этом 96,5–97,1% целого зерна выделяется на решетках с размером отверстий 2,4–3,0 мм. Крупные примеси и зерно в пленке выделяются в виде сходовой фракции с решета, имеющего размер отверстий 3,2 мм. Дробленое зерно и мелкие засорители в основном выделяются на решетках, размер отверстий которых меньше 2,4 мм.

Для определения совместного влияния влажности исходного вороха W_u и размера отверстий решет, используемых в решетных станах зерноочистительных машин, на распределение целого зерна проведена обработка полученных данных с отсевом незначущих факторов [9].

Распределение целого зерна в зависимости от вышеуказанных факторов с достаточной точностью аппроксимируется зависимостью вида

$$Цз = -84,36 + 139,05b + 0,39W_u - 27,25b^2 + 0,13bW_u - 0,02W_u^2. \quad (1)$$

Результаты исследований показывают, что при увеличении ширины отверстий решет с 2,0 до 2,8 мм при исходной влажности 14,4% выделение целого зерна повышается на 9,6%, а именно с 88,37 до 97,97%, дальнейшее увеличение размеров отверстий решет приводит к снижению выделения целого зерна. Из представленных экспериментальных данных и полученной зависимости видно, что чистота целого зерна в большей степени зависит от размеров отверстий используемых решет и в меньшей от исходной влажности обрабатываемого вороха.

Такие факторы, как уровень травмирования в период уборки и послеуборочной обработки, масса 1000 семян, а также несоблюдение технологии выращивания конкретной культуры, значительно влияют на посевные качества семян [10]. Результаты исследований по определению уровня влияния представленных выше факторов на посевные качества зерна представлены в таблице 2.

Таблица 2. Влияние размера отверстий решет на суммарное травмирование зерна и посевные качества

Показатели	Размер отверстий решет, мм						
	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2
Суммарное микротравмирование, Тс, %	71,8	58,4	57,2	56,1	46,8	44,2	52,6
Масса 1000 семян, г	20,1	22,2	26,4	35,2	41,4	45,1	52,6
Энергия прорастания, %	62,2	66,8	70,7	75,6	76,1	69,8	69,2
Лабораторная всхожесть, %	71,2	77,8	89,8	92,6	93,4	89,5	87,5

Анализ данных, представленных в таблице 2, показывает, что с увеличением размера отверстий решет, установленных в зерноочистительных машинах для послеуборочной обработки зернового вороха, суммарное микротравмирование сначала снижается, а затем возрастает. Минимум повреждений отмечается у зерновок размером 2,8–3,0 мм – соответственно 46,8 и 44,2%. Зерновки размером 2,0–2,6 мм имеют низкую массу 1000 семян и высокий уровень травмирования, их следует использовать для получения хлебопекарных изделий, т. е. на товарные цели.

Посевные качества семян с увеличением размера до 2,8 мм возрастают, а затем снижаются. Максимальную энергию прорастания и лабораторную всхожесть имеют семена, выделенные на решетках 2,6–2,8 мм. Это можно объяснить тем, что при обмолаоте убираемой культуры больше повреждаются семена мелкой и крупной фракций.

Приведенные в таблице 2 данные показывают, что в процессе первичной очистки на универсальных зерноочистительных машинах, которые установлены в технологические линии зерноочистительных агрегатов и зерноочистительных комплексов, должны выделяться три фракции: очищенное зерно, отходовая и фуражная, последняя, в свою очередь, представляет собой зерно размером меньше 2,6 мм, его используют на товарные цели. Для сокращения вероятности создания благоприятных условий для обитания и развития микроорганизмов, ухудшающих посевные и товарные качества зерна, из него в первую очередь следует удалить мелкие засорители, дробленое и биологически неполноценное зерно.

Обработка результатов исследований, представленных в таблицах, позволила получить уравнение, описывающее совокупное влияние первоначальной влажности вороха и размера отверстий решет на распределение дробленого зерна.

Данное распределение с достаточной точностью аппроксимируется при помощи уравнения вида

$$Дз = 84,16 - 58,43b - 0,08W_u + 9,51b^2 + 0,276W_u. \quad (2)$$

Представленные результаты исследований показывают, что при разделении исходного вороха на решетках с увеличением размера отверстий решет и влажности, содержание дробленого зерна снижается. Наибольшее влияние на процесс выделения дробленого зерна при очистке зернового вороха оказывает не влажность, а размер отверстий используемых решет.

Проведенные расчеты по экспериментальным данным, представленным в таблице 1, совместного влияния влажности исходного вороха, подаваемого на обработку, и размеров решет отверстий зерноочистительных машин, установленных в технологической линии, на распределение зерна в пленке позволили получить уравнение вида

$$Цп = 68,77 - 58,15b - 0,14W_u + 11,63b^2 + 0,22bW_u - 0,01W_u. \quad (3)$$

Результаты исследований совместного влияния размеров отверстий используемых решет и исходной влажности обрабатываемого зернового вороха на распределение зерна в пленке показывают, что оно в большей степени зависит от размера отверстий решет.

Во всех исследуемых случаях увеличение ширины отверстия решет с 2,0 до 3,2 мм приводит к возрастанию количества зерна в пленке. Так, при влажности 14,4% количество выделенного зерна в пленке увеличилось с 0,2 до 8,41%, а при влажности 18,6% – с 0,16 до 10,22%.

Немаловажным фактором, влияющим на посевные качества семян, срок их хранения являются засорители минерального и органического происхождения. Именно они, как правило, имеют повышенную влажность, которая передается во время ожидания обработки основному посевному материалу, что способствует развитию благоприятной среды для обитания и размножения микроорганизмов, которые снижают посевные качества семян.

Обработка результатов исследований позволила получить уравнение, которое с достаточной точностью описывает влияние влажности исходного вороха и размера отверстий решет на распределение засорителей:

$$З = 31,28 - 22,76b + 0,11W_u + 6,17b^2 - 0,61bW_u + 0,05W_u^2. \quad (4)$$

Выводы

Анализ результатов исследований показывает, что увеличение размера отверстий решет приводит сначала к сокращению выделенных засорителей, а затем к возрастанию.

Фракция, выделенная на решетном полотне с размером отверстий 2,8 мм, имеет в своем составе наименьшее количество засорителей.

Обобщая полученные результаты экспериментальных исследований по определению фракционного состава вороха озимой пшеницы, поступающего на послеуборочную обработку, следует отметить, что выделение в фуражную фракцию компонентов вороха размером $\geq 3,2$ мм и $\leq 2,4$ мм способствует существенному снижению содержания дробленого зерна, засорителей, зерна в пленке в основной фракции, что позволяет повысить посевные качества семян и срок их безопасного хранения.

Библиографический список

1. Галкин А.Д. Методы и средства повышения эффективности послеуборочной обработки зерна и семян: рекомендации для хозяйств Среднеуральского региона / А.Д. Галкин, В.Д. Галкин, А.М. Гузаиров. – Пермь : Перм. гос. с.-х. акад., 2001. – 84 с.
2. Гиевский А.М. Качественные показатели работы двухаспирационной пневмосистемы зерноочистительной машины с одним воздушным потоком / А.М. Гиевский, А.В. Чернышов, И.В. Баскаков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2015. – № 9. – С. 15–16.
3. Гиевский А.М. Пути повышения производительности универсальных зерноочистительных машин / А.М. Гиевский, В.А. Гулевский, В.И. Оробинский // Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2018. – № 3 (85). – С. 12–16.

4. Гиевский А.М. Снижение энергозатрат на работу двухаспирационной пневмосистемы / А.М. Гиевский // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2016. – № 1. – С. 2–4.
5. Завражнов А.И. Модернизация технологии подработки зерна путем применения авторегулируемых делителей потока сыпучих материалов / А.И. Завражнов, К.Н. Тишанинов // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2008. – № 3. – С. 56–58.
6. Патрин В.А. Моделирование процесса взаимодействия зерновой среды с рабочими органами сортировальных машин / В.А. Патрин // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2008. – № 6. – С. 107–115.
7. Тишанинов Н.П. Классификация и анализ перспектив создания делителей потока сыпучих материалов / Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин // Наука в центральной России. – 2013. – № 5. – С. 75–83.
8. Тишанинов Н.П. Модернизация импортных зерноочистительных технологий / Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин // Наука в центральной России. – 2019. – № 4. – С. 12–18.
9. Чернышов С.В. Снижение травмирования зерна за счет совершенствования механизации его послеуборочной обработки : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / С.В. Чернышов. – Воронеж, 2011. – 129 с.
10. Obtaining high-quality grain through the use of fractional technology for its cleaning / V.I. Orobinsky, A.M. Gievsky, V.A. Gulevsky, I.V. Baskakov, A.V. Chernyshov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Conference on Production and Processing of Agricultural Raw Materials (P2ARM 2020) (Russia, Voronezh, 26-29 February, 2020). – IOP Publishing Ltd, 2021. – Vol. 640. – No. 022046. DOI: 10.1088/1755-1315/640/2/022046.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Владимир Иванович Оробинский – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей, декан агроинженерного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: main@agroeng.vsau.ru.

Андрей Викторович Ворохобин – кандидат технических наук, доцент кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: dogruzka@rambler.ru.

Андрей Сергеевич Корнев – кандидат технических наук, доцент кафедры технологического оборудования, процессов перерабатывающих производств, механизации сельского хозяйства и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: kornev.andr@mail.ru.

Антон Дмитриевич Головин – обучающийся, агроинженерный факультет ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: main@agroeng.vsau.ru.

Илья Геннадиевич Бачурин – обучающийся, агроинженерный факультет ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: main@agroeng.vsau.ru.

Илья Алексеевич Пожидаев – обучающийся, агроинженерный факультет ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: main@agroeng.vsau.ru.

Дата поступления в редакцию 18.07.2021

Дата принятия к печати 22.08.2021

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Vladimir I. Orobinsky, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Dean of the Faculty of Rural Engineering, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: main@agroeng.vsau.ru.

Andrey V. Vorokhobin, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: dogruzka@rambler.ru.

Andrey S. Kornev, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Technological Equipment, Processing Plants' Processes, Agricultural Engineering, Health and Safety, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: kornev.andr@mail.ru.

Anton D. Golovin, Student, Faculty of Rural Engineering, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: main@agroeng.vsau.ru.

Ilya G. Bachurin, Student, Faculty of Rural Engineering, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: main@agroeng.vsau.ru.

Ilya A. Pozhidaev, Student, Faculty of Rural Engineering, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: main@agroeng.vsau.ru.

Received July 18, 2021

Accepted after revision August 22, 2021

ОБОСНОВАНИЕ ФОРМЫ ЛОТКА ДЕЛИТЕЛЯ ЗЕРНОВОГО ВОРОХА МНОГОЯРУСНОГО РЕШЕТНОГО СТАНА

**Алексей Михайлович Гиевский
Владимир Павлович Шацкий
Михаил Константинович Харитонов**

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Представлены результаты математического моделирования по обоснованию формы скатного лотка делителя зернового вороха между ярусами однотипных решет многоярусного решетного стана воздушно-решетной сеяноочистительной машины. В качестве такой поверхности рассматривалась цилиндрическая форма, которая располагается в начале сортировального решета под углом к горизонтали со сдвигом в отрицательном направлении относительно вертикальной оси. В результате преобразований получена система, состоящая из трех квазилинейных дифференциальных уравнений второго порядка и одного алгебраического уравнения. Численная реализация полученных математических моделей проводилась с использованием математического пакета символьных вычислений Maple. Циклический алгоритм позволил определить характер распределения частиц зернового вороха на начальной части сортировального решета в зависимости от зоны подачи материала на цилиндрическую форму рассекателя. Выявлено, что за счет цилиндрической формы скатных лотков делителя зернового вороха многоярусного решетного стана можно обеспечить распределение потока зерна между тремя ярусами сортировальных решет. Как показывают результаты математического моделирования, рационально принимать радиус поверхности $R = 0,06$ м со сдвигом центра поверхности в сторону отрицательных значений вертикальной оси z на величину $d = (0,4-0,5)R$ м, а сам лоток устанавливать под углом к горизонтальной плоскости $\alpha = 20^\circ$. При длине рассекателя 0,11 м распределение зернового вороха по ширине 0,14–0,2 м наблюдается на длине сортировальных решет не более 0,2 м, включая поверхность самого делителя. Величина продольной составляющей скорости схода частиц зернового вороха у оси скатного лотка и изменяется в пределах 0,419–0,715 м/с. В этом случае ширина зоны загрузки зернового вороха или ширина единичной секции делителя должна составлять не менее 0,4 м.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: делитель потока, скатный лоток, уравнение поверхности, траектория движения, зона загрузки, ширина распределения.

RATIONALE FOR THE SHAPE OF THE GRAIN HEAP DIVIDER CHUTE OF A MULTILAYER CLEANER SHOE

**Aleksey M. Gievsky
Vladimir P. Shatsky
Mikhail K. Kharitonov**

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

The results of mathematical modeling are presented to substantiate the shape of the grain heap divider chute installed between the layers of the same type of sieves of the multilayer sieve cleaner shoe of the air-sieve seed cleaning machine. As such a surface, a cylindrical shape was considered, which was located at the beginning of the sorting sieve at an angle to the horizontal with a shift in the negative direction relative to the vertical axis. As a result of transformations, a system consisting of three quasilinear differential equations of the second order and one algebraic equation was obtained. Numerical implementation of the obtained mathematical models was carried out using a symbolic and numeric computing environment Maple. The cyclic algorithm made it possible to determine the nature of the distribution of grain heap particles on the initial section of the sorting sieve, depending on the zone of material supply to the cylindrical shaped divider. It is revealed that due to the cylindrical shape of the sack chute of the grain heap divider of a multilayer cleaner shoe, it is possible to ensure the distribution of grain flow between three layers of sorting sieves. As the results of mathematical modeling show, it is rational to take the radius R of the surface equal to 0.06 m with a shift of the center of the surface towards negative values of the vertical z axis by the following value of $d = (0.4-0.5) R$ m, and install the chute at an angle to the horizontal α equal 20° . With a divider length of 0.11 m, the distribution of the grain heap over the width of 0.14-0.2 m is observed on the sorting sieves with the length of no more than 0.2 m, including the surface of the divider itself. The value of the longitudinal component of the speed of grain heap particles descent at the axis of the sack chute varies from 0.419 to 0.715 m/s. In this case, the width of the loading zone of the grain heap or the width of the separate unit section of the divider should be not less than 0.4 m.

KEYWORDS: flow divider, sack chute, surface equation, motion trajectory, loading zone, distribution width.

Введение

В производственном процессе возделывания, уборки и послеуборочной обработки урожая зерновых культур большая часть затрат приходится на послеуборочную обработку, а именно на очистку, сушку и доведение до требуемых кондиций по чистоте, влажности и другим показателям собранного зерна и семян. Своевременное и качественное выполнение работ по послеуборочной обработке, снижение затрат и сокращение потерь при этом возможны на базе комплексной механизации всех этапов, то есть на индустриальной основе.

Подготовка качественного посевного материала зерновых и зернобобовых культур, несмотря на появление нового класса машин для окончательной очистки и сортировки, или фотосепараторов, невозможна без использования в технологии послеуборочной обработки воздушно-решетных машин.

Машины такого типа могут быть универсальными и использоваться при подготовке товарного зерна, а при соответствующем подборе решет в станы и режима работы пневмосистемы с успехом применяться с меньшей производительностью при подготовке семян. При этом основная роль в выделении фуражной фракции, как показывают результаты исследования, приходится на сортировальные решета [4, 5, 6, 7]. Так, коэффициент корреляции толщины зерновок озимой пшеницы с их скоростью витания составляет $r_{bv}^* = 0,458$.

На долю сортировальных решет приходится более 52,0% выделяемых фуражных фракций, в то время как каналом послерешетной очистки выделяется чуть более 20,0%, остальная часть фуражных фракций может выделяться как сортировальными решетками, так и воздушным потоком при правильном выборе скорости последнего [10].

Качество работы воздушно-решетных машин оценивается полнотой выделения фуражных фракций, которая при подготовке семян не должна быть ниже 80,0%. Полнота выделения фуражных фракций, как известно, напрямую зависит от производительности или удельной нагрузки на рабочие органы, в том числе на сортировальные решета.

Снижение удельной нагрузки на сортировальные решета без существенного уменьшения производительности машин возможно за счет увеличения их площади. Одним из рациональных путей увеличения площади является размещение таких решет в несколько ярусов без увеличения горизонтальных габаритных размеров решетных станов и машин в целом [6, 14, 15].

Роль разделения зернового вороха на несколько равнозначных потоков выполняют делители, устанавливаемые в решетный стан перед ярусами сортировальных решет [16]. Конструкция такого делителя зернового потока между тремя ярусами сортировальных решет представлена на рисунке 1 [13].

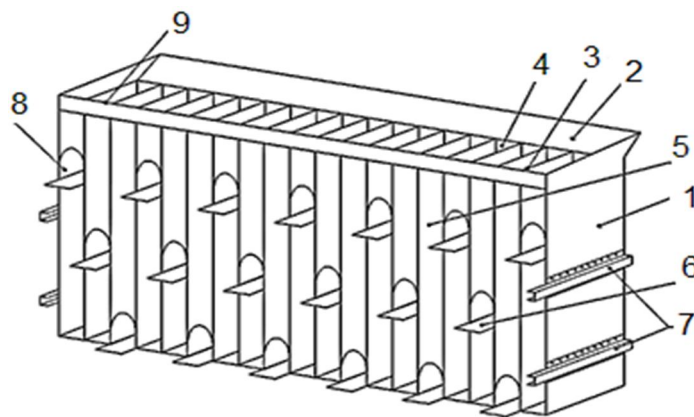


Рис. 1. Схема делителя зернового потока между тремя ярусами решет:

- 1 – боковые стенки; 2 – приемник; 3 – вертикальные перегородки;
- 4 – задние стенки; 5 – передние стенки; 6 – скатные лотки, служащие днищем;
- 7 – кронштейны; 8 – окно; 9 – равновеликие секции

Делитель зернового потока представляет собой открытый сверху короб, разделенный вертикальными продольными перегородками 3 на секции 9. Количество секций 9 кратно числу ярусов сортировальных решет нижнего стана. В передней стенке 5 каждой секции 9 на трех уровнях по высоте выполнены окна 8, причем интервал по высоте расположения окон 8 соответствует расстоянию по высоте установки сортировальных решет в стане. Каждое окно 8 секций 9 в основании содержит перегородку, проходящую до задней стенки 4 секций и выполненную в виде скатного лотка 6. С лицевой стороны перегородки выходят за пределы передней стенки 4 секции, что обеспечивает их размещение внахлест на соответствующем ярусе решет в стане. На боковых стенках 1 с наружной стороны закреплены кронштейны 7 для установки делителя зернового потока по направляющим решетного стана.

Учитывая то, что скатный лоток 6 секций должен обеспечивать равномерное распределение зернового вороха по ширине решетных полотен в каждом ярусе, было сделано следующее предположение: в поперечном сечении поверхность лотка должна быть криволинейной.

Материалы и методы

Для обоснования формы скатного лотка рассмотрим несвободное движение частицы зернового вороха по некоторой криволинейной поверхности: $f(x, y, z) = 0$.

С учетом силы трения $F_{тр}$, в проекциях на оси координат (x, y, z) уравнения движения частицы по поверхности имеют:

$$\begin{aligned} m\ddot{x} &= F_x + N(t)\cos(N, x) - F_{тр, x}, & m\ddot{y} &= F_y + N(t)\cos(N, y) - F_{тр, y}, \\ m\ddot{z} &= F_z + N(t)\cos(N, z) - F_{тр, z}, \end{aligned} \quad (1)$$

где m – масса частицы, кг;

g – ускорение силы тяжести, м/с²;

две точки вверху переменных обозначают вторую производную по времени;

$$\begin{aligned} \cos(N, x) &= \frac{\frac{\partial f}{\partial x}}{\sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z}\right)^2}}; & \cos(N, y) &= \frac{\frac{\partial f}{\partial y}}{\sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z}\right)^2}}; \\ \cos(N, z) &= \frac{\frac{\partial f}{\partial z}}{\sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z}\right)^2}} - \text{направляющие косинусы вектора нормаль} \end{aligned}$$

ли $N(t)$ к поверхности.

Так как сила трения направлена противоположно скорости движения частицы, то

$$F_{тр, x} = f_d \cdot N(t) \frac{\dot{x}}{v},$$

где $\dot{x}$ – проекция скорости на ось x ;

$v = \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2}$ – скорость частицы;

f_d – коэффициент трения движения.

$$\text{Тогда } F_{тр, x} = f_d \cdot N(t) \frac{\dot{x}}{\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2}}.$$

$$\text{Аналогично } F_{тр, y} = f_d \cdot N(t) \frac{\dot{y}}{\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2}}; \quad F_{тр, z} = f_d \cdot N(t) \frac{\dot{z}}{\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2}}.$$

Вводя понятие неопределенного множителя Лагранжа

$$\lambda(t) = \frac{N(t)}{m \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z}\right)^2}}, \quad (2)$$

получаем уравнения движения в виде:

$$\begin{aligned} m\ddot{x} &= F_x + m\lambda(t)\frac{\partial f}{\partial x} - f_d m\lambda(t) \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z}\right)^2} \cdot \frac{\dot{x}}{\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2}}; \\ m\ddot{y} &= F_y + m\lambda(t)\frac{\partial f}{\partial y} - f_d m\lambda(t) \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z}\right)^2} \cdot \frac{\dot{y}}{\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2}}; \\ m\ddot{z} &= F_z + \lambda(t)\frac{\partial f}{\partial z} - f_d \lambda(t) \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z}\right)^2} \cdot \frac{\dot{z}}{\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2}}. \end{aligned} \quad (3)$$

Четвертым, замыкающим систему уравнением является уравнение поверхности $f(x, y, z) = 0$.

Рассмотрим в качестве скатного лотка цилиндрическую рассекающую форму, уравнение которой в системе координат (x_1, y_1, z_1) имеет вид: $y_1^2 + z_1^2 = R^2$. Поворот оси z_1 на угол α и сдвиг на некоторую величину d в отрицательном направлении оси z дает значение $z_1 = (z + d)\cos\alpha + x \sin\alpha$ в системе координат (x, y, z) . Тогда уравнение цилиндра принимает вид

$$y^2 + [(z + d)\cos\alpha + x \sin\alpha]^2 = R^2$$

или

$$z(x, y) = \frac{\sqrt{R^2 - y^2} - d \cos\alpha - x \sin\alpha}{\cos\alpha}. \quad (4)$$

Уравнение этой формы можно также представить в виде

$$f(x, y, z) = z + x \cdot \tan\alpha - \frac{\sqrt{R^2 - y^2}}{\cos\alpha} + d = 0. \quad (5)$$

Тогда в формуле (2)

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \tan\alpha; \quad \frac{\partial f}{\partial y} = \frac{y}{\sqrt{R^2 - y^2} \cdot \cos\alpha}; \quad \frac{\partial f}{\partial z} = 1, \quad (6)$$

откуда

$$\sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z}\right)^2} = \frac{R}{\sqrt{R^2 - y^2} \cdot \cos\alpha}. \quad (7)$$

Результаты и их обсуждение

Пусть рассматриваемая цилиндрическая форма расположена на поверхности сортировального решета, составляющего с осью z угол β . Так как действующей внешней силой является сила тяжести, то в уравнениях (3) $F_x = mg \sin\beta$, $F_y = 0$, $F_z = -mg \cos\beta$.

Подставляя выражения (6) и (7) в систему уравнений движения (3), получаем:

$$\begin{aligned}\ddot{x} &= g \sin \beta + \lambda(t)tg\alpha - f_d\lambda(t)\frac{R}{\sqrt{R^2 - y^2} \cdot \cos \alpha} \cdot \frac{\dot{x}}{\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2}}; \\ \ddot{y} &= \lambda(t)\frac{y}{\sqrt{R^2 - y^2} \cdot \cos \alpha} - f_d\lambda(t)\frac{R}{\sqrt{R^2 - y^2} \cdot \cos \alpha} \cdot \frac{\dot{y}}{\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2}}; \\ \ddot{z} &= -g \cos \beta + \lambda(t) - f_d\lambda(t)\frac{R}{\sqrt{R^2 - y^2} \cdot \cos \alpha} \cdot \frac{\dot{z}}{\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2}}.\end{aligned}\quad (8)$$

Добавляя уравнение поверхности

$$z + x \cdot tg\alpha - \frac{\sqrt{R^2 - y^2}}{\cos \alpha} + d = 0, \quad (9)$$

получаем систему (8) и (9), состоящую из трех квазилинейных дифференциальных уравнения второго порядка и одного алгебраического уравнения относительно функций $x(t)$, $y(t)$, $z(t)$, $\lambda(t)$.

Так как неизвестная функция $\lambda(t)$ в полученной системе входит без производных от нее, начальными условиями являются следующие соотношения:

$$x(0) = x_0, y(0) = y_0, z(0) = z_0, \dot{x}(0) = v_{x0}, \dot{y}(0) = v_{y0}, \dot{z}(0) = v_{z0}. \quad (10)$$

Задача (8) – (10) аналитического решения не имеет.

Для получения численного решения введем численные значения геометрических параметров и начальных условий.

Примем $R = 0,06$ м, величина сдвига $d = 0,4R$, поворот на угол $\alpha = 20^\circ$.

Тогда уравнение поверхности примет вид

$$f(x, y, z) = z + x \cdot 0.365 - 0.0214\sqrt{9 - 2500y^2} + 0.024, \quad (11)$$

график, которой представлен на рисунке 2.

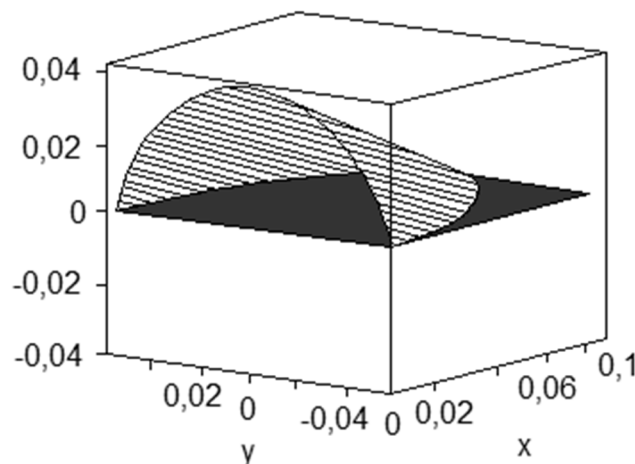


Рис. 2. Цилиндрическая рассекающая форма

При $z = 0$ получаем часть эллипса с уравнением $x = 0.0586\sqrt{9 - 2500y^2} - 0.0655$.

При $y = 0$ значение x составит $x = 0,11$ м, то есть длина рассекаателя равна 0,11 м.

При $x = 0$ и $z = 0$ $y = \pm 0,0557$ м, что говорит о том, что максимальная ширина рассекаателя равна 0,1144 м.

При $x = 0$ получаем часть эллипса с уравнением: $z = 0.0214\sqrt{9 - 2500y^2} - 0.024$.

При $y = 0$ значение z составит $z = 0,0184$ м, то есть максимальная высота цилиндрического рассекаателя равна 0,0184 м.

Перейдем к определению начальных условий.

Первые три условия определяют начальное положение частицы зернового вороха на поверхности:

$$x(0) = 0, y(0) = y_0, z(0) = 0.0214\sqrt{9 - 2500y^2} - 0.024,$$

где $-0,0557 < y_0 < 0,0557$.

Следующие условия относятся к начальным скоростям:

$$\dot{x}(0) = v_0 \cos \alpha, \dot{y}(0) = 0, \dot{z}(0) = v_0 \sin \alpha,$$

где v_0 – начальная скорость попадания частицы на рассекающую поверхность.

После схода частиц с поверхности рассекаателя, они продолжают плоское движение по сортировальному решету.

Уравнения движения имеют вид

$$m\ddot{x}(t) = mg \sin \beta - F_{\text{тр}} \sin \gamma; \quad m\ddot{y}(t) = -F_{\text{тр}} \cos \gamma, \quad (12)$$

где $F_{\text{тр}} = f_d N$;

$$N = mg \cos \beta;$$

$$\sin \gamma = \frac{\dot{x}(t)}{\sqrt{\dot{x}(t)^2 + \dot{y}(t)^2}};$$

$$\cos \gamma = \frac{\dot{y}(t)}{\sqrt{\dot{x}(t)^2 + \dot{y}(t)^2}}.$$

На рисунке 3 представлены графики движения частиц по поверхности рассекаателя в плоскости $z = 0$ при $f_d = 0,25$ и различных начальных значениях y_0 , а ниже в таблице приведены скорости схода частицы с поверхности при различных начальных условиях [1, 2, 3, 8, 9, 11].

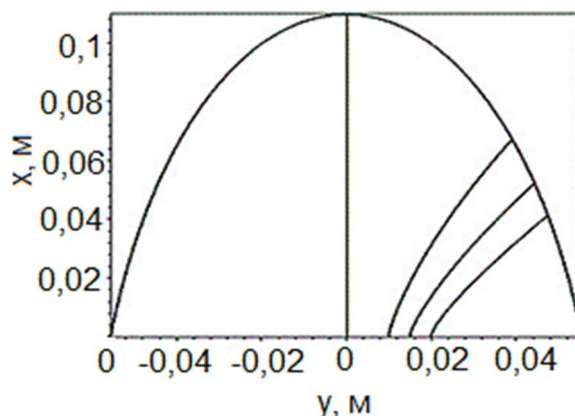


Рис. 3. Траектории движения частиц по поверхности цилиндрического рассекаателя в плоскости $z = 0$

Скорости схода частицы с поверхности при различных начальных условиях

$y_0, \text{ м}$	$v_x, \text{ м/с}$	$v_y, \text{ м/с}$
0	0,715	0
0,01	0,536	0,335
0,015	0,477	0,344
0,02	0,419	0,3445

После сокращения на массу уравнения движения по плоскости решета принимают следующий вид:

$$\ddot{x}(t) = g \sin \beta - f_d g \cos \beta \frac{\dot{x}(t)}{\sqrt{\dot{x}(t)^2 + \dot{y}(t)^2}}, \quad \ddot{y}(t) = -f_d g \cos \beta \frac{\dot{y}(t)}{\sqrt{\dot{x}(t)^2 + \dot{y}(t)^2}}. \quad (13)$$

Начальными условиями для этой системы уравнений являлись координаты точки схода частиц с рассекающей формы и проекции скорости на координатные оси в точке схода. Совместное решение полученной задачи движения по рассекающей цилиндрической форме и по плоскости решета при $\beta = 8^\circ$ позволяет получить траектории движения частиц при различных положениях попадания их на начало рассекателя.

Совместная численная реализация предложенных математических моделей проводилась с использованием математического пакета символьных вычислений Maple (рис. 4) [12].

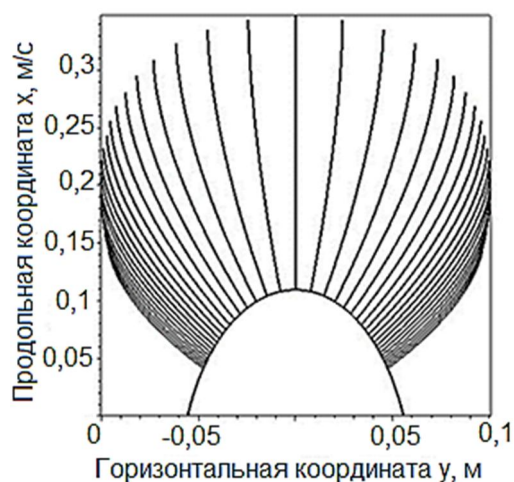


Рис. 4. Траектории движения частиц по решетке при сходе с цилиндрической рассекающей формы (зона загрузки $-0,02 < y_0 < 0,02$)

Представленный на рисунке 3 реализованный циклический алгоритм позволил определить характер распределения частиц на начальной части сортировального решета в зависимости от зоны подачи материала на поверхность рассекателя и ширины зоны загрузки 0,04 м. Как видно на рисунке 4, зерновой ворох распределяется по поверхности решета на ширину 0,2 м, что меньше шага размещения секций делителя в одном ярусе. Причем на длине решета менее 0,2 м, включая сам делитель и цилиндрическую рассекающую форму, достигается равномерное распределение зернового вороха по поверхности сортировального решета.

Расчеты показали, что при увеличении зоны загрузки до 0,06 м принципиальной разницы между распределением нет, увеличивается только горизонтальная координата точек схода с рассекателя на плоскость решета.

При уменьшении геометрических размеров рассекателя ширина разброса частиц значительно уменьшается, например, при $R = 0,05$ м и величине сдвига $d = 0,5R$ она составляет не 0,2 м, как в предыдущих случаях, а 0,14 м.

Закключение

Выявлено, что за счет цилиндрической формы скатных лотков делителя зернового вороха многоярусного решетного стана можно обеспечить распределение потока зерна между тремя ярусами сортировальных решет.

Как показывают результаты математического моделирования, рационально принимать радиус поверхности $R = 0,06$ м со сдвигом центра поверхности в сторону отрицательных значений вертикальной оси z на величину $d = (0,4-0,5)R$ м, а саму поверхность устанавливать под углом к горизонтальной плоскости $\alpha = 20^\circ$.

При длине поверхности рассекателя 0,11 м распределении зернового вороха по ширине 0,14–0,2 м наблюдается на длине сортировальных решет не более 0,2 м, включая поверхность самого делителя. Продольная составляющая скорости схода частиц зернового вороха больше у оси скатной поверхности и изменяется в пределах 0,419–0,715 м/с. В этом случае ширина зоны загрузки зернового вороха или ширина единичной секции делителя должна составлять не менее 0,4 м.

Библиографический список

1. Аладьев В.З. Программирование и разработка приложений в Maple : монография / В.З. Аладьев, В.К. Бойко, Е.А. Ровба. – Гродно : ГрГУ; Таллинн : Межд. Акад. Ноосферы, Балт. отд., 2007. – 458 с.
2. Блехман И.И. Что может вибрация? О вибрационной механике и вибрационной технике / И.И. Блехман. – Москва : Наука, 1988. – 288 с.
3. Василенко П.М. Теория движения частиц по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / П.М. Василенко ; под ред. акад. М.И. Медведева. – Киев : Изд-во Укр. акад. с.-х. наук, 1960. – 283 с.
4. Гончаревич И.Ф. Теория вибрационной техники и технологии / И.Ф. Гончаревич, К.В. Фролов. – Москва : Наука, 1981. – 319 с.
5. Гиевский А.М. Пути повышения производительности универсальных зерноочистительных машин / А.М. Гиевский, В.А. Гулевский, В.И. Оробинский // Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2018. – Вып. 3. – С. 12–16.
6. Движение верхнего слоя зерновой смеси на вибрирующей рифленной поверхности / С.А. Мачихин, А.А. Рындин, А.М. Васильев, А.Н. Стрелюхина // Вестник ВГУИТ. – 2018. – Т. 80, № 4. – С. 55–62.
7. Елисеев А.В. Динамика вибрационных взаимодействий элементов технологических систем с учетом неустойчивых связей / А.В. Елисеев, В.В. Сельвинский, С.В. Елисеев. – Новосибирск : Наука, 2015. – 332 с.
8. Ермолов Ю.И. Фракционные технологии и технические средства для качественной семенной очистки зерна / Ю.И. Ермолов, М.Ю. Кочкин // Агро-Маркет. – 2006. – № 5. – С. 24–25.
9. Ермолов Ю.И. Моделирование процесса функционирования зерноочистительного агрегата / Ю.И. Ермолов, М.Ю. Кочкин // Вестник Донского государственного технического университета. – 2007. – Т. 7, № 4 (35). – С. 407–417.
10. Патрин В.А. Синергетическая теория взаимодействия зерновой среды с плоскими решетками / В.А. Патрин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2013. – № 4. – С. 26–29.
11. Патрин В.А. Моделирование процесса взаимодействия зерновой среды с рабочими органами сортировальных машин / В.А. Патрин // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2008. – № 6. – С. 107–115.
12. Пат. Российской Федерации № 2708970, МПК B07B 1/28. Решетный модуль зерноочистительной машины / А.В. Чернышов, А.М. Гиевский, В.И. Оробинский, И.В. Баскаков, М.К. Харитонов; патентообладатель ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. – № 2019110469 ; заявл. 08.04.2019 ; опубл. 13.12.2019, Бюл. № 35. – 7 с.
13. Comparative analysis of the functioning of sieve modules for grain cleaning machines / A. Butovchenko, A. Doroshenko, A. Kol'cov, V. Serdyuk // E3S Web of Conferences: Innovative Technologies in Environmental Science and Education (ITESE, 2019). – Russia, Krasnodar Krai, Gelendzhik District, Divnomorskoe Village, Raduga Resort; Russian Federation; 9–14 September 2019. – Vol. 135. – No. 01081. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913501081>.
14. Mathematical modeling of the grain material separation in the pneumatic system of the grain-cleaning machine / I. Badretidinov, S. Mudarisov, M. Tuktarov, E. Dick, S. Arslanbekova // Journal of Applied Engineering Science. – 2019. – Vol. 17 (4). – Pp. 529–534.
15. PETKUS Technologie, GmbH [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://russian.petkus.de/produkte/-/info> (дата обращения: 20.08.2021).
16. Studying the design and operational parameters of the sieve module of the grain cleaning machine / M.K. Kharitonov, A.M. Gievsky, V.I. Orobinsky, A.V. Chernyshov, I.V. Baskakov // IOP Conference series: Earth and Environmental science : International Conference on Technological Solutions and Instrumentation for Agribusiness (TSIA-2019), Stavropol 21–22 October, 2019. – IOP Publishing Ltd, 2020. – Vol. 488. – № 012021.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Алексей Михайлович Гиевский – доктор технических наук, профессор кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: aleksej.gievskij@mail.ru.

Владимир Павлович Шацкий – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой математики и физики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: sha.vladim@yandex.ru.

Михаил Константинович Харитонов – аспирант кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: hari0007jntckbua@icloud.com.

Дата поступления в редакцию 22.08.2021

Дата принятия к печати 28.09.2021

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Aleksey M. Gievsky, Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: aleksej.gievskij@mail.ru.

Vladimir P. Shatsky, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Dept. of Mathematics and Physics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: main@agroeng.vsau.ru.

Mikhail K. Kharitonov, Postgraduate Student, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: hari0007jntckbua@icloud.com.

Received August 22, 2021

Accepted after revision September 28, 2021

ПУТИ СНИЖЕНИЯ ЦИРКУЛЯЦИОННОЙ НАГРУЗКИ В МОЛОТИЛКЕ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

Владимир Иванович Оробинский
Вячеслав Анатольевич Гулевский
Андрей Сергеевич Корнев
Даниил Алексеевич Подорванов
Илья Геннадиевич Бачурин

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

В растениеводческой отрасли процессу уборки и последующей очистке зерновых культур уделяется достаточное внимание. Эффективность работы зерноуборочной техники, является одним из главных параметров, влияющих на качество конечной продукции, поэтому актуальным является совершенствование рабочих узлов комбайнов. Анализ структурной схемы протекания технологического процесса работы очистки в комбайнах показывает, что на современных машинах используются различные системы доработки колосового вороха. Сравнительные экспериментальные исследования различных вариантов домолачивающих устройств, проведенные на предприятиях-партнерах Воронежского ГАУ, расположенных на территории Воронежской области, определили влияние количественного показателя подачи зернового вороха в зону очистки зерноочистительной машины на дробление зерна. Так, с ростом подачи количество дробленых зерновок снижается на всех вариантах исследований рассматриваемых домолачивающих устройств. При возрастании количества подаваемого материала на очистку увеличивается толщина обрабатываемого слоя на решетках, что снижает вероятность контакта элементов зерновой массы с частями конструкции системы очистки и рабочими органами транспортирующих устройств (колосовой шнек, скребковый транспортер). Обобщая результаты проведенных исследований, следует отметить, что снизить уровень травмирования семян и циркулирующую нагрузку можно за счет увеличения длины и площади очистки зерноуборочного комбайна, снижения интенсивности ударных нагрузок рабочих органов домолачивающего устройства, выделения обмолоченного зерна перед подачей его в устройство. Комплектация домолачивающего устройства одним из этих элементов позволяет снизить повреждение зерна в 1,8–2,1 раза. Исключение циркуляции зерна в молотилке комбайна при различных режимах ее работы позволяет снизить потери за очисткой на 0,3–1,4. Модернизация очистки современной зерноуборочной машины обеспечит сокращение количества свободного зерна, сошедшего в камеру колосового шнека, в среднем в 1,4 раза при увеличении длины жалюзийного решета на 0,2 м.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: зерноуборочный комбайн, решето, колосовой шнек, дробление зерна, зерновой ворох.

OPPORTUNITIES FOR CIRCULATING LOAD REDUCTION IN THE THRESHER OF A COMBINE HARVESTER

Vladimir I. Orobinsky
Vyacheslav A. Gulevsky
Andrey S. Kornev
Daniil A. Podorvanov
Ilya G. Bachurin

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

In the plant cultivation industry, sufficient attention is paid to the process of harvesting and subsequent grain crops cleaning. The efficiency of grain harvesting equipment is one of the main parameters affecting the quality of the final yield, that's why the improvement of the working units of combines is relevant. The analysis of the structural scheme of the technological process of cleaning in combines shows that modern machines use various systems for finishing spiked cereals. Comparative experimental studies of various patterns of threshing devices carried out at partner enterprises of Voronezh State Agrarian University located in Voronezh Oblast have determined the influence of the quantitative indicator of grain heap feeding into the cleaning zone of the grain cleaning machine on grain crushing. So, with an increase in the feeding, the number of crushed grain decreases at all the patterns of the studies of the devices for finishing threshing. With an increase in the amount of material fed for cleaning, the thickness of the processed layer on the sieves increases, which reduces the probability of

contact of the grain mass elements with parts of the cleaning device and the working bodies of the conveying devices (tailing screw conveyor, scraper conveyor). Summarizing the results of the conducted studies, it should be noted that it is possible to reduce the level of damage of seeds and the circulating load by increasing the length and cleaning area of the combine harvester, as well as by reducing the intensity of shock loads of the working bodies of the finishing threshing device, separating the threshed grain before its feeding into the device. The complete set of the finishing threshing device with one of these elements allows reducing grain damage by 1.8-2.1 times. The exclusion of grain circulation in the combine thresher under various modes of its operation allows reducing losses during cleaning by 0.3-1.4. The modernization of the cleaning of a modern grain harvester will decrease the amount of free grain that has descended into the chamber of the tailing screw conveyor by an average of 1.4 times with an increase in the length of the louvered sieve by 0.2 m.

KEYWORDS: combine harvester, sieve, tailing screw conveyor, grain crushing, grain heap.

В современном сельском хозяйстве все шире применяются индустриальные технологии производства продукции, то есть такие технологии, которые базируются на использовании высокопроизводительных машин, оборудования, позволяющих минимизировать затраты ручного труда.

Основным и единственным техническим средством уборки выращиваемых культур в сфере АПК были и остаются зерноуборочные машины. Всесторонний анализ конструкций зерноуборочных машин отечественного и зарубежного исполнения позволяет обнаружить недостатки, оказывающие существенное влияние на уровень травмирования и потери зерна. Важнейшим и существенным недостатком современных машин, влияющих на степень травмирования семян и их потери, является наличие в их технологической схеме циркулирующей нагрузки (выход вороха в колосовой шнек и подача его на повторную обработку).

Наличие в технологической схеме такого нежелательного процесса приводит к увеличению цикличности нагружения зерновок, дробления и травмирования семян, снижения их посевных качеств и срока хранения. Анализ результатов многих исследований [1, 3, 6], направленных на выяснение причин, обуславливающих сход зерна в камеру колосового шнека зерноуборочной машины, позволил определить, что компоненты зернового вороха в камеру зернового шнека поступают двумя основными путями:

- прямым сходом, в результате малой эффективности процесса решетной сепарации, включающей удлинитель верхнего решета, позволяющий увеличить длину траектории полета зерновок, находящихся в межрешетном пространстве в сторону колосового шнека под воздействием импульсного колебания решет;

- напором воздушного потока, создаваемого вентилятором.

Динамическое воздействие решет на зерно при этом является основным.

Исследованиями [8, 10, 11, 12, 13] установлено, что на состав вороха циркулирующей нагрузки существенное влияние оказывает физико-механическое состояние культуры в момент обмолота, состава вороха, поступающего на очистку, регулируемых параметров молотильного аппарата и очистки, подачи хлебной массы в молотилку комбайна. Обработываемый ворох, который подается в зону очистки комбайна через решетчатые поверхности подбарабана и соломотряса, включает такие компоненты, как незерновые примеси (органические и минеральные), необмолоченные колосья и свободно обмолоченное зерно.

Особое негативное влияние на посевные и товарные качества зерна и семян оказывают микроорганизмы, развитие и размножение которых провоцируется огромным содержанием примесей в составе зернового вороха [2, 4, 5, 7]. Собираемый на транспортной доске очистки ворох разделяется на верхнем жалюзийном решете. Часть его просыпается на нижнее решето, продуваясь воздушным потоком, создаваемым вентилятором, а остальное поступает сходом на удлинитель верхнего решета.

Необмолоченные колосья, как правило, не разделяются на верхнем решете и идут сходом на удлинитель, на котором основная часть необмолоченных колосьев и

обмолоченного зерна поступает в камеру колосового шнека, а оставшаяся часть далее сходом попадает в копнитель и теряется. На нижнем решете, очищаясь от примесей, зерно просыпается и поступает в зерновой шнек, по которому идет далее в бункер комбайна. При этом небольшая часть вороха за счет ударных воздействий элементов решета на зерновки поступает в камеру колосового шнека. Легковесные незерновые примеси и часть примесей минерального происхождения выносятся воздушными потоками в копнитель комбайна.

Количественные соотношения разделения зернового вороха на различных сепарирующих элементах технологической цепи очистки зависят от режимов их работы и конструктивного исполнения, состава подаваемого вороха [9]. Масса, поступающая в колосовой шнек, транспортирующими рабочими органами подается в молотилку комбайна, где она домолачивается и подается на очистку комбайна. Пройдя повторно через очистку, часть ее снова выносятся в колосовой шнек и вновь возвращается в молотилку комбайна.

Структурная схема протекания технологического процесса работы очистки комбайна представлена на рисунке 1.

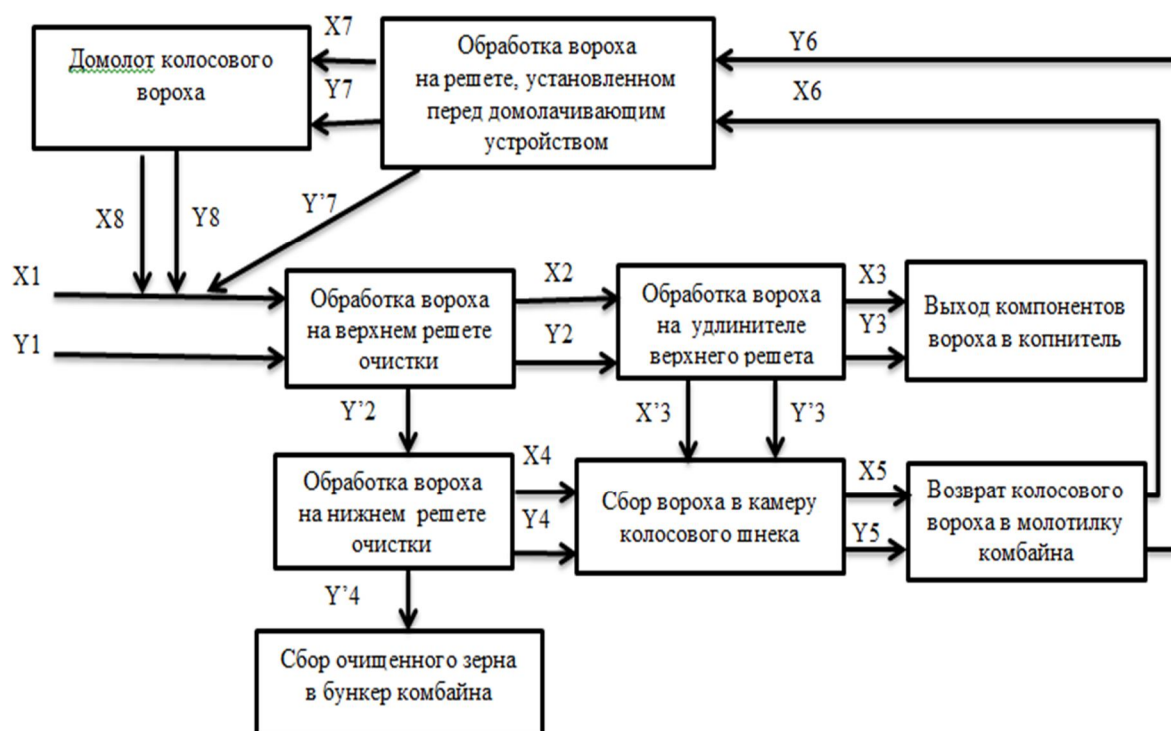


Рис. 1. Структурная схема протекания технологического процесса работы очистки зерноуборочного комбайна

Из всего многообразия устройств, для обработки колосового вороха, применяемых в конструкциях зерноуборочных машин отечественного и зарубежного исполнения, с целью снижения уровня травмирования семян, выноса вороха в камеру колосового шнека, наибольший интерес, по нашему мнению, представляют автономные домолачивающие устройства. Всесторонний анализ конструкций зерноуборочных машин показывает, что именно такого типа системы доработки колосового вороха используются на современных машинах. Результаты исследований различных вариантов использования конструкций домолачивающих устройств представлены в таблице и на рисунке 2.

Влияние загрузки очистки комбайна на дробление зерна озимой пшеницы ее элементами

Вариант используемой системы	Показатели	Подача вороха на очистку, кг/с						
		1	2	3	4	5	6	7
№ 1	Дробление зерна элементами системы очистки, %	0,72	0,68	0,53	0,46	0,41	0,32	0,21
№ 2	Дробление зерна элементами системы очистки, а также домолачивающего устройства с разделительным решетом, %	1,20	0,98	0,92	0,74	0,68	0,61	0,50
№ 3	Дробление зерна элементами системы очистки, а также домолачивающего устройства с пассивным лотком, %	1,36	1,28	1,22	0,91	0,82	0,74	0,71
№ 4	Дробление зерна элементами системы очистки, а также домолачивающего устройства со снятыми молотками, %	1,58	1,46	1,28	0,98	0,89	0,79	0,76
№ 5	Дробление зерна элементами системы очистки, а также домолачивающего устройства с лопастной обоймой, %	1,98	1,66	1,48	1,12	0,98	0,88	0,81
№ 6	Дробление зерна элементами системы очистки, а также домолачивающего устройства, %	2,52	2,21	1,82	1,74	1,61	1,12	0,92

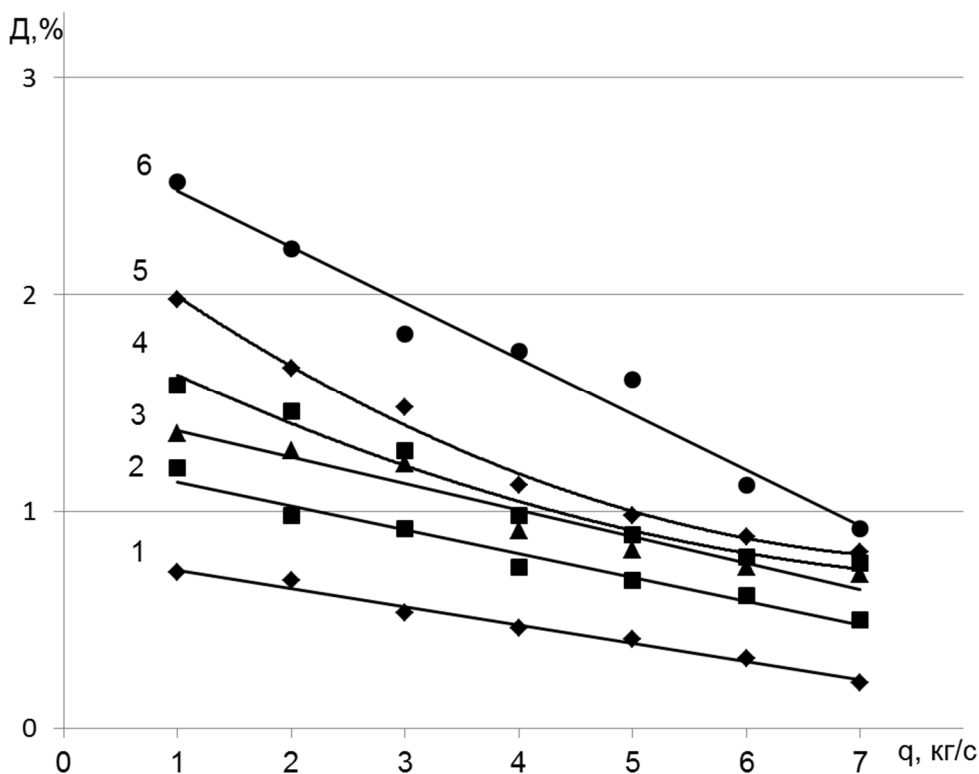


Рис. 2. Влияние загрузки очистки на дробление зерна озимой пшеницы

Из данных, представленных в таблице и на рисунке 2, видно, что с возрастанием подачи вороха в зону очистки зерноуборочной машины такой показатель, как дробление зерна, снижается во всех вариантах исследований домолачивающих устройств.

Увеличение подачи вороха на очистку способствует утолщению слоя обрабатываемого материала на решетках и снижению степени вероятного соударения зерновок с элементами конструкции очистки и транспортирующих рабочих органов (колосового шнека и скребкового транспортера).

Максимальное повреждение наблюдается в шестом варианте – 0,92–2,52%.

Ворох, поступающий в домолачивающее устройство заводского исполнения, подвергается ударам чугунными молотками устройства, протаскиванию и перетиранью ее в зазоре между глухой декой и рабочей поверхностью молотка. По нашему мнению, в данном варианте вероятность соударений зерновок с рабочими поверхностями устройства выше в сравнении с другими вариантами домолачивающих устройств. Наименьшее количество дробленого зерна, поданного на повторный обмолот, наблюдается во втором варианте и составляет 0,5 и 1,2%, увеличиваясь с уменьшением подачи вороха на очистку зерноуборочной машины.

Выделение свободно обмолоченного зерна на колеблющемся решете, установленном перед домолачивающим устройством, позволяет снизить уровень травмирования зерна за счет снижения вероятности его соприкосновения с рабочими органами домолачивающего устройства, а также существенно уменьшить массу циркулирующего вороха в зерноуборочном комбайне.

Обобщая результаты проведенных исследований, следует отметить, что снизить уровень травмирования семян и циркулирующую нагрузку можно за счет:

- увеличения длины и площади очистки зерноуборочного комбайна,
- снижения интенсивности ударных нагрузок рабочих органов домолачивающего устройства,
- выделения обмолоченного зерна перед подачей его в устройство.

Комплектация домолачивающего устройства одним из этих элементов позволяет снизить повреждение зерна в 1,8–2,1 раза.

Исключение циркуляции зерна в молотилке комбайна при различных режимах ее работы позволяет снизить потери за очисткой на 0,3–1,4%.

Модернизация очистки современной зерноуборочной машины, т. е. увеличение длины нижнего жалюзийного решета на 0,2 м, позволит снизить сход свободного зерна в камеру колосового шнека в среднем в 1,4 раза.

Библиографический список

1. Алдошин Н.В. Уборка зернобобовых культур методом очеса / Н.В. Алдошин, Н.А. Лылин, М.А. Мосяков // Дальневосточный аграрный вестник. – 2017. – № 1. – С. 67–74.
2. Анализ тенденций развития современных зерноочистительных и сортировальных машин / В.П. Чеботарев, И.В. Барановский, А.А. Князева и др. // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: матер. международной науч.-практ. конф. – Минск : НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2010. – Т. 1. – С. 184–189.
3. Митрофанов Н.Н. Совершенствование обмолота сои зерноуборочным комплексом / Н.Н. Митрофанов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2006. – № 10. – С. 28–29.
4. Оценка повреждений зерна белого люпина при уборке урожая / Н.В. Алдошин и др. // Тракторы и сельхозмашины. – 2015. – № 2. – С. 26–29.
5. Повышение качества зерна / А.П. Тарасенко, В.И. Оробинский, М.Э. Мерчалова, С.В. Чернышов, А.В. Чернышов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. – № 10. – С. 7–10.

6. Тарасенко А.П. Влияние влажности зерна при уборке и послеуборочной обработке на его травмирование / А.П. Тарасенко, В.И. Оробинский, М.Э. Мерчалова // Зерновые культуры. Зерновое хозяйство. – 1999. – № 4. – С. 22–24.
7. Тарасенко А.П. Снижение травмирования семян при уборке и послеуборочной обработке / А.П. Тарасенко. – Воронеж : ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2003. – 331 с.
8. Тарасенко А.П. Роторные зерноуборочные комбайны : учеб. пособие / А.П. Тарасенко. – Санкт-Петербург : Лань, 2013. – 192 с.
9. Фракционные технологии и технические средства для качественной семенной очистки зерна / Ю.И. Ермолев, М.Н. Московский, М.В. Шелков, А.В. Бутовченко // Агромаркет. – 2006. – № 5. – С. 24–25.
10. Astanukulov K.D. Design of a grain cleaning machine for small farms / K.D. Astanukulov, Y.Z. Karimov, G. Fozilov // Journal AMA, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America. – 2011. – Vol. 42 (4). – Pp. 37–40.
11. Comparative analysis of the functioning of sieve modules for grain cleaning machines / A. Butovchenko, A. Doroshenko, A. Kol'cov, V. Serdyuk // E3S Web Conferences: Innovative Technologies in Environmental Science and Education (ITESE-2019). Russia, Krasnodar Krai, Gelendzhik District, Divnomorskoe Village, Raduga Resort, 2019. – Vol. 135. – No. 01081. DOI: 10.1051/e3sconf/201913501081.
12. Concept Of Creating Energy-Resource-Saving Technologies For Harvesting Grain With Multifunctional Aggregates / G.G. Maslov, E.I. Trubilin, E.M. Yudina, N.A. Rinas // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018. – Vol. 9 (4). – Pp. 623–630.
13. Saitov V.E. Experimental substantiation of the effective height of a grain falling by a stream of liquid in an ergot release device / V.E. Saitov, V.G. Farafonov, A.V. Saitov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science [Electronic Resource]. – Kurgan, 2019. – Vol. 341. – No. 012123. 10.1088/1755-1315/341/1/012123. DOI: 10.1088/1755-1315/341/1/012123.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Владимир Иванович Оробинский – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей, декан агроинженерного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: main@agroeng.vsau.ru.

Вячеслав Анатольевич Гулевский – доктор технических наук, профессор кафедры математики и физики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: main@agroeng.vsau.ru.

Андрей Сергеевич Корнев – кандидат технических наук, доцент кафедры технологического оборудования, процессов перерабатывающих производств, механизации сельского хозяйства и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: kornev.andr@mail.ru.

Даниил Алексеевич Подорванов – обучающийся агроинженерного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: smachin@agroeng.vsau.ru.

Бачурин Илья Геннадиевич – обучающийся агроинженерного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: smachin@agroeng.vsau.ru.

Дата поступления в редакцию 15.07.2021

Дата принятия к печати 18.08.2021

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Vladimir I. Orobinsky, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Dean of the Faculty of Rural Engineering, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: main@agroeng.vsau.ru.

Vyacheslav A. Gulevsky, Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Mathematics and Physics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: main@agroeng.vsau.ru.

Andrey S. Kornev, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Technological Equipment, Processing Plants' Processes, Agricultural Engineering, Health and Safety, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: kornev.andr@mail.ru.

Daniil A. Podorvanov, Student of the Faculty of Rural Engineering, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: : smachin@agroeng.vsau.ru.

Ilya G. Bachurin, Student of the Faculty of Rural Engineering, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: : smachin@agroeng.vsau.ru.

Received July 15, 2021

Accepted after revision August 18, 2021

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ДВУХСТУПЕНЧАТОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ СУХИХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЗАДАНОЙ СТЕПЕНИ ПОМОЛА С ПРИМЕНЕНИЕМ ВАКУУМА

Юрий Викторович Родионов¹
Дмитрий Вячеславович Никитин¹
Сергей Иванович Данилин²
Юрий Анатольевич Чумиков¹
Анастасия Игоревна Скоморохова¹
Юрий Юрьевич Родионов²

¹Тамбовский государственный технический университет

²Мичуринский государственный аграрный университет

Растительные порошки широко используются в промышленности, в частности в сельском хозяйстве, пищевой и фармацевтической отраслях. С их помощью можно создавать широкий ассортимент продукции функционального назначения, что важно для поддержания здоровья различных категорий населения страны. Растительные порошки сохраняют в своем составе биологически активные вещества и при этом имеют высокий срок хранения, их очень легко транспортировать на дальние расстояния. Важной характеристикой при производстве качественного растительного порошка является получение частиц заданной степени помола. Частицы порошка различной степени помола позволяют значительно интенсифицировать диффузионные и биохимические процессы в создаваемом пищевом продукте. Предложена методика теоретического расчета двухступенчатой дисково-шаровой вакуумной мельницы для получения растительных порошков различной степени помола. Выполнен анализ факторов, оказывающих влияние на производительность шаровой мельницы, и определены основные параметры для практического расчета. Представлена экспериментальная энергосберегающая установка, позволяющая получать растительные порошки с заданной степенью помола. Определен ряд основных геометрических, кинематических и динамических параметров разработанной мельницы. Приведена формула для расчета вакуумного транспортного трубопровода, учитывающая плотность и концентрацию сыпучего материала. С целью наиболее эффективного использования установки предложен алгоритм расчета мощности с учетом определения потерь давления в линии. Дано обоснование выбора одноступенчатого жидкостнокольцевого вакуумного насоса с регулируемым нагнетательным окном, позволяющего изменять параметры достигаемого вакуума. Разработанная методика расчета позволит спроектировать энергоэффективную установку двухступенчатого измельчения сухого растительного сырья, характеризующуюся универсальностью использования с точки зрения получения растительного порошка заданной степени помола.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: растительные порошки, двухступенчатое измельчение, степень помола, вакуум, теоретический расчет.

THEORETICAL CALCULATION OF VACUUM APPLICATION IN A TWO-STAGE CRUSHER OF DRY PLANT MATERIALS WITH A GIVEN DEGREE OF GRINDING

Yuriy V. Rodionov¹
Dmitriy V. Nikitin¹
Sergey I. Danilin²
Yuriy A. Chumikov¹
Anastasiya I. Skomorokhova¹
Yuriy Yu. Rodionov²

¹Tambov State Technical University

²Michurinsk State Agrarian University

Vegetable powdery products are widely used in different branches of industry, in particular in agriculture, food and pharmaceutical sectors of industry. With vegetable powders, specialists can create a wide range of functional

products, which is important for maintaining health care activities of various categories of citizens. Plant-based powders retain biologically active substances, have a high shelf life, they can be easily transported over long distances. In the production of high-quality vegetable powder, it is important to obtain particles of a given degree of grinding. Powder particles of various degree of grinding can significantly intensify the diffusion and biochemical processes in the created food product. A method of theoretical calculation of a two-stage disc-ball vacuum crusher for obtaining vegetable powders of various degree of grinding is proposed. The analysis of the factors influencing the performance of the ball mill was carried out, and the main parameters for calculation were defined. An experimental energy-saving device is presented, which allows obtaining vegetable powders with a given degree of grinding. The authors determined a number of basic geometric, kinematic and dynamic parameters of the disc-ball crusher, deduced formula for calculating the vacuum transmission pipeline, taking into account the density and concentration of bulk material. In order to best exploit the advantages of the disc-ball mill, an algorithm for calculating its power was proposed, taking into account the determination of pressure losses in the line. The rationale for choosing a single-stage liquid ring vacuum pump with an adjustable pump discharge, which allows changing the parameters of the obtained vacuum, is presented. The developed calculation method will make it possible to design an energy-efficient device of two-stage grinding of dry vegetable raw materials, characterized by versatility of use in terms of obtaining a given degree of grinding of vegetable powder.

KEYWORDS: vegetable powdery products, two-stage grinding, degree of grinding, vacuum, theoretical calculation.

Введение
Процесс приготовления различных композиций с использованием измельченного растительного сырья широко используется в промышленности, в частности в сельском хозяйстве, пищевой и фармацевтической отраслях.

При получении смесей в производстве кормов для животных возрастают требования к однородности, так как усложняется их рецептура, включающая большее количество ингредиентов с высокой биологической активностью. При этом сельхозпроизводители должны гарантировать одинаковое количество питательных веществ, удовлетворяющих физиологическую потребность животного. Известно, что однородный состав корма для цыплят и поросят раннего возраста является важным фактором, влияющим на рост и потребление корма.

В пищевой промышленности использование растительных порошков в рецептуре позволяет расширить и разнообразить ассортимент продукции, способствует ее обогащению питательными веществами, способствующими улучшению и поддержанию иммунной системы организма [12]. Важным параметром при создании качественного пищевого продукта является степень помола растительного порошка. Например, для получения лекарственных порошков степень помола должна находиться в пределах до 50 мкм, для соков и добавок в хлебобулочных изделиях – от 200 до 10 мкм [1, 7]. Частицы порошка различной степени помола позволяют значительно интенсифицировать диффузионные и биохимические процессы в создаваемом пищевом продукте [9].

Существующие измельчители характеризуются разнообразием схем действия, конструктивных различий, широтой производительности по конечному продукту. Потребность в оборудовании для измельчения растет пропорционально увеличению масштаба переработки сельскохозяйственного сырья. С целью получения порошков заданной степени помола предлагается использовать двухступенчатое измельчение сухих растительных материалов с вакуумным отводом частиц.

Цель работы заключается в усовершенствовании методики теоретического расчета двухступенчатой дисково-шаровой вакуумной мельницы с учетом факторов, оказывающих влияние на ее производительность.

Материалы и методы

Для разработки методики расчета двухступенчатой дисково-шаровой мельницы с вакуумным отводом частиц воспользуемся закономерностями теории измельчения [6, 8], вакуумирования [11, 13], законами прикладной механики и теории течения газов [2, 3, 10].

Процесс грубого измельчения растительного сырья изучался на дисковом измельчителе. Для тонкого измельчения использовалась шаровая мельница.

Предлагается методика расчета двухступенчатого измельчения, включающая две ступени: первая ступень – дисковый измельчитель, вторая ступень – двухсекционная шаровая цилиндриконическая мельница.

Результаты и их обсуждение

Основной характеристикой помола является степень измельчения, определяемая по формуле

$$i_n = \frac{D}{d}, \quad (1)$$

где D – размер куска до измельчения, м;
 d – размер куска после измельчения, м.

При двухступенчатом помоле общая степень измельчения определяется произведением степени измельчения каждой ступени

$$i_0 = i_1 \cdot i_2, \quad (2)$$

где i_1 – степень измельчения первой ступени;
 i_2 – степень измельчения второй ступени.

При этом степень помола второй ступени определяется произведением степеней помола по секциям

$$i_2 = i_{2-1} \cdot i_{2-2}, \quad (3)$$

где i_{2-1} – степень измельчения первой секции шаровой мельницы;
 i_{2-2} – степень измельчения второй секции шаровой мельницы.

Диаметр шаров каждой секции шаровой мельницы определяем по следующим формулам:

- первая секция:

$$d_{\text{ш max 2-1}} = 6,00 \sqrt[3]{d_{\text{max 2-1}}}, \quad (4)$$

где $d_{\text{max 2-1}}$ – максимальный размер куска измельченного материала в первой секции, м.

- вторая секция:

$$d_{\text{ш max 2-2}} = 6,00 \sqrt[3]{d_{\text{max 2-2}}}, \quad (5)$$

где $d_{\text{max 2-2}}$ – максимальный размер куска измельченного материала во второй секции, м.

Используем рациональное соотношение между длиной L и диаметром барабана $D_{\text{вн}}$ 1,6, а секции делятся в соотношении 1 : 0,6. Степень заполнения шарами и материалом – по 30%.

Мельница представляет собой цилиндриконическую обечайку, находящуюся на валах, которые являются впускающим 1 и выпускающим 2 патрубками, причем выпускающий патрубок представляет собой заборное устройство с перфорированным коническим окончанием (рис. 1). На впускающем и выпускающем патрубках-валах находятся подшипники качения 3. На впускном патрубке-вале периодически устанавливается жиклер 4, который меняется в зависимости от создаваемого давления разрежения и, соответственно, степени помола частиц. Цилиндрическая и коническая секции разделены перфорированной сеткой 5. В цилиндрической секции находятся шары большего диаметра 6, в конической секции расположены шары меньшего диаметра 7. Расчет диаметра шаров осуществляется по формулам 4 и 5.

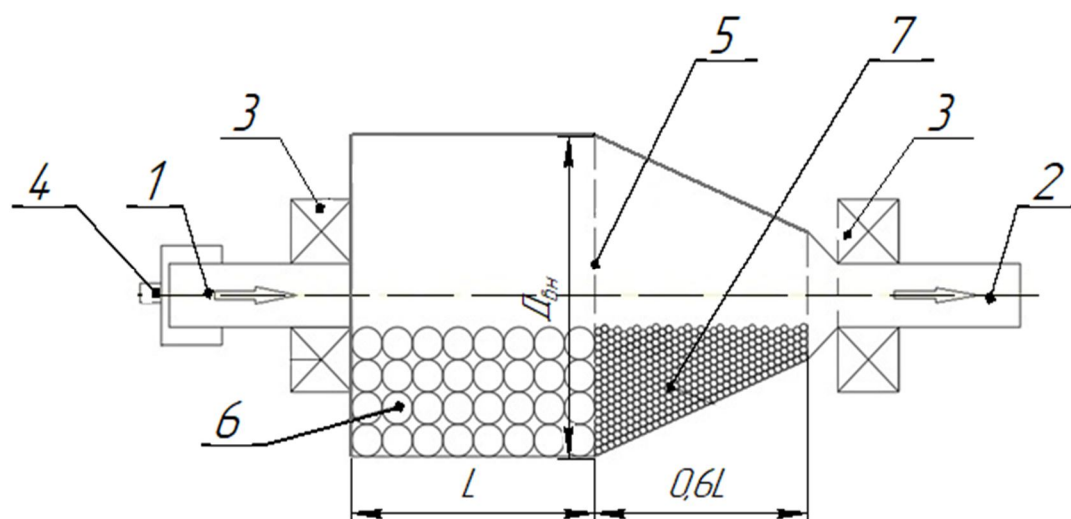


Рис. 1. Схема шаровой мельницы: 1 – впускающий патрубок; 2 – выпускающий патрубок; 3 – подшипники качения; 4 – жиклер; 5 – решетка перфорированная; 6 – крупные шары; 7 – мелкие шары

Используя зависимость силы тяжести и центробежной силы шаров с учетом двух их типов и принимая во внимание работу всей массы, получаем формулу частоты вращения барабана (мин^{-1})

$$n = \frac{35}{\sqrt{D_{\text{вн}}}}, \quad (6)$$

где $D_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр барабана, м.

На производительность шаровой мельницы влияют следующие факторы: физические свойства и размеры частиц измельчаемого материала, параметров конструкции, способ футеровки, эксплуатационные условия работы, частота вращения и степень заполнения шаровой мельницы мелющими телами, а также конструкция первой ступени установки.

Производительность шаровой мельницы определяем по теории подобия, используя данные, полученные на экспериментальной установке по критерию Фруда.

Влияние на производительность также будет оказывать движение аэросмеси измельченных частиц заданной степени помола. Элементы вакуумного транспорта показаны на схеме установки (рис. 2). Измельчение осуществляется с помощью дискового измельчителя 1 и шаровой мельницы 3. Предварительно измельченный материал подается в мельницу через бункер-накопитель 2. Из шаровой мельницы порошок с заданной степенью помола поступает в циклон-накопитель 4 за счет разрежения, создаваемого жидкостнокольцевым вакуумным насосом (ЖВН) с регулируемым нагнетательным окном 5.

Измельчение материала шарами позволяет постоянно разрыхлять сыпучий растительный материал.

Вакуумно-транспортную систему двухступенчатого измельчения сухого растительного материала, как показано в работе [5], делим на четыре участка:

- участок всасывания A ;
- участок установившегося течения материала B ;
- участок торможения B ;
- участок удаления воздушной смеси Γ .

При организации удаления частиц заданной степени помола необходимо определить их скорость витания (м/с), из условия (7) [4]

$$Q_B = \frac{G_M \cdot v_{\text{ср}}^2}{2p} \leq S_{\Phi}(p), \quad (7)$$

где G_M – производительность установки по растительному сыпучему материалу, кг/с;

$v_{\text{ср}}$ – усредненная скорость материала, м/с;

p – начальное давление воздуха на входе в транспортный трубопровод, кПа;

$S_{\Phi}(p)$ – фактическая быстрота действия (производительность) при полученном давлении всасывания, м³/с.

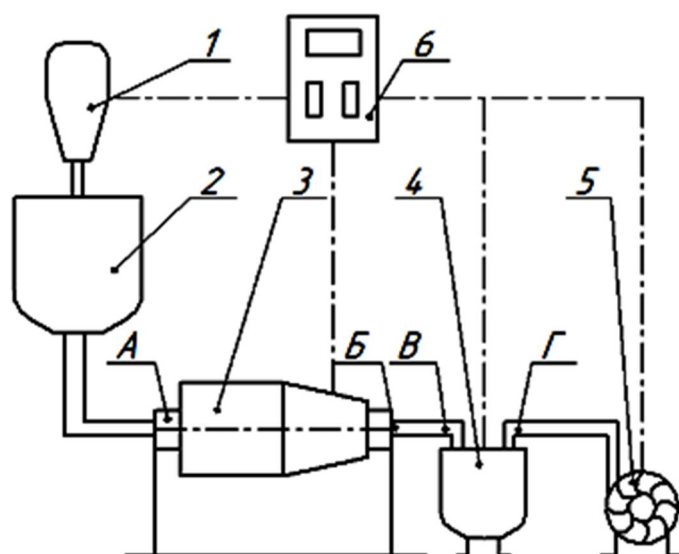


Рис. 2. Схема установки: 1 – измельчитель дисковый; 2 – бункер-накопитель; 3 – мельница шаровая; 4 – циклон-накопитель; 5 – вакуумный насос; 6 – панель управления; А – участок всасывания; Б – участок установившегося течения материала; В – участок торможения; Г – участок удаления воздушной смеси

Для определения значения давления всасывания воспользуемся формулой (8)

$$p_{\text{вс}} = p_{\text{кр}} + \Delta p, \quad (8)$$

где $p_{\text{кр}}$ – критическое давление поднятия частиц, кПа;

Δp – общие потери давления потерь в установке, кПа.

Обязательным условием транспортирования измельченного сырья является превышение критической скорости (9) [14]:

$$v_{\text{кр}} = B \cdot \sqrt[4]{\frac{g \cdot D_{\text{вн}}}{v_{\text{вит}}^2}} \cdot \sqrt[9]{\frac{\rho_{\text{см}} - \rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{в}}} \cdot \left(\frac{\rho_{\text{тв}}}{\rho_{\text{в}}}\right)^2} \cdot K, \quad (9)$$

где B – коэффициент, м/с [9];

$\rho_{\text{см}}$ – значение плотности транспортируемой аэросмеси, кг/м³;

$\rho_{\text{в}}$ – значение плотности воздуха, кг/м³;

$\rho_{\text{тв}}$ – значение плотности твердых частиц, кг/м³;

$v_{\text{вит}}$ – скорость витания частиц, м/с;

K – дополнительный безразмерный коэффициент, учитывающий физико-химические свойства измельчаемых сухих растительных материалов [4].

Для того чтобы определить значение скорости витания частиц в установке, воспользуемся формулой (10) [4]:

$$v_{\text{вит}} = \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot g}{C_X \cdot A_M \cdot \rho_B}}, \quad (10)$$

где m – масса частицы, кг;

g – ускорение свободного падения, м²/с;

C_X – безразмерный коэффициент сопротивления при обтекании частицы воздушным потоком [2];

A_M – площадь миделева сечения частицы, м².

Общие потери давления определяем по формуле (11) [4]:

$$\Delta p = \Delta p_{\text{ТЕХ}} + \Delta p_{\text{ТТ}} + \Delta p_{\text{ВТ}}, \quad (11)$$

где $\Delta p_{\text{ТЕХ}}$ – потери давления в оборудовании для измельчения, кПа;

$\Delta p_{\text{ТТ}}$ – потери давления в трубопроводе, кПа;

$\Delta p_{\text{ВТ}}$ – потери давления в трубопроводе перемещения воздушного потока, кПа.

Потери давления в оборудовании для измельчения определяются по формуле (12)

$$\Delta p_{\text{ТЕХ}} = \sum_{i=1}^{z_k} \xi_i \cdot \rho_i \cdot \frac{v_i^2}{2}, \quad (12)$$

где ξ_i – коэффициент сопротивления i -го типа оборудования измельчения [6];

ρ_i – плотность воздушного потока, входящего в i -е оборудование измельчения, кг/м³;

v_i – скорость воздушного потока, входящего в i -е измельчительное оборудование, м/с.

Потери давления в трубопроводе определяются по формуле (13)

$$\Delta p_{\text{ТТ}} = \sum_{j=1}^{z_k} \left(\lambda_{\text{ТТ}j} \cdot \frac{u_{\text{кр}}^2 \cdot p_{\text{В}j} \cdot L_{\text{ТТ}i}}{2 \cdot d_{\text{ТТ}}} + \frac{\lambda \cdot u_{\text{кр}}^2 \cdot p_{\text{В}j} \cdot m_k \cdot L_{\text{ТТ}i}}{2 \cdot d_{\text{ТТ}}} \cdot \left(\frac{v_{\text{кр}}}{u_{\text{кр}}} \right) + \beta_i \cdot p_{\text{В}j} \cdot g \cdot m_k \cdot \left(\frac{u_{\text{кр}}}{v_{\text{кр}}} \right) \cdot L_{\text{ТТ}i} \right), \quad (13)$$

для условий:

$$\begin{cases} \beta = 0 \text{ при } i = 1 \\ \beta = 1 \text{ при } i = 2 \\ \beta = \sin \alpha + f \cdot \cos \alpha \text{ при } i = 3; \end{cases} \quad (14)$$

$$\begin{cases} \rho_{\text{В}j}^{\text{H}} = \rho_{\text{В}0} - \Delta \rho_{\text{В}j-1}^{\text{K}} \\ \rho_{\text{В}1} = \rho_{\text{В}0} = \rho_{\text{атм}} \text{ при } j = 1 \\ \Delta \rho_{\text{В}j} = f(\Delta \rho_{\text{ТТ}j}) \\ \lambda_{\text{ТТ}j} = f(\Delta \rho_{\text{В}j}) \\ \rho_{\text{В}j} = \frac{\rho_{\text{В}j}^{\text{H}} + \rho_{\text{В}j+1}^{\text{H}}}{2} \end{cases}, \quad (15)$$

где z_k – число участков;

f – коэффициент трения сухого сыпучего материала;

i – тип участка ($i=1$ – участок горизонтальный, $i=2$ – участок вертикальный, $i=3$ – участок наклонный);

α – угол наклона к горизонту транспортного трубопровода, град;

$L_{\text{ТТ}i}$ – длина i -го транспортного участка, м;

m_k – концентрация сухого сыпучего материала;

$\rho_{\text{В}0}$ – плотность воздуха в начале транспортного трубопровода, кг/м³;

ρ_{Bj}^H – плотность воздуха на j -м участке начала транспортного трубопровода, кг/м³;
 ρ_{Bj+1}^H – плотность воздуха на $j+1$ участке начала транспортного трубопровода, кг/м³;
 ρ_{Bj} – средняя плотность воздуха на j -м участке транспортного трубопровода, кг/м³;
 $\Delta\rho_{Bj-1}^K$ – потери давления на $j-1$ участке в конце транспортного трубопровода, кПа;
 $\rho_{атм}$ – плотность воздуха при атмосферном давлении, кг/м³;
 λ_{Tj} – коэффициент трения чистого газа для j -го участка;
 λ – коэффициент пропорциональности;
 $\Delta\rho_{Bj}$ – потери давления на j -м участке транспортного трубопровода, кПа [4].

В воздушном трубопроводе потери давления рассчитываем по формуле (16)

$$\Delta\rho_{BT} = \lambda_{Ti} \cdot \frac{u_{кр}^2 \cdot \rho_B \cdot L_{BT}}{2 \cdot d_{BT}}, \quad (16)$$

где λ_{Ti} – коэффициент трения чистого газа для i -го участка;

L_{BT} – длина воздушного трубопровода, м.

Диаметр вакуумного транспортного трубопровода определяем по формуле (17)

$$d_{TT} = d_{BT} \cdot \sqrt{1 + m_K^2 \cdot \left(\frac{\rho_B}{\rho_M} \right)^2}, \quad (17)$$

где d_{BT} – диаметр всасывающего трубопровода, м;

ρ_M – плотность сухого сыпучего материала, кг/м³.

Вакуумный насос выбираем по создаваемому давлению разрежения в зависимости от формы и геометрических размеров частицы. Для создания подъемной силы сухого сыпучего материала заданной степени помола применяем сменные жиклеры. Необходимость изменения параметров вакуума (значения разрежения) обуславливает использование ЖВН с автоматическим регулированием нагнетательного окна, позволяющего менять параметры разрежения (рис. 3).

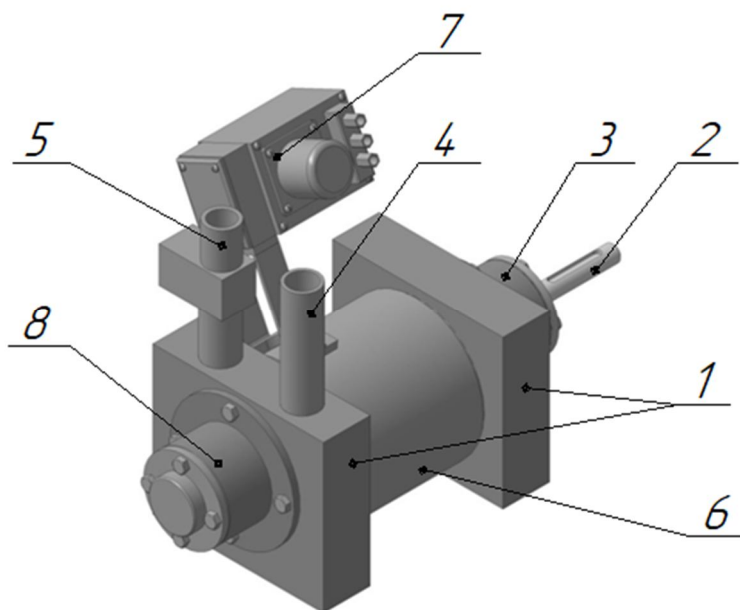


Рис. 3. Одноступенчатый ЖВН с устройством автоматического регулирования нагнетательного окна:
 1 – крышки; 2 – вал; 3 – подшипниковая опора; 4 – впускной патрубок; 5 – выпускной патрубок;
 6 – корпус; 7 – нагнетательное устройство; 8 – подшипниковая опора

Насос снабжен правой и левой крышками 1, в правой крышке выполнен выход вала 2, оборудованный подшипниковой опорой 3. В левой крышке крепятся соответственно впускной и выпускной патрубки 4, 5. Между крышками находится корпус 6 с нагнетательным устройством 7. Левая крышка также имеет подшипниковую опору 8.

В зависимости от производительности всей установки и степени помола ЖВН подбирается по скорости действия. У выбранной конструкции определяется мощность.

Мощность, затрачиваемую на измельчение в двухступенчатой мельнице, определяем по формуле (18)

$$N_0 = N_1 + N_2 + N_3, \quad (18)$$

где N_1 – мощность, потребляемая электродвигателем дискового измельчителя первой ступени, кВт;

N_2 – мощность измельчения в двухсекционной шаровой мельнице с вакуумным отводом, кВт;

N_3 – мощность, затрачиваемая на процесс вакуумирования ЖВН с автоматически регулируемым окном, кВт.

Мощность, потребляемую электродвигателем дискового измельчителя первой ступени, считаем как

$$N_1 = 0,15 G_{M1} \cdot i_1, \quad (19)$$

где G_{M1} – производительность первой ступени (дискового измельчителя), т/ч.

Мощность измельчения в двухсекционной шаровой мельнице с вакуумным отводом определяем как

$$N_2 = 5,0(Z_1 m_{ш2-1} + Z_2 m_{ш2-2}) \cdot \sqrt{D_{вн}}, \quad (20)$$

где Z_1 – количество шаров первой секции;

Z_2 – количество шаров второй секции;

$m_{ш2-1}$ – масса шаров первой секции, кг;

$m_{ш2-2}$ – масса шаров второй секции, кг;

$D_{вн}$ – внутренний диаметр барабана, м.

Введенный в формулу коэффициент 5,0 определен экспериментально [2].

Мощность, затрачиваемую на процесс вакуумирования ЖВН с автоматически регулируемым окном, определяем как

$$N_3 = N_{сж} + N_{БЛ} + N_{Л} + N_{мех}, \quad (21)$$

где $N_{сж}$ – мощность сжатия в вакуум-насосе, кВт;

$N_{БЛ}$ – мощность сил трения в безлопаточном пространстве, кВт;

$N_{Л}$ – мощность вращения жидкостного кольца в лопаточном пространстве, кВт;

$N_{мех}$ – мощность преодоления механического трения, кВт.

Считая, что механические потери в ЖВН составляют до 5% от всех затрат, мощность можно определить по формуле (22)

$$N_3 = 1,05(N_{сж} + N_{БЛ} + N_{Л}). \quad (22)$$

Мощность сжатия вакуумного насоса с устройством автоматического регулирования нагнетательного окна определяем при $p_{сж} = p_n$

$$N_{сж} = p \cdot S \cdot \frac{k}{k-1} \cdot \left[(p_n / p)^{\frac{(k-1)}{k}} - 1 \right], \quad (23)$$

где p – давление всасывания, кПа;

$p_{сж}$ – давление сжатия, кПа;

k – показатель политропы процесса;

S – быстрота действия (производительность) вакуумного насоса, м³/с;

p_n – давление нагнетания, кПа.

Мощность трения жидкости в безлопаточном пространстве

$$N_{\text{БЛ}} = M \cdot \omega / 1000, \quad (24)$$

где M – момент сил трения, действующий в слоях жидкости рабочей полости насоса, Н·м;

ω – угловая скорость рабочего колеса насоса, с⁻¹.

Мощность, затрачиваемая на перемещение жидкостного кольца в лопаточном пространстве

$$N_{\text{Л}} = Q_{\text{ж}} \cdot H_{\text{Т}} \cdot (1 - \eta_{\text{к}} \cdot k_{\eta}) \cdot \rho_{\text{ж}} / 1000, \quad (25)$$

где $Q_{\text{ж}}$ – расход жидкости через рабочее колесо насоса, кг/с;

$H_{\text{Т}}$ – теоретический напор, создаваемый рабочим колесом вакуум-насоса, м;

$\eta_{\text{к}}$ – КПД рабочего колеса;

k_{η} – коэффициент пересчета, зависящий от числа Рейнольдса;

$\rho_{\text{ж}}$ – плотность рабочей жидкости, кг/м³.

Заключение

Разработанная методика расчета позволит спроектировать энергоэффективную установку двухступенчатого измельчения сухого растительного сырья, характеризующуюся универсальностью использования с точки зрения получения растительного порошка заданной степени помола.

Библиографический список

1. Иванова Е.П. Разработка технологии приготовления сухой закваски на основе растительного сырья для производства хлебобулочных изделий функционального назначения : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 05.18.01 / Е.П. Иванова. – Мичуринск, 2016. – 20 с.
2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии : учебник / А.Г. Касаткин. – 11-е изд., стер., дораб., перепеч. с изд. 1973 г. – Москва : Альянс, 2005. – 750 с.
3. Механические вакуумные насосы : учебник / Е.С. Фролов, И.В. Автономова, В.И. Васильев и др. ; под общ. ред. Е.С. Фролова. – Москва : Машиностроение, 1989. – 283 с.
4. Особенности расчета технологии вакуумного транспортирования сухих сыпучих растительных материалов в режиме сплошного слоя / П.С. Платинин, Ю.В. Родионов, В.П. Капустин, Д.В. Никитин // Наука в центральной России. – 2016. – № 6 (24). – С. 54–65.
5. Повышение эффективности механизации транспортирования сухих сыпучих растительных материалов / Ю.В. Родионов, В.П. Капустин, А.В. Кобелев и др. // Инновационная техника и технология. – 2017. – № 1 (10). – С. 9–15.

6. Сиденко П.М. Измельчение в химической промышленности / П.М. Сиденко. – 2-е изд., перераб. – Москва : Химия, 1977. – 368 с.
7. Химический состав российских пищевых продуктов : справочник / Ин-т питания РАМН ; под ред. И.М. Скурихина, В.А. Тутельяна. – Москва : ДеЛи принт, 2002. – 235 с.
8. Ходаков Г.С. Физика измельчения : монография / Г.С. Ходаков. – Москва : Наука, 1972. – 305 с.
9. Шиманова А.А. Теоретическое обоснование работы всасывающего заборного устройства пневмотранспортной установки / А.А. Шиманова // *Фундаментальные исследования*. – 2012. – № 11–2. – С. 466–471.
10. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя ; пер. Г.А. Вольперта с 5-го нем. изд., испр. по 6-му (амер.) изд. ; под ред. Л. Г. Лойцянского. – Москва : Наука, 1974. – 711 с.
11. Effect of vacuum grinding and storage under oxygen free condition on antioxidant activity and bacterial communities of strawberry puree / A.N. Kim, W.S. Hu, K.Y. Lee, O.K. Koo, W.L. Kerr, S.G. Choi // *LWT*. – 2020. – 110495. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110495>.
12. Karam M.C. Effects of drying and grinding in production of fruit and vegetable powders: A review / M.C. Karam, J. Petit, D. Zimmer, E.B. Djantou, J. Scher // *Journal of Food Engineering*. – 2016. – Vol. 188. – Pp. 32–49. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.05.001>.
13. Effect of vacuum-grinding on the stability of anthocyanins, ascorbic acid, and oxidative enzyme activity of strawberry / A.N. Kim, K.Y. Lee, E.J. Jeong, S.W. Cha, B.G. Kim, W.L. Kerr, S.G. Choi // *LWT*. – 2021. – Vol. 136 (1). 110304. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110304>.
14. Superfine grinding affects physicochemical, thermal and structural properties of Moringa Oleifera leaf powders / X. Huang, K. Liang, Q. Liu, J. Qiu, J. Wang, H. Zhu // *Industrial Crops and Products*. – 2020. – Vol. 151. – No. 112472. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112472>.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Юрий Викторович Родионов – доктор технических наук, профессор кафедры механики и инженерной графики ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, e-mail: rodionow.u.w@rambler.ru.

Дмитрий Вячеславович Никитин – кандидат технических наук, доцент кафедры механики и инженерной графики ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, e-mail: vacuum2008@yandex.ru.

Сергей Иванович Данилин – кандидат сельскохозяйственных наук, зав. кафедрой технологии производства, хранения и переработки продукции растениеводства ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», Россия, г. Мичуринск, e-mail: danilin@mgau.ru.

Юрий Анатольевич Чумиков – студент ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, e-mail: chumikovi@mail.ru.

Анастасия Игоревна Скоморохова – студент ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, e-mail: nasta373@mail.ru.

Юрий Юрьевич Родионов – аспирант ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», Россия, г. Мичуринск, e-mail: rodionow.u.w@rambler.ru.

Дата поступления в редакцию 18.08.2021

Дата принятия к печати 28.09.2021

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Yuriy V. Rodionov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. Mechanics and Engineering Graphics, Tambov State Technical University, Russia, Tambov, e-mail: rodionow.u.w@rambler.ru.

Dmitriy V. Nikitin, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. Mechanics and Engineering Graphics, Tambov State Technical University, Russia, Tambov, e-mail: vacuum2008@yandex.ru

Sergey I. Danilin, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Dept. of Technologies of Production, Storage and Processing of Plant Products, Russia, Michurinsk, e-mail: danilin@mgau.ru.

Yuriy A. Chumikov, Student, Tambov State Technical University, Russia, Tambov, e-mail: chumikovi@mail.ru.

Anastasiya I. Skomorokhova, Student, Tambov State Technical University, Russia, Tambov, e-mail: chumikovi@mail.ru

Yuriy Yu. Rodionov, Postgraduate Student, Michurinsk State Agrarian University, Russia, Michurinsk, e-mail: rodionow.u.w@rambler.ru.

Received August 18, 2021

Accepted after revision September 28, 2021

ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН С УЧЕТОМ ПОЧВЕННЫХ УСЛОВИЙ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

Иван Витальевич Соболевский
Евгений Николаевич Турин
Ильяс Идрисович Калафатов

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма

Для повышения ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин, качества обработки почвы и снижения тягового сопротивления актуальным является изучение процесса наплавления износостойких материалов с разработкой оптимальной формы наплавляемой поверхности. Представлены результаты исследований, проведенных с целью изучения влияния типа и фракционного состава почв Республики Крым на показатели долговечности и ресурса рабочих органов культиваторов и дисковых борошек за счет биосистемного подхода, позволяющего совершенствовать формы поверхностей, наплавляемых износостойкими материалами. Установлено, что относительная изнашивающая способность почвы оказывает значительное влияние на снижение ресурса и, как следствие, на долговечность рабочего органа, особенно по износу рабочей части лезвия. Определены коэффициент неравномерности износа, а также усредненное значение предельного износа рабочих органов почвообрабатывающих машин. С учетом коэффициента адаптационной наработки определена долговечность рабочих органов, подвергающихся упрочнению на основе бионических прототипов. Изучены особенности роющих конечностей животных-землероев, в частности жука-скарабея (*Scarabaeus*), у которого основные функции рыхления выполняют не только передние конечности, но и челюсть, имеющая веерную форму. Анализ физического строения панцирной челюсти позволил адаптировать элементы ее морфологического строения для обоснования дополнительных элементов конструкции рабочего органа такой почвообрабатывающей машины, как дисковая борошка. Главная особенность предложенной конструкции заключается в нанесении методом наплавки износостойкого материала в виде эллипсоидных полусфер, расположенных в зонах зубьев, и полусфер, расположенных в зонах впадин, что позволяет повысить ресурс и надежность дисковой борошки, особенно при эксплуатации на типах почв, отличающихся высокой относительной способностью изнашивать рабочие органы почвообрабатывающих орудий за счет своего фракционного состава.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: почва, почвообрабатывающие машины, культиваторы, дисковые борошки, наплавка, наработка, бионика, жук-скарабей, повышение ресурса.

RESOURCE INCREASING OF THE WORKING BODIES OF TILLAGE MACHINERY WITH CONSIDERATION TO THE SOIL CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF CRIMEA

Ivan V. Sobolevskiy
Evgeniy N. Turin
Ilyas I. Kalafatov

Research Institute of Agriculture of Crimea

In order to increase the resource of the working bodies of tillage machinery, the quality of tillage and reduce plowing resistance, it is relevant to study the process of surfacing wear-resistant materials with the development of the optimal shape of the built up surface. The authors present the results of the conducted studies aimed at surveying the influence of the type and fractional composition of soils of the Republic of Crimea on the indicators of durability and resource of the working bodies of cultivators and disc harrows due to a biosystem approach that allows improving the shapes of the surfaces built up with wear-resistant materials. It is established that the relative soil abrasion has a significant impact on the reduction of the resource and, as a consequence, on the durability of the working body, especially in terms of wear of the working part of the blade. The coefficient of uneven wear is determined, as well as the average value of the wear limit of the working bodies of tillage machinery. Taking into account the coefficient of adaptive running time, the durability of working bodies

undergoing hardening on the basis of bionic prototypes is determined. The authors considered features of burrowing limbs of earth-boring animals, in particular the screech beetle (*Scarabaeus sacer*), in which the main functions of loosening are performed not only by the forelimbs, but also by the fan-shaped jaw. Such a physical structure of the loricata jaw made it possible to adapt elements of its morphological structure, in support of additional elements for the design of the working body of such a tillage machine as a disc harrow. The main feature of the proposed device is the deposition of a wear-resistant material in the form of ellipsoidal hemispheres located in the tooth zones and hemispheres located in the cavity zones, which allows increasing the resource and reliability of the disc harrow, especially when operating on soils characterized by a high relative ability to wear out the working bodies of tillage tools due to its fractional composition.

KEYWORDS: soil, tillage machinery, cultivators, disc harrows, surfacing, operating time, bionics, screech beetle (*Scarabaeus sacer*), resource enhancement.

Введение

В Российской Федерации в целом и в частности в Республике Крым происходит интенсификация производства сельскохозяйственной продукции, которая выращивается на площади, превышающей 115 млн га пашни, где основное воздействие на почву при выращивании сельскохозяйственной продукции оказывает механическая обработка. Основными видами механической обработки почвы являются: глубокое рыхление, вспашка, культивация, боронование, фрезерование и лущение. При этом для Республики Крым, где доминирует зона рискованного земледелия с ветровой и водной эрозиями, широкое распространение получили стерневая и плоскорезная обработки почвы.

Как показывает анализ, в данных технологиях обработки почвы широкое распространение получили рабочие органы культиваторов различных модификаций и дискаторы, которые заменяют вспашку дискованием. При этом у рабочих органов в основном подвергаются повышенному износу, в геометрии, рабочие зоны режущих частей. Этот процесс приводит к изменению общих размеров и массы рабочих органов, что, в свою очередь, приводит к нарушению качества обработки почвы и повышению тягового сопротивления почвообрабатывающих машин. В результате снижается производительность труда и возрастают затраты на частые замены полных комплектов дорогостоящих рабочих органов.

Также значительное влияние на качество обработки и ресурс машин, обрабатывающих почву, оказывают ее тип и фракционный состав, который характеризуется таким показателем, как относительная изнашивающая способность почв. Данный показатель значительно влияет на процесс изнашивания рабочих органов машин, обрабатывающих почву.

Существующие способы увеличения ресурса рабочих органов в основном направлены на использование более износостойких материалов, которые наплавляются на основной металл рабочего органа при его изготовлении либо восстановлении. При этом часто не учитывают форму поверхности, которая формируется после наплавки. Такое несоответствие часто приводит к возникновению повышенного износа в рабочих зонах, где отсутствует износостойкий материал.

Поэтому актуальным является изучение процесса наплавления износостойких материалов с разработкой оптимальной формы наплавляемой поверхности, которая позволит повысить ресурс рабочих органов почвообрабатывающих машин, качество обработки почвы и снизит тяговое сопротивление.

Дальнейшее обоснование форм поверхностей наплавляемых износостойким материалом на рабочие органы культиваторов и дискаторов предлагается с применением системного бионического подхода, на основе анализа режущих и демпфирующих приспособлений животных-землероев [1].

Целью проведенных исследований являлось изучение влияния типа и фракционного состава почв Республики Крым на показатели долговечности и ресурса рабочих органов почвообрабатывающих орудий (культиваторов и дискаторов) за счет биосистемного подхода, позволяющего совершенствовать формы поверхностей, наплавляемых износостойкими материалами.

Материалы и методы

Вопросами повышения ресурса почвообрабатывающих рабочих органов занимались такие ученые, как Л.Ф. Бабицкий, В.Ю. Москалевич, А.М. Михальченков, В.С. Новиков, А.В. Шовкопляс и др. [1, 3, 6, 8].

Л.Ф. Бабицкий рассматривает роющие конечности биологических прототипов, которые оказывают на почву прерывистое в пространстве и периодическое во времени воздействие, как основу для создания конструкции рабочих органов почвообрабатывающих машин с повышенным ресурсом [1].

А.В. Шовкопляс на основании проведенных исследований износа рабочих органов после точечной наплавки выявил, что на режущих кромках почвообрабатывающих машин формируется серрейторное лезвие с волнистой формой режущей кромки, что приводит к повышению эффективности разрезания растительных и пожнивных остатков с минимальным износом рабочей зоны [8].

Методы, учитывающие закономерности функционирования биологических прототипов – объектов живой природы, остаются малоизученными и требуют тщательного анализа и апробации. В ходе проведения исследований по повышению ресурса рабочих органов культиваторов и дискаторов за счет биосистемного подхода применялись два вида моделирования: физическое и имитационное.

При физическом моделировании изучалось функциональное моделирование выбранного биологического прототипа – животных-землероев, в частности веерного вида челюсти жука-скарабея (*Scarabaeus*) для воспроизводства его основных геометрических и физических характеристик.

Имитационный метод позволил выполнить моделирование веерного вида челюсти с ее аппроксимацией на новые элементы конструкции рабочих органов культиваторов и дискаторов.

Результаты и их обсуждение

Исследования, направленные на поиск путей повышения ресурса рабочих органов культиваторов и дискаторов, проводили на опытных полях двух отделений ФГБУН «НИИ СХ Крыма».

В отделении полевых культур ФГБУН «НИИ СХ Крыма» (с. Клепинино, Красногвардейский район) почва представлена южным мицелярно-карбонатным черноземом. Почвообразующими породами являются желто-бурые лессовидные и красно-бурые плиоценовые глины. Для данных пород характерен среднемошный гумусовый профиль 55–70 см. Этот тип черноземов обладает высокой микроагрегированностью. Благодаря хорошей структурности плотность у данного вида почв невысокая и находится в пределах 1,0–1,30 г/см³. В подгумусовых слоях плотность возрастает до 1,4–1,5 г/см³. Хорошая структурность у черноземов предопределяет их высокую пористость в гумусовых горизонтах (50–60%). Для черноземных почв характерно благоприятное сочетание капиллярной и некапиллярной пористости. Некапиллярная пористость может составлять 1/3 общей пористости, что обеспечивает достаточно хорошую воздухо- и водопроницаемость. При этом пахотная часть горизонта А характеризуется свойством впитывать влагу медленнее, чем подпахотная, что обуславливает значительное распыление структуры и уплотнение горизонта. Гранулометрический состав фракции <0,01

составляет от 57 до 68% и фракции <0,001 – от 28 до 47% [4, 7]. Данный тип почв имеет относительную изнашивающую способность по фракционному составу применительно к рабочим органам почвообрабатывающих машин m , равную 0,06.

В отделе эфиромасличных и лекарственных культур почвенный покров представлен черноземом обыкновенным мицелярно-карбонатным предгорным (с. Крымская роза, Белогорский район). Почвообразующими породами являются красно-бурые, палево-желтые и желто-бурые хрящево-щебенчатые и галечные суглинки и глины. По гранулометрическому составу данные черноземы относятся к тяжелым суглинкам и легким глинам пылевато-иловатым. Содержание физической глины в верхних горизонтах варьируется в пределах 46–74%.

При увеличении глубины механический состав становится тяжелосуглинистым. Преобладающими фракциями гранулометрического состава в данных почвах являются пылеватая (29–42) и иловатая (26–54). Доля песчаной фракции составляет около 5%. Содержание гумуса в верхних горизонтах на целине достигает 4,4–4,6%, в распахиваемых почвах – 2,9–3,6%.

Количество гумуса при увеличении глубины также уменьшается, но постепенно. Его общие запасы в метровой толще составляют 280–300 т/га. Плотность данного вида почв невысокая и колеблется в пределах 1,0–1,30 г/см³ [6, 7].

Данный тип почв имеет относительную изнашивающую способность по фракционному составу применительно к рабочим органам почвообрабатывающих машин m , которая находится в диапазоне 0,15–0,22.

Как показывают результаты аналитических исследований, относительная изнашивающая способность почвы оказывает значительное влияние на снижение ресурса и, как следствие, на долговечность рабочего органа, особенно по износу рабочей части лезвия. При этом долговечность рабочего органа, созданного по бионическому подобию, можно определить по формуле (1) [3]

$$T_{p.o.} = \left(\frac{(a - c) \cdot \varepsilon_{эм} \cdot \eta_2 \cdot \chi \cdot A}{0,016 \cdot m_{эм} \cdot \eta_1 \cdot p \cdot V_{n.m.} \cdot t_{gi}} \right) \cdot k_{A.H.}, \quad (1)$$

где a – начальная длина лезвия рабочего органа, см;

c – предельная длина лезвия рабочего органа, см;

$\varepsilon_{эм}$ – относительная износостойкость металла рабочего органа при эталонном давлении абразивных частиц почвы;

η_2 – коэффициент, который учитывает относительную износостойкость металла рабочего органа в зависимости от давления абразивных частиц почвы;

χ – отношение линейной скорости движения почвообрабатывающей машины к скорости перемещения почвенного пласта по поверхности рабочего органа;

A – производительность рабочего органа, га/ч;

$m_{эм}$ – относительная изнашивающая способность обрабатываемого почвенного пласта при эталонном давлении его абразивных частиц;

η_1 – коэффициент, учитывающий изменение изнашивающей способности обрабатываемого почвенного пласта в зависимости от давления его абразивных частиц;

p – давление абразивных частиц почвы в точке большего износа, Мпа;

$V_{n.m.}$ – линейная скорость движения почвообрабатывающей машины, км/ч;

t_{gi} – угол заточки лезвия рабочего органа, град.;

$k_{A.H.}$ – коэффициент адаптационной наработки рабочего органа, созданного по бионическому подобию.

Проведенные исследования базировались на микрометраже предельного износа рабочих органов дискатора по рабочей части лезвия по таким контрольным параметрам, как:

- износ зубьев по вершинам ΔL , мм;
- износ зубьев по впадинам Δl , мм;
- износ дискатора по толщине для впадин $\Delta t_{впад}$, мм;
- износ дискатора по толщине для вершин $\Delta t_{верш}$, мм.

При этом измерения выполняли по двум точкам.

Также измеряли такие параметры, как:

- износ лапы по носовой части L , мм;
- износы лапы по крыльям ΔL и Δl , мм (рис. 1).

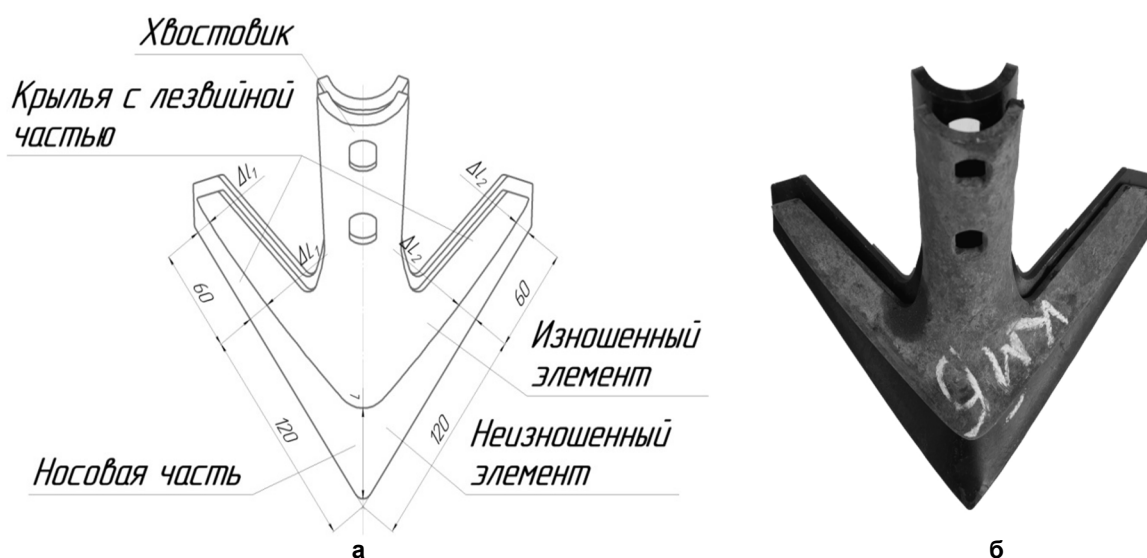


Рис. 1. Методика микрометража для определения предельного износа рабочих органов культиватора по рабочей части лезвия:
а) – схема измерения износов лапы с контролируемыми параметрами;
б) – подготовка лап культиватора к измерениям

Установлено, что предельный износ $W_{p.o.}$ рабочих органов по рабочей части лезвия имеет значительную вариацию.

Как следует из данных, приведенных в таблице 1, вдоль всей длины рабочей части лезвия у дискаторов наблюдается неравномерный предельный износ $W_{p.o.}$. У вершин дискаторов он значительный, у впадин – в четыре раза меньше. Данная значительная вариация износа по всей длине окружности обусловлена различным влиянием давления абразивных частиц почвы на поверхность рабочих органов.

Как видно на схеме измерения износов, у дискаторов точками большего износа являются зубья. Так как они обладают малым радиусом кривизны по описываемой окружности, приближающейся к прямой линии по длине режущей кромки зуба, то в этой зоне возникает максимальное трение абразивных частиц почвы о металл. Во впадинах отмечена противоположная ситуация. У них радиус кривизны внутренний и малый, что дает возможность обеспечивать угол φ трения-скольжения почвы о металл в допустимых рациональных значениях 14–42°. При этом процесс изнашивания значительно уменьшается, как это наглядно видно из результатов измерений рабочих органов дискатора по величине износа (табл. 1).

Результаты исследований лап культиваторов также показали неравномерный предельный износ $W_{p.o.}$ вдоль всей длины рабочей части лезвия (табл. 2).

Таблица 1. Результаты измерений рабочих органов дискатора по величине износа рабочей части лезвия

Статистический показатель	Износ зубьев, мм		Износ диска по толщине, мм	
	по вершинам, ΔL	по впадинам, ΔI	вершин, $\Delta t_{\text{верш}}$	впадин, $\Delta t_{\text{впад}}$
Средние значения износа для типа почв, имеющих относительную изнашивающую способность по фракционному составу m , равную 0,06 (Отделение полевых культур ФГБУН «НИИСХ Крыма»)	41,0	10,8	2,5	1,8
Средние значения износа для типа почв, имеющих относительную изнашивающую способность по фракционному составу m в диапазоне 0,15–0,22 (Отделение эфиромасличных и лекарственных культур ФГБУН «НИИСХ Крыма»)	61,5	16,2	3,8	2,7

Таблица 2. Результаты измерений рабочих органов культиватора по величине износа рабочей части лезвия

Статистический показатель	Износ крыльев, мм		Износ носовой части, мм
	ΔL	ΔI	L
Средние значения износа для типа почв, имеющих относительную изнашивающую способность по фракционному составу m , равную 0,06	21,55	17,35	46,6
Средние значения износа для типа почв, имеющих относительную изнашивающую способность по фракционному составу m в диапазоне 0,15–0,22	32,20	25,80	68,5

Рабочая поверхность носка лапы является областью наибольшей интенсивности трения с абразивными частицами почв, что обусловлено различным влиянием давления абразивных частиц почвы за счет возникновения зон деформации от носка лапы до рабочих зон крыльев, по которым почва скользит уже менее плотная – по сравнению с рабочей зоной носка лапы (рис. 1).

Фракционный состав оказывает значительное влияние на величины износа. У дискаторов, которые работали на черноземе южном мицеллярно-карбонатном, при наработке 30 га износ достигал 33%, на черноземе обыкновенном мицеллярно-карбонатном предгорном, при такой же наработке – 50%. Соответственно у культиваторов износ варьировал в интервале от 32 до 48%.

Следовательно, необходимо определить усредненное значение предельного износа $W_{p.o.}$, которое должно быть уточнено коэффициентом неравномерности износа $k_{н.и.}$, учитывающим два основных фактора: форму рабочей зоны и относительную изнашивающую способность по фракционному составу m .

Коэффициент неравномерности износа определим по формуле

$$k_{н.и.} = \frac{\Delta I}{\Delta L}. \quad (2)$$

В результате у почвообрабатывающих рабочих органов для представленных типов почв коэффициент неравномерности износа $k_{н.и.}$ будет равен 0,26.

Усредненное значение предельного износа $W_{p.o.}$ определим по формуле

$$W_{p.o.} = \frac{\Delta L + \Delta l}{2}. \quad (3)$$

После соответствующих преобразований уравнение (1) примет следующий вид:

$$T_{p.o.} = \left(\frac{(0,5 \cdot (\Delta L + \Delta l)) \cdot \varepsilon_{эм} \cdot \eta_2 \cdot \chi \cdot A}{0,016 \cdot m_{эм} \cdot \eta_1 \cdot p \cdot V_{н.м.} \cdot tgi} \right) \cdot k_{A.H.} \quad (4)$$

Особенность данного уравнения в том, что оно учитывает коэффициент адапционной наработки, характеризующий системную надежность почвообрабатывающих рабочих органов, созданных на основе показателей бионики и биоэргономики [2].

Исследования в области биомеханики, касающиеся вопросов земледелия (способов обработки почв), дают возможность аппроксимировать способности роющих конечностей животных-землероев, обладающих повышенной надежностью, на рабочие органы почвообрабатывающих машин.

У животных-землероев можно выделить два основных вида резерва: структурно-функциональный и структурно-нагрузочный. Данные два вида резерва предусматривают применение дополнительных резервных элементов у структуры роющих конечностей, дающих возможность длительно выдерживать действующие на них нагрузки [4, 9, 10].

Основные функции рыхления у жука-скарабея выполняют не только передние конечности, но и челюсть, имеющая веерную форму. Морфологические особенности строения панцирной челюсти были учтены при обосновании дополнительных элементов конструкции рабочего органа дискатора (лапы культиватора), что позволило повысить их ресурс, особенно при использовании на типах почв, имеющих высокую относительную изнашивающую способность по своему фракционному составу (рис. 2).

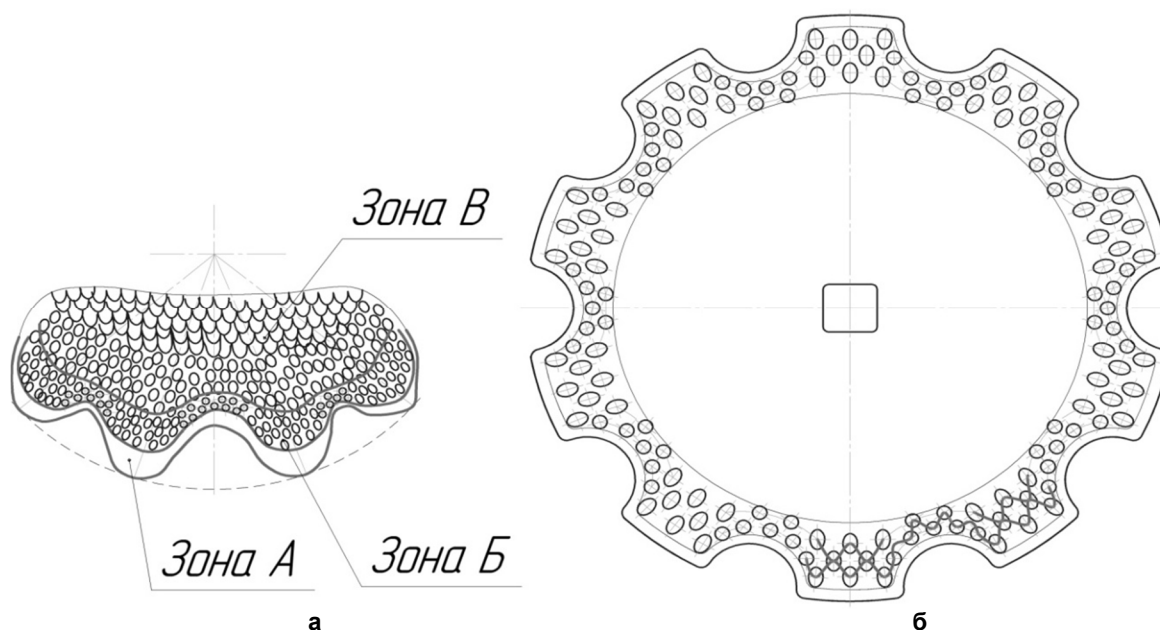


Рис. 2. Бионическое обоснование модели рабочего органа дискатора:
а – аппроксимация морфологического строения челюсти жука-скарабея (Scarabaeus); б – общий вид рабочего органа дискатора с дополнительными элементами конструкции в рабочей зоне

Рабочая зона предложенного дискатора имеет нанесенный методом наплавки износостойкий материал в виде эллипсоидных полусфер, расположенных в зонах зубьев, и полусфер, расположенных в зонах впадин, что позволяет формировать застойные зоны неподвижных абразивных частиц почвы, которые будут снижать трение контактного слоя почвы с основным металлом рабочей зоны. В результате будет обеспечиваться резкое снижение скорости перемещения абразивных почвенных частиц в промежутках между эллипсоидными полусферами, а также изменение направления движения почвенных агрегатов, попадающих в эти промежутки.

Расположение осей симметрии эллипсоидных полусфер на зубьях и полусфер на впадинах по направлению перемещения обрабатываемого пласта почвы (перемещается по внутренней полусферической поверхности дискатора) создает симметричное распределение лобового сопротивления этого пласта. При этом возникает устойчивая плоскость трения контактного слоя абразивных частиц почвы с поверхностью наплавленных эллипсоидных полусфер, а также расположенных между ними застойных зон неподвижных абразивных частиц почвы, имеющих повышенную плотность. Как следствие, будет снижаться скорость изнашивания основного металла (особенно в областях с наибольшей интенсивностью трения рабочей зоны), а также неравномерность предельного износа $W_{p.o.}$ по всей длине рабочей зоны контакта.

Выводы

Исследованиями установлено, что фракционный состав черноземов Республики Крым оказывает значительное влияние на величину износа рабочих органов почвообрабатывающих машин.

На черноземе южном мицеллярно-карбонатном при наработке 30 га износ достигал 33%.

На черноземе обыкновенном мицеллярно-карбонатном предгорном при такой же наработке износ достигал 50%.

Для рабочих органов почвообрабатывающих машин был определен коэффициент неравномерности износа $k_{н.и.}$, а также усредненное значение предельного износа $W_{p.o.}$. С учетом коэффициента адаптационной наработки $k_{а.н.}$ определена долговечность рабочего органа, созданного по бионическому подобию.

С учетом двух видов резерва, предусматривающих применение дополнительных резервных элементов в структуре роющих конечностей животных-землероев, особый интерес по характеру жизнедеятельности представляет биологический прототип – жук-скарабей (*Scarabaeus*), у которого основные функции рыхления выполняют не только передние конечности, но и челюсть, имеющая веерную форму.

Такое физическое строение панцирной челюсти позволило адаптировать элементы ее морфологического строения, в обоснование дополнительных элементов для конструкции рабочего органа дискатора.

Особенность данной конструкции заключается в нанесении методом наплавки износостойкого материала в виде эллипсоидных полусфер, расположенных в зонах зубьев, и полусфер, расположенных в зонах впадин, позволяющих повысить их ресурс и надежность, особенно на типах почв, имеющих высокую относительную изнашивающую способность по своему фракционному составу.

Библиографический список

1. Бабицкий Л.Ф. Бионико-механические основы сельскохозяйственных машин. Теория и методы : монография / Л.Ф. Бабицкий, В.Ю. Москалевич, И.В. Соболевский. – Saarbrücken, Germania : LAP Lambert Academic Publishing, 2016. – 384 с.
2. Бабицкий Л.Ф. Бионическое обоснование путей совершенствования сельскохозяйственных машин на основе коэффициента адаптационной наработки / Л.Ф. Бабицкий, И.В. Соболевский // Научные труды Южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины «Крымский агротехнологический университет». Серия: Технические науки. – 2014. – № 162. – С. 197–205.
3. Новиков В.С. Повышение долговечности стрельчатых лап культиваторов / В.С. Новиков, Д.И. Петровский // Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2017. – № 4 (80). – С. 49–55.
4. Паштецкий В.С. Научные основы оптимизации агроландшафтов и эффективного аграрного производства Республики Крым : монография / В.С. Паштецкий. – Симферополь : АРИАП, 2015. – 273 с.
5. Повышение ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин на основе совершенствования наплавочных технологий / Н.М. Ожегов, В.А. Ружьев, Д.А. Капошко и др. // Труды ГОСНИТИ. – 2015. – Т. 121. – С. 191–197.
6. Статистический анализ износов дисков дисковых орудий / А.М. Михальченко, А.А. Тюрева, Ю.И. Филин, Н.В. Синяя // Техника и оборудование для села. – 2016. – № 7. – С. 42–45.
7. Турин Е.Н. Совершенствование обработки почвы в Крыму / Е.Н. Турин, К.Г. Женченко // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2018. – № 4 (40). – С. 52–60.
8. Шовкоплас А.В. Упрочнение режущих поверхностей дисковых и стрельчатых рабочих органов почвообрабатывающих машин с целью уменьшения их износа и измерения его величины и характера / А.В. Шовкоплас, А.И. Данилин // Научный вестник государственного образовательного учреждения Луганской Народной Республики «Луганский национальный аграрный университет». – 2019. – № 6–1. – С. 197–203.
9. Tong J. Geometrical features and wettability of dung beetles and potential biomimetic engineering applications in tillage implements / J. Ton, J. Sun, D. Chen, S. Zhang // Soil and Tillage Research. – 2005. – Vol. 80 (1-2). – Pp. 1–12.
10. Zhiwei Z. Performance evaluation of fluted coulters and rippled discs for vertical tillage / Z. Zhiwei, C. Ying // Soil and Tillage Research. – 2018. – Vol. 183. – Pp. 93–99.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Иван Витальевич Соболевский – кандидат технических наук, доцент, зав. отделом механизации производства и разработки новых образцов техники ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», Россия, г. Симферополь, e-mail: sobolevskii-ivan@mail.ru.

Евгений Николаевич Турин – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, зав. лабораторией земледелия ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», Россия, г. Симферополь, e-mail: turin_e@niishk.ru.

Ильяс Идрисович Калафатов – инженер-конструктор отдела механизации производства и разработки новых образцов техники ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», Россия, г. Симферополь, e-mail: ikalafatov@mail.ru.

Дата поступления в редакцию 12.07.2021

Дата принятия к печати 05.08.2021

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Ivan V. Sobolevskiy, Candidate of Engineering Sciences, Docent, Head of the Dept. of Mechanization of Production and Development of New Models of Technology, Research Institute of Agriculture of Crimea, Russia, Simferopol, e-mail: sobolevskii-ivan@mail.ru.

Evgeniy N. Turin, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Head of the Soil Management Laboratory, Research Institute of Agriculture of Crimea, Russia, Simferopol, e-mail: turin_e@niishk.ru.

Ilyas I. Kalafatov, Design Engineer, the Dept. of Mechanization of Production and Development of New Types of Equipment, Research Institute of Agriculture of Crimea, Russia, Simferopol, e-mail: ikalafatov@mail.ru.

Received July 12, 2021

Accepted after revision August 05, 2021

ЭМПИРИЧЕСКАЯ ЗАВИСИМОСТЬ МАССЫ КОРНЕПЛОДА ОТ ОБОИХ ИНТЕРВАЛОВ В РЯДКЕ РАСТЕНИЙ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

Владимир Васильевич Василенко

Сергей Владимирович Василенко

Ким Рубенович Казаров

Виктор Васильевич Труфанов

Юрий Игоревич Солдатов

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Формирование корнеплода сахарной свеклы и, в частности, накопление его массы интересует очень многих исследователей. Рациональная масса корня обосновывается с разных точек зрения. Она влияет на урожайность, на содержание сахара, на потери и повреждения при уборке урожая, на соответствие технологическим требованиям при промышленной переработке. Масса корнеплода и число растений на гектаре определяют урожайность. Но поскольку эти два параметра обратно пропорциональны, то зависимость от них функция урожайности должна иметь максимум при определенных значениях. Число растений на гектаре зависит от интервалов между ними, а масса корнеплода зависит не только от размера площади питания, но и от места расположения растения на этой площади. В статье приводятся результаты измерения массы корнеплода при различных сочетаниях двух интервалов между ними в условиях двух различных по погоде сезонов вегетации. Предложена эмпирическая зависимость исследуемых показателей. Полученные эмпирические выражения для расчета относительной массы корнеплода в зависимости от обоих интервалов, отделяющих его от других растений в пунктирном рядке, адекватно отражают статистические данные массовых измерений в уборочный период двух неравнозначных по погодным условиям сроков вегетации и могут применяться для аргументированного выбора рациональной густоты насаждения сахарной свеклы с учетом долгосрочных прогнозов погодных условий. В благоприятных погодных условиях растения сахарной свеклы используют более обширную площадь питания, поэтому расчетная рациональная по урожайности густота насаждения должна быть занижена до значения 80 тыс. шт./га. В неблагоприятных условиях полная масса корнеплода накапливается на меньшей площади питания, и расчетная густота насаждения увеличивается до 110 тыс. шт./га.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: относительная масса корнеплода, густота насаждения, площадь питания, интервал между растениями, урожайность корнеплодов.

EMPIRICAL DEPENDENCE OF THE ROOT CROP WEIGHT ON BOTH INTERVALS OF THE DRILL ROW OF SUGAR BEET PLANTINGS

Vladimir V. Vasilenko

Sergey V. Vasilenko

Kim R. Kazarov

Viktor V. Trufanov

Yuriy I. Soldatov

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

The formation of the sugar beet root crop, and in particular, the accumulation of its mass, is of interest to many researchers. The rational mass of the root is justified from different points of view. It affects the yield, sugar content, losses and damages during harvesting, compliance with technological requirements during industrial processing. The mass of the root crop and the number of plants per hectare determine the yield. But since these two parameters are inversely proportional, the yield function dependent on them should have a maximum at certain values. The number of plants per hectare depends on the intervals between plantings, and the mass of the root crop depends not only on the size of the feeding area, but also on the location of the plant on this area. The article presents the results of measuring the mass of the root crop at different combinations of two intervals between them in two different weather growing seasons. The empirical dependence of the studied indicators is proposed. The obtained empirical expressions for calculating the relative weight of the root crop depending on

both intervals separating it from other plants in the single seed planting adequately reflect the statistical data of mass measurements during the harvesting period of two unequal weather conditions of the growing season and can be used for a well-founded choice of rational density of sugar beet plantings, taking into account long-term weather forecasts. In favorable weather conditions of the year, sugar beet plants use a more extensive area of nutrition, therefore, the estimated rational density of plantings in terms of yield should be diminished to the value of 80 thousand pcs/ha. Under unfavorable conditions, the total mass of the root crop accumulates on a smaller feeding area, and the estimated density of plantings increases to 110 thousand pcs/ha.

KEYWORDS: relative mass of the root crop, planting density, feeding area, interval between plantings, yield of root crop.

Введение

Технологии возделывания сахарной свеклы постоянно обновляются практически во всех полевых операциях [4, 5, 6]. Проверяются и уточняются сведения об оптимальной густоте насаждения, накапливается статистический материал достигнутой точности раскладки семян и влияния этого показателя на урожайность [1, 3]. Большую роль в разработке теории распределения семян при пунктирном высеве сыграл С.В. Кардашевский. Он ввел понятие инверсии семян и, как следствие, появление отрицательных интервалов между ними, предложил вероятностную методику расчета качественных показателей посева, классифицировал аппараты точного высева [7, 8, 9]. Наиболее точное размещение семян в борозде реализуют вертикально-дисковые аппараты с формированием упорядоченных очередей семян при заполнении ячеек [2]. Теоретически предсказаны условия падения семян в борозду, при которых не появляется инверсия с отрицательными интервалами [16], но для этого необходимо выровнять скорость выброса семян со скоростью движения сеялки, чтобы разница скоростей не превышала 0,5 м/с [15].

Что касается оптимальной густоты насаждения, то большинство исследователей, в том числе зарубежных, рекомендуют диапазон от 80 до 100 тысяч растений на гектар. Критерием оценки является урожайность и содержание сахара. Ширина диапазона объясняется приспособляемостью растений к различной плотности посадки, и редко конкретизируются условия, при которых рекомендация была бы более определенной. Известно, что урожайность – это произведение массы среднестатистического корнеплода на их количество, но эти параметры взаимно противоположны, поэтому где-то существует максимум. Рациональная масса корнеплода должна быть обоснована урожайностью, содержанием сахара, минимумом разброса размеров, потерями и повреждаемостью при уборке, соответствием требованиям технологии переработки [11, 12, 13, 14]. В процессе возделывания сахарной свеклы управлять размером и массой корнеплода можно не только увлажнением и подкормкой, но также размером и формой площади питания. Площадь питания определяется шириной междурядий и интервалом между растениями в рядке [10].

Материалы и методы

Исследование массы корнеплода проводилось по результатам сбора обширного статистического материала, проведенного в полевых условиях в течение двух уборочных сезонов. Один из вегетационных периодов был благоприятным по погодным условиям, а другой оказался менее благоприятным, свойственным зоне рискованного увлажнения. Чтобы данные были сопоставимы, массу корнеплода оценивали не в натуральных, а в относительных единицах измерения. В благоприятный год максимальная масса корнеплода, выросшего на свободе, без влияния соседних растений, была равна в среднем 820 г, что в условных единицах равнялось 1,0. В неблагоприятном году максимальная масса составила 570 г, она тоже была принята за 100%, или за 1,0. В стесненных условиях рядка относительная масса была, естественно, меньше. Таким образом, нам удалось ослабить влияние питательных веществ и увлажнения на искомую зависимость массы корнеплода от сочетания размеров обоих интервалов, отделяющих его от соседних растений.

В процессе измерений было замечено, что масса корнеплода увеличивается по мере увеличения интервалов между растениями до 50 см, а потом она остается постоянной. Метод составления статистических рядов измерений состоял в том, что в таблицах журнала наблюдений ячейки являлись классами статистических рядов измеряемых интервалов. В каждый класс записывались результаты взвешивания в граммах 40–50 корнеплодов. Линейка для измерения интервалов была размечена на классы размером 4 см, и классы пронумерованы. При обработке данных вычисляли среднюю массу корнеплода в каждом классе интервалов и пересчитывали ее в относительные единицы. По этим опытным данным строили двух- и трехмерные графики массы корнеплода, на которых были видны случайные отклонения, связанные с ошибками измерений, поэтому графики подвергались корректировке по принципу общей гармонии всего семейства кривых.

Расчеты и построение графиков выполнялись в операционных средах Mathcad 15 и КОМПАС-3D V 16. К скорректированным графикам подбирались эмпирические зависимости с такой точностью, чтобы в пределах интервалов между растениями от 8 до 50 см отклонение расчетных значений массы корнеплода от опытных данных не превышало 2%.

Результаты и их обсуждение

Статистические ряды интервалов между растениями и соответствующей массой корнеплода, полученные в результате обработки собранного материала, представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Зависимость массы корнеплода (г) от интервалов с обеих сторон растения (благоприятный для урожая год)

Интервалы x_1 , см	Интервалы x_2 , см									
	4–8	8–12	12–16	16–20	20–24	24–28	28–32	32–36	40–44	48–52
4–8	105									
8–12	136	181								
12–16	180	225	270							
16–20	222	265	304	349						
20–24	255	308	348	390	423					
24–28	291	335	380	420	460	502				
28–32	313	365	410	452	497	531	569			
32–36	345	395	438	481	522	560	600	633		
40–44	366	420	467	512	555	598	631	565	720	
48–52	410	468	513	556	600	640	680	714	775	820

Таблица 2. Зависимость массы корнеплода (г) от интервалов с обеих сторон растения (неблагоприятный для урожая год)

Интер-валы x_1 , см	Интервалы x_2 , см								
	2–6	6–10	10–14	14–18	18–22	22–26	30–34	38–42	48–52
2–6	70								
6–10	105	136							
10–14	133	166	192						
14–18	160	190	221	252					
18–22	180	216	250	288	318				
22–26	211	250	288	322	358	389			
30–34	250	288	323	358	390	419	461		
38–42	270	310	350	388	418	446	492	528	
48–52	288	329	369	409	436	468	517	550	568

При неравенстве двух интервалов не имеет значения, какой из них обозначен x_1 , а какой x_2 , по какую бы сторону от растения они не находились, масса корнеплода остается одинаковой. Поэтому обе таблицы симметричны относительно диагонали, и цифры поставлены только в одной половине. По диагонали таблицы классы равных интервалов, поэтому в этих классах максимальные массы корнеплода по тем площадям питания, у которых размеры одинаковые, а форма асимметричная. Сопоставляя данные обеих таблиц, можно заметить существенную разницу из-за различия погодных условий в течение двух вегетационных периодов, поэтому единого математического выражения искомой зависимости быть не может. Если выразить массу корнеплода в относительных единицах, то разница по годам заметно уменьшается, но расчетные выражения все равно должны быть различными. Числовым методом подбора эмпирического выражения в операционной среде Mathcad получено выражение для благоприятного года, которое с погрешностью не более 2% отображает данные таблицы 1:

$$F(x_1, x_2) = 0,5(0,984 + 0,05x_1^{-0,2} - e^{-9x_1^{1,8}}) + 0,5(0,984 + 0,05x_2^{-0,2} - e^{-9x_2^{1,8}}), \quad (1)$$

где $F(x_1, x_2)$ – относительная масса корнеплода;

x_1, x_2 – интервалы с обеих сторон растения, м.

Выражение (1) является двухфакторной зависимостью, график которой представляет собой поверхность, возрастающую по мере увеличения обоих аргументов (рис. 1).

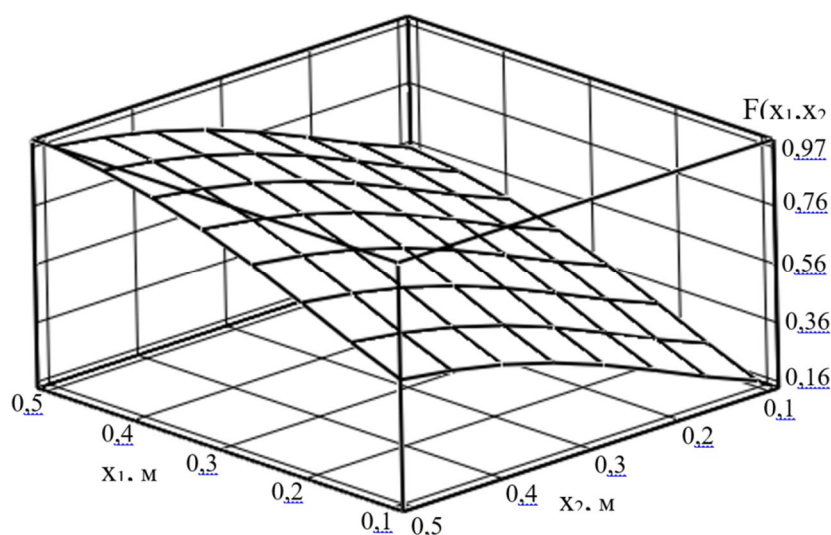


Рис. 1. График зависимости относительной массы корнеплода от обоих прилегающих интервалов в рядке растений (год благоприятный)

График симметричен относительно вертикальной секущей плоскости, проходящей по линии $x_1 = x_2$. След пересечения этой плоскости с поверхностью отклика является наиболее возвышающейся кривой, которая может быть построена тоже по уравнению (1), которое в данном случае упрощается, так как $x_1 = x_2 = x$:

$$F(x) = 0,984 + 0,05x^{-0,2} - e^{-9x^{1,8}}. \quad (2)$$

Для условий неблагоприятного года получены другие эмпирические уравнения:

$$F(x_1, x_2) = 0,5(0,935 + 0,04x_1^{-0,2} - e^{-12x_1^{1,6}}) + 0,5(0,935 + 0,04x_2^{-0,2} - e^{-12x_2^{1,6}}), \quad (3)$$

$$F(x) = 0,935 + 0,04x^{-0,2} - e^{-12x^{1,6}}. \quad (4)$$

Для более наглядного анализа полученных эмпирических выражений представим графически сечения двух поверхностей отклика вертикальными плоскостями, у которых один из интервалов (x_1) изменчив, а другой (x_2) остается постоянным. Такие графики называются графиками с мечеными кривыми (рис. 2).

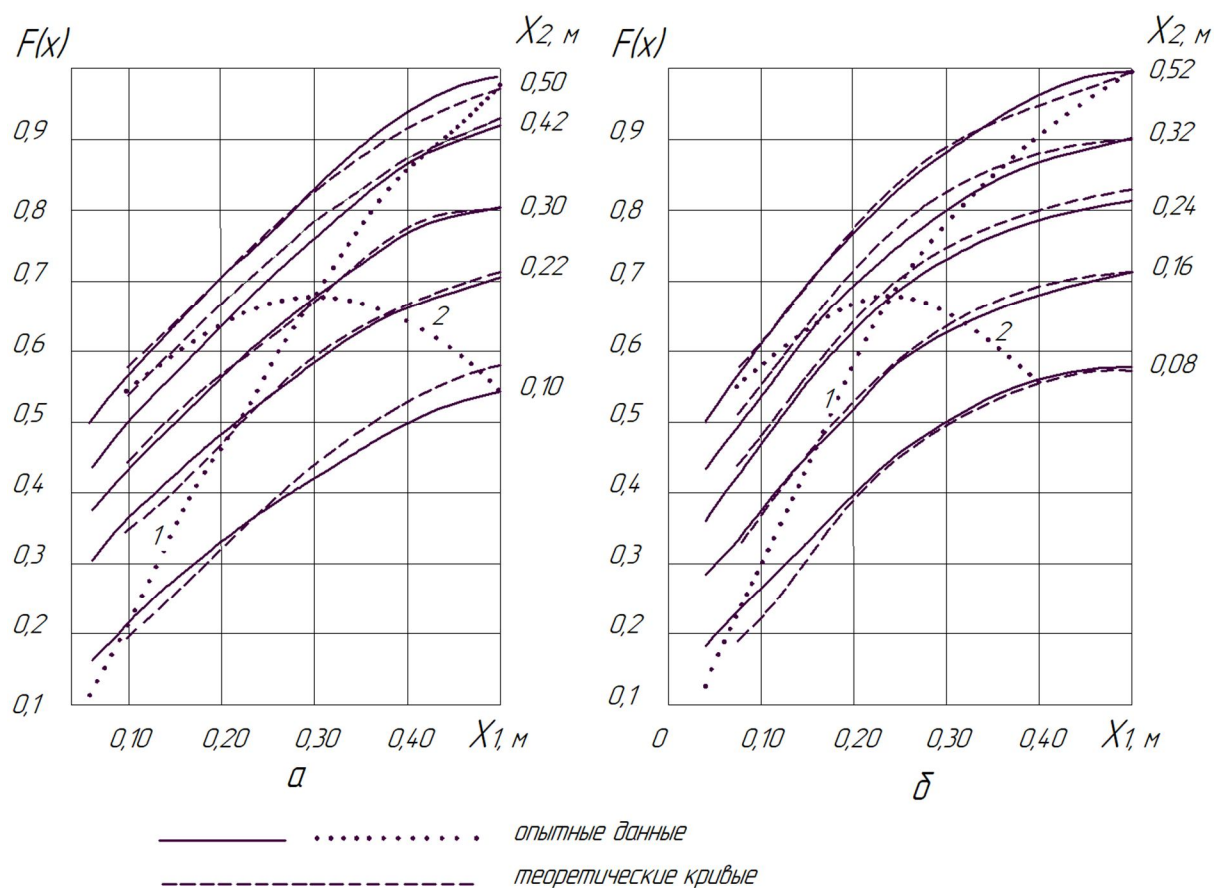


Рис. 2. Влияние прилегающих к растению интервалов x_1 и x_2 на относительную массу корнеплода в благоприятном (а) и неблагоприятном (б) годах

На этих графиках масса корнеплода выражена в относительных единицах по отношению к максимально возможной, выросшей без влияния соседних растений. Различие этих двух графиков гораздо меньше, чем различие таблиц 1 и 2, в которых масса корнеплода выражена в натуральных единицах. По характеру кривых можно заметить, что в неблагоприятных условиях они быстрее приближаются к своему асимптотическому пределу, равному единице. Например, при интервалах $x_1 = 0,24$ м и $x_2 = 0,30$ м ослабленные растения уже показывают относительную массу 0,75, тогда как более сильные растения пока набрали 0,62 от своего максимума и больше нуждаются в увеличенных интервалах. На этих графиках точечные кривые 1 относятся к корнеплодам с равными интервалами – выражения (2) и (4). Насколько это лучше, чем при той же сумме обоих интервалов (они будут разными), показывают кривые 2. Чем больше разница интервалов, тем мельче корнеплод.

Полученные выражения дают возможность аргументированно предложить рациональную густоту насаждения в предполагаемых прогнозах погодных условий периода вегетации сахарной свеклы. Оказывается, рациональная густота неодинакова. Докажем это, исследуя вспомогательную функцию

$$g(x) = \frac{F(x)}{x}, \quad (5)$$

где $g(x)$ – вспомогательная функция, м^{-1} ;

$F(x)$ – относительная масса корнеплода;

x – интервал между растениями в ряду при регулярном распределении, м.

При том условии, что междурядье всегда одинаковое, выражение (5) показывает отношение массы корнеплода (пусть даже в относительных единицах) к занимаемой площади питания. Очевидно, что оптимальное значение интервала x будет то, при котором вспомогательная функция покажет свой максимум. На рисунке 3 показаны графики функции (5) для благоприятных и неблагоприятных условий вегетационного периода.

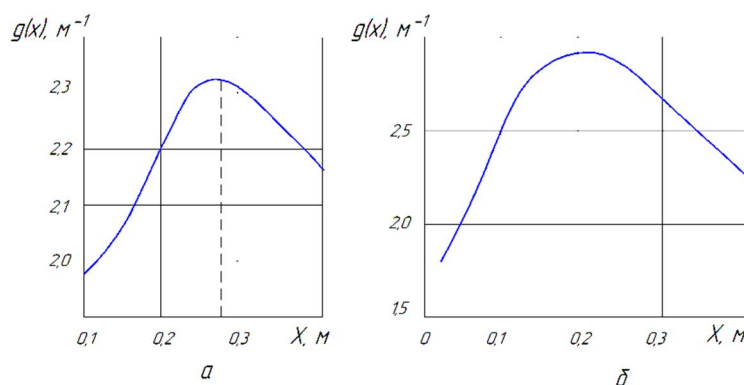


Рис. 3. Вспомогательная функция для определения оптимального интервала в благоприятном (а) и неблагоприятном (б) годах

В условиях благоприятного года максимум функции наблюдается при $x = 0,28$ м. Это означает, что если все интервалы на поле окажутся равными 0,28 м, то урожайность будет максимальной, при этом оптимальная густота насаждения вычисляется по выражению

$$N = \frac{10^4}{xb}, \quad (6)$$

где N – густота насаждения, шт./га;

x – интервал между растениями к моменту уборки, м;

b – ширина междурядий, м.

Оказалось, что в благоприятном году следует формировать густоту 79–80 тыс. шт./га, а в неблагоприятном при оптимальном интервале 0,20 м густота должна быть увеличена до 111–112 тыс. шт./га.

Выводы

1. Полученные эмпирические выражения для расчета относительной массы корнеплода в зависимости от обоих интервалов, отделяющих его от других растений в пунктирном рядке, адекватно отражают статистические данные массовых измерений в уборочный период двух неравнозначных по погодным условиям сроков вегетации и могут применяться для аргументированного выбора рациональной густоты насаждения сахарной свеклы с учетом долгосрочных прогнозов погодных условий.

2. В условиях благоприятного по погодным условиям года растения сахарной свеклы используют более обширную площадь питания, поэтому расчетная рациональная по урожайности густота насаждения должна быть занижена до значения 80 тыс. шт./га. В неблагоприятных условиях полная масса корнеплода накапливается на меньшей площади питания, и расчетная густота насаждения увеличивается до 110 тыс. шт./га.

Библиографический список

1. Василенко В.В. Оценка точности пунктирного высева / В.В. Василенко // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1974. – № 9. – С. 38–39.
2. Василенко С.В. Совершенствуем высевающий диск / С.В. Василенко // Сахарная свекла. – 1999. – № 2. – С. 19.
3. Василенко С.В. Влияние размещения растений в рядке на урожайность сахарной свеклы / С.В. Василенко // Совершенствование технологий и технических средств производства продукции растениеводства и животноводства : сборник научных трудов. – Воронеж : ВСХИ, 1998. – С. 24–29.

4. Гуреев И.И. Обновленная технология возделывания сахарной свеклы / И.И. Гуреев, А.В. Агибалов // Земледелие. – 1997. – № 3. – С. 26.
5. Гуреев И.И. Производство сахарной свеклы без затрат ручного труда / И.И. Гуреев, А.В. Агибалов // Сахарная свекла. – 2002. – № 5. – С. 6.
6. Зазуля А.Н. Энергосберегающая технология возделывания сахарной свеклы / А.Н. Зазуля, А.В. Балашов, В.П. Белогорский // Наука в центральной России. – 2015. – № 3 (15). – С. 117–126.
7. Кардашевский С.В. О точном высеве семян кукурузы / С.В. Кардашевский // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1961. – № 2. – С. 16–19.
8. Кардашевский С.В. Высевающие устройства посевных машин / С.В. Кардашевский. – Москва : Машиностроение, 1973. – 173 с.
9. Кардашевский С.В. Методика оценки качества распределения семян при однозерновом посеве с учетом отрицательных интервалов / С.В. Кардашевский. – Москва : ВИСХОМ, 1963. – 32 с.
10. Никитин А.Ф. Ширина междурядий и продуктивность корнеплодов / А.Ф. Никитин, А.М. Парфенов // Сахарная свекла. – 2008. – № 10. – С. 30–32.
11. Никитин А.Ф. Размеры и масса корнеплода сахарной свеклы / А.Ф. Никитин // Сахарная свекла. – 2004. – № 8. – С. 11.
12. Никитин А.Ф. Размеры корнеплодов и содержание в них сахара в зависимости от разных способов основной обработки почвы и условий вегетации / А.Ф. Никитин // Сахар. – 2019. – № 2. – С. 34–37.
13. Никитин А.Ф. Размеры корнеплодов и содержание сахара / А.Ф. Никитин // Сахарная свекла. – 2008. – № 5. – С. 46–48.
14. Определение и расчет математической модели формы корнеплодов у различных селекционных номеров / А.В. Корниенко, А.Ф. Никитин, О.И. Стогниенко, А.М. Парфенов, В.А. Сухоруких, Р.В. Бердников, Е.В. Гончаров, Ю.Н. Мельников // Сахарная свекла. – 2008. – № 8. – С. 26–28.
15. Павлов В.К. Исследование движения семян в сошнике и борозде применительно к скоростным сеялкам точного посева : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / В.К. Павлов. – Воронеж, 1971. – 29 с.
16. Хангильдин Э.В. Вероятностные модели расположения семян и растений в рядке / Э.В. Хангильдин // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1978. – № 5. – С. 32–33.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Владимир Васильевич Василенко – доктор технических наук, профессор кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: vladva.vasilenko@yandex.ru.

Сергей Владимирович Василенко – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной механики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: tuli-fruli@mail.ru.

Ким Рубенович Казаров – доктор технических наук, профессор кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: smachin@agroeng.vsau.ru.

Виктор Васильевич Труфанов – доктор технических наук, профессор кафедры технологического оборудования, процессов перерабатывающих производств, механизации сельского хозяйства и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: bgd@agroeng.vsau.ru.

Юрий Игоревич Солдатов – аспирант кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: general-soldatov@mail.ru.

Дата поступления в редакцию 22.08.2021

Дата принятия к печати 28.09.2021

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Vladimir V. Vasilenko, Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: vladva.vasilenko@yandex.ru.

Sergey V. Vasilenko, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Applied Mechanics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: tuli-fruli@mail.ru.

Kim R. Kazarov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: smachin@agroeng.vsau.ru.

Viktor V. Trufanov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Technological Equipment, Processing Plants' Processes, Agricultural Engineering, Health and Safety, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: bgd@agroeng.vsau.ru.

Yuriy I. Soldatov, Postgraduate Student, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: general-soldatov@mail.ru.

Received August 22, 2021

Accepted after revision September 28, 2021

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Сергей Юрьевич Саблин¹
Алексей Васильевич Скрыпников¹
Ирина Алевтиновна Высоцкая²
Андрей Николаевич Брюховецкий³
Петр Викторович Тихомиров⁴

¹Воронежский государственный университет инженерных технологий

²Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
Министерства обороны Российской Федерации

³Луганский государственный аграрный университет

⁴Брянский государственный инженерно-технологический университет

Дорожные сети аграрных территорий относятся к одним из самых трудноизменяемых элементов сельскохозяйственной транспортной инфраструктуры, поскольку представляют собой сложные физические объекты. Любые изменения структуры дорожной сети требуют обоснования ожидаемых результатов, в том числе с позиций количественной и качественной оценки эффективности. Скорость движения автомобиля является одной из важных характеристик, посредством которой можно оценить степень влияния параметров автомобильной дороги на экономические показатели ее эксплуатации, в том числе на пропускную способность и интенсивность движения. Предложена и обоснована методика проведения экспериментального исследования при условии обеспечения необходимой точности измерений по определению скорости движения автомобиля в зависимости от ширины проезжей части, интенсивности движения, состава потока движения и характеристик продольного профиля на примере асфальтобетонной автомобильной дороги сельскохозяйственного назначения с пересеченным рельефом местности. Представленная методика проведения экспериментов предполагает накопление и обработку значительного объема информации при условии обеспечения необходимой точности. Материал, собранный в процессе измерения скоростей автомобилей в различных дорожных условиях, систематизируется по выборкам с целью определения характера влияния дорожных условий на скорость автомобильного потока. Системные обработка, анализ и обобщение результатов полученных измерений по основным скоростным группам и типам автомобилей в различных дорожных условиях позволили оценить характер их влияния на скорость автомобильного потока. На основании результатов проведенных исследований сделан вывод о необходимости автоматизации процессов регулирования скоростей автомобилей и применения вспомогательных приборов и устройств для обработки экспериментальных данных.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: экспериментальные исследования; скорость движения; автомобильная дорога, методика, интенсивность, пропускная способность.

METHODOLOGY FOR EXPERIMENTAL STUDIES OF RURAL AUTOMOBILE ROAD FUNCTIONING

Sergey Yu. Sablin¹
Aleksey V. Skrypnikov¹
Irina A. Vysotskaya²
Andrey N. Bryukhovetskiy³
Petr V. Tikhomirov⁴

¹Voronezh State University of Engineering Technologies

²Military Educational and Scientific Center of the Air Force N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin
Air force Academy (Voronezh) the Ministry of Defence of the Russian Federation

³Luhansk State Agrarian University

⁴Bryansk State University of Engineering and Technology

Road networks of agricultural territories are one of the most hard-to-change elements of agricultural transport infrastructure, since they are complex physical objects. Any changes in the structure of the road network require justification of the expected results, including from the standpoint of quantitative and qualitative assessment of the efficiency. The speed of the car is one of the important characteristics by which it is possible to assess the degree of influence of the parameters of the road on the economic indicators of its operation, including the capacity and traffic intensity. A method of conducting an experimental study is proposed and justified, provided that the necessary accuracy of measurements is supported to determine the speed of a car depending on the surfaced width of the road, traffic intensity, traffic flow composition and longitudinal profile characteristics on the example of bituminous-concrete rural automobile road with rugged topography. The presented method of conducting experiments involves the accumulation and processing of a significant amount of information, provided that the necessary accuracy is ensured. The material collected in the process of measuring the speed of cars in various road conditions is systematized by samples in order to determine the nature of the influence of road conditions on the speed of automobile traffic. System processing, analysis and generalization of the results of the measurements obtained for the main speed groups and types of cars in various road conditions allowed assessing the nature of their influence on the speed of the traffic flow. Based on the results of the conducted studies, it is concluded that it is necessary to automate the processes of regulating the speed of cars and the use of auxiliary devices and devices for processing experimental data.

KEYWORDS: experimental studies, road speed, automobile road, methodology, intensity, traffic capacity.

В 2019 г. Постановлением Правительства Российской Федерации была утверждена государственная программа «Комплексное развитие сельских территорий» на 2020–2025 гг., один из проектов которой («Развитие транспортной инфраструктуры на сельских территориях») нацелен на обеспечение ввода в эксплуатацию в 2020–2025 годах не менее 2,58 тыс. км автодорог общего пользования с твердым покрытием, ведущих от сети трасс общего пользования к общественно значимым объектам сельских населенных пунктов, объектам производства и переработки [5].

Дорожные сети аграрных территорий относятся к одним из самых дорогих и трудноизменяемых элементов сельскохозяйственной транспортной инфраструктуры, поскольку представляют собой сложные физические объекты. Любые изменения их структуры требуют обоснования ожидаемых результатов, в том числе с позиций количественной и качественной оценки эффективности.

В работе проведено обоснование методики экспериментальных исследований для оценки показателей эффективности функционирования автомобильной дороги сельскохозяйственного назначения в зависимости от условий движения в целях моделирования транспортного потока и построения в дальнейшем систем его управления [9].

Задачей представленных исследований является определение характера зависимости скорости автомобильного потока от его состава, интенсивности движения, ширины проезжей части и характера продольного профиля участка дороги.

Выбрать необходимое количество участков дорог с требуемыми параметрами для проведения эксперимента представляется затруднительным, поскольку эти участки должны варьироваться по нескольким признакам и одновременно отвечать ряду требований с целью компенсации посторонних влияний. Поэтому экспериментальная работа была разделена на два самостоятельных направления, в результате осуществления которых должна быть получена общая закономерность.

Первое направление обуславливается необходимостью определения зависимости скорости движения автомобиля от ширины проезжей части, интенсивности и состава потока движения, второе – от характеристик продольного профиля автомобильной дороги [8].

Измерение скоростей автомобилей с целью определения зависимости от ширины проезжей части, интенсивности движения и состава потоков производилось на специально выбранных участках автомобильных дорог [2, 4].

Для исключения посторонних воздействий на режим движения выбирались участки дорог, не имеющие продольных уклонов, горизонтальных кривых, съездов, переездов, близко расположенных сооружений и других факторов, вызывающих снижение скорости.

Длина экспериментальных участков, отвечающих указанным требованиям, назначалась около 500 м в обе стороны от места установки регистрирующего прибора [4].

За единицу наблюдения принят час с определенной интенсивностью движения. Необходимое количество часов наблюдения для каждой ширины проезжей части определялось по формуле [4]

$$n = \frac{t^2 \sigma^2}{\Delta^2}, \quad (1)$$

где t – функция доверительной вероятности;

σ – среднее квадратическое отклонение, определяющееся из предварительных наблюдений;

Δ – необходимая точность наблюдения.

При доверительной вероятности, равной 0,95, и $t = 2$, точность наблюдений принимается $< 0,05$, т.е. ~ 2 км/ч [4].

По предварительным наблюдениям и по результатам исследований авторов работ [2, 4] среднее квадратическое отклонение может быть приближенно принято близким к параметрам нормального распределения

$$\sigma = \frac{R}{6}, \quad (2)$$

где R – размах значений выборки.

Размах выборки средних скоростей не превышал 20 км/час. Таким образом, можно принять $\sigma = 4$ км/ч. Тогда, используя формулу (1), получаем $n = 16$ часов.

Общее количество часов наблюдений и охваченные при этом диапазоны интенсивности движения отражены на рисунке 1, где N_u – интенсивность движения, t – количество часов наблюдения (рис. 1).

Общее количество автомобилей составило 3175, а количество часов наблюдения – 60.

По причине определенных трудностей, встречающихся при выборе участков дорог с различной шириной проезжей части и с сопоставимыми значениями интенсивности движения, совокупность экспериментальных данных характеризовалась различием средних уровней интенсивности движения для данных, относящихся к различным по ширине проезжим частям. Это обстоятельство учитывалось при обработке и анализе экспериментальных данных.

Формирование выборки для определения зависимости снижения средних скоростей автомобилей от распределения предельных продольных уклонов характеризуется необходимостью включения в исследование достаточного количества участков дороги требуемого диапазона длины со сложным продольным профилем.

Для наблюдений были выбраны участки дорог, характерные для районов с пересеченным рельефом местности. Для выявления влияния только характеристик продольного профиля к экспериментальным участкам предъявлялись определенные требования: в пределах выбранных участков не должно быть съездов, пересечений в одном уровне, кривых малых радиусов и знаков, ограничивающих скорость движения.

Покрытие всех участков – асфальтобетонное, в хорошем состоянии. Распределение уклонов экспериментальных участков приведено на рисунке 2.

Исследование распределений проектных продольных уклонов автомобильных сельскохозяйственных дорог различных технических категорий, изменение характера распределения в зависимости от сложности рельефа местности дает основание принять в качестве средних статистических характеристик продольного профиля среднее значение распределения продольных уклонов $\bar{t}$ и среднее квадратическое отклонение уклонов σ_i .

Так как цель эксперимента определяет методику его проведения, то в данном случае должны быть зарегистрированы скорости автомобилей при свободном движении на створах дороги, имеющих определенные значения продольных уклонов, т. е. записаны эпюры скоростей при известном продольном профиле, чтобы в процессе обработки результатов сопоставлять распределение скоростей и распределение продольных уклонов.

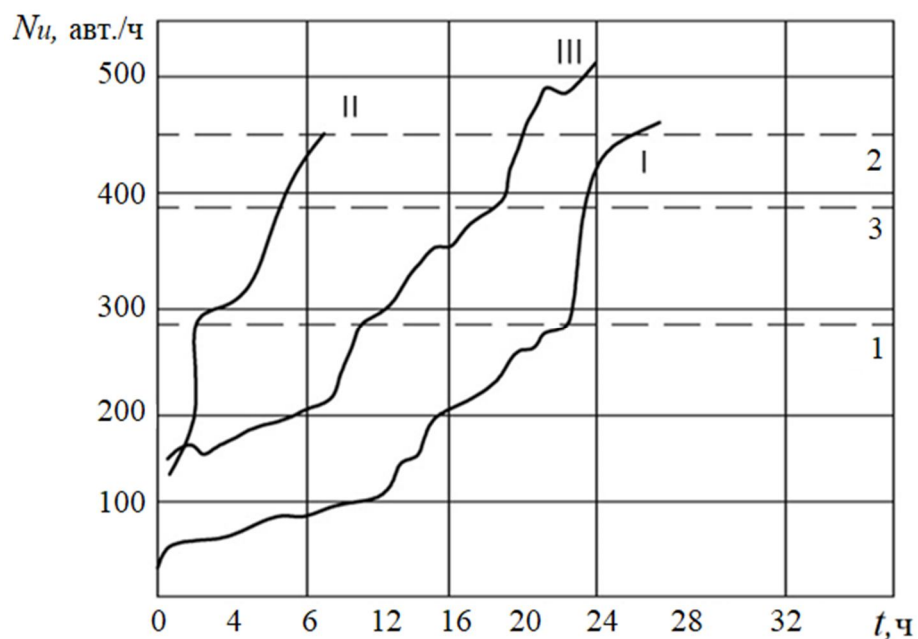


Рис. 1. Диапазоны и охваченные экспериментом средние уровни интенсивности движения: тип проезжей части шириной: I – 4,5 м; II – 6 м; III – 7,5 м; средний уровень интенсивности движения, относящийся к типу проезжей части: 1 – к I, 2 – к II, 3 – к III

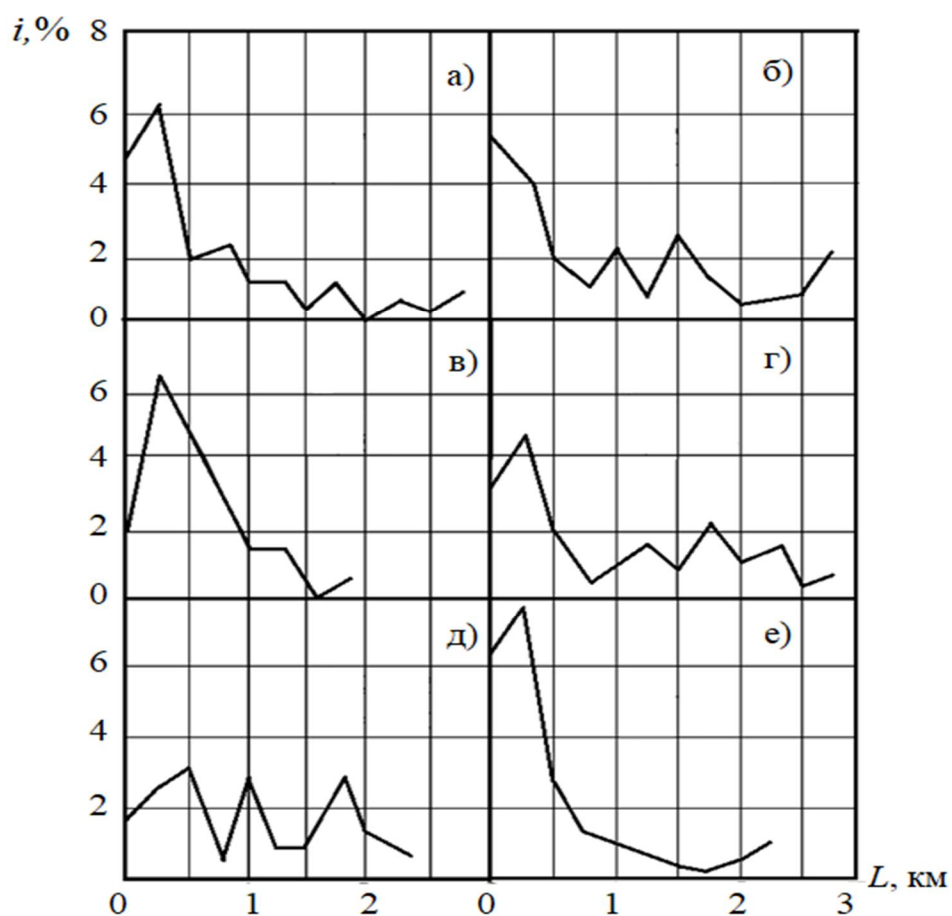


Рис. 2. Распределение уклонов экспериментальных участков автомобильных дорог:
 а) $\bar{i} = 14,79\%$, $\sigma_i = 14,30\%$; б) $\bar{i} = 20,56\%$, $\sigma_i = 17,50\%$; в) $\bar{i} = 13,21\%$, $\sigma_i = 8,25\%$;
 г) $\bar{i} = 21,87\%$, $\sigma_i = 16,70\%$; д) $\bar{i} = 23,72\%$, $\sigma_i = 18,10\%$; е) $\bar{i} = 9,87\%$, $\sigma_i = 10,10\%$

Одним из методов, позволяющих получить распределение скоростей автомобилей по длине дороге, является метод «следования за лидером», предполагающий проезды автомобиля-лаборатории за проходящими по участку автомобилями.

Важным моментом является определение минимально необходимой длины экспериментального участка. Пробные проезды показали, что размах значений скоростей достигает 40–60 км/час.

Среднее квадратическое отклонение получено приближенно по формуле (2): $\sigma = 8,4$ км/ч.

Для доверительной вероятности 0,95 и точности измерения 0,05 в соответствии с формулой (1) $n = 31$.

То есть, если за длину совокупности принимается 1 пикет продольного профиля, необходимая длина участка равна 3,1 км.

Далее определяется количество экспериментальных проездов по каждому участку. Размах значений средних скоростей равен 30–45 км/ч. Отсюда по формулам (1) и (2) $\sigma = 6,5$ км/ч, $n = 18$.

Одновременно при выборочных проездах регистрировались средние скорости всех без исключения проходящих автомобилей при помощи засечек времени прохождения створов.

Экспериментальные проезды производились при интенсивности движения до 17 авт./час, что соответствует свободным условиям движения [3, 6, 10].

Выбор автомобилей для исследования изменений скоростей на участке определялся необходимостью внесения в выборку основных скоростных групп. Скоростные группы включали следующие типы автомобилей:

- 1) легковые, микроавтобусы;
- 2) грузовые легковые, средние и автобусы;
- 3) грузовые тяжелые, средние с прицепами.

На каждом из участков обследовалось равное количество представителей разных скоростных групп [1, 7].

Представленная методика проведения экспериментов предполагает накопление и обработку значительного объема информации при условии обеспечения необходимой точности. Материал, собранный в процессе измерения скоростей автомобилей в различных дорожных условиях, систематизируется по выборкам с целью определения характера влияния дорожных условий на скорость автомобильного потока.

Системная обработка, анализ и обобщение результатов полученных измерений по основным скоростным группам и типам автомобилей в различных дорожных условиях позволили оценить характер их влияния на скорость автомобильного потока.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о необходимости автоматизации процессов регулирования скоростей автомобилей и применения вспомогательных приборов и устройств для обработки экспериментальных данных.

Библиографический список

1. Исследование технологии экспертной оценки качества информационного обеспечения автомобильного транспорта / А.В. Скрыпников, Е.В. Чернышова, Е.В. Быстрынцев, В.С. Логойда // Автоматизация. Современные технологии. – 2017. – Т. 71, № 9. – С. 429–432.
2. Математическое моделирование оптимизации и управления транспортным потоком посредством применения датчиков регистрации проходящих автомобилей и информационных устройств / А.В. Скрыпников, Д.В. Бурмистров, В.Г. Козлов, Е.В. Чернышов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2016. – № 2 (68). – С. 102–109.

3. Методы нелинейного программирования, используемые при проектировании трассы / А.В. Скрыпников, Е.В. Чернышова, В.В. Самцов, М.А. Абасов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2018. – № 225. – С. 131–143.
4. Модель режимов движения транспортных потоков на лесовозных автомобильных дорогах / В.К. Курьянов, А.В. Скрыпников, Е.В. Кондрашова, В.А. Морковин // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2014. – № 2 (338). – С. 61–67.
5. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Комплексное развитие сельских территорий» и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации (с изменениями и дополнениями) : Постановление Правительства Российской Федерации от 31 мая 2019 г. № 696 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/72260516/#friends> (дата обращения: 17.04.2021).
6. Рабочая гипотеза ритмичного строительства лесовозных автомобильных дорог и ее экономико-математическое развитие / Д.В. Бурмистров, А.В. Скрыпников, В.Г. Козлов и др. // Лесной вестник. – 2018. – Т. 22, № 5. – С. 69–76.
7. Расчет плановых элементов клотоидной трассы, подобранной на стереомодели местности / М.М. Умаров, А.В. Скрыпников, Д.В. Ломакин, Е.Ю. Микова // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2018. – № 4 (364). – С. 97–106.
8. Смирнов Г.А. Теория движения колесных машин / Г.А. Смирнов. – 2-е изд., доп. и перераб. – Москва : Машиностроение, 1990. – 352 с.
9. Тарасик В.П. Математическое моделирование технических систем : учебник / В.П. Тарасик. – 2-е изд., испр. и доп. – Минск : Дизайн ПРО, 1997. – 640 с.
10. Phillips W.S. A kinetic model for traffic flow with continuum implications / W.S. Phillips // Transportation Planning and Technology. – 1979. – Vol. 5 (3). – Pp. 131–158.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Сергей Юрьевич Саблин – аспирант кафедры информационной безопасности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», Россия, г. Воронеж, e-mail: sablinSYu@mail.ru.

Алексей Васильевич Скрыпников – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой информационной безопасности, декан факультета управления и информатики в технических системах ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», Россия, г. Воронеж, e-mail: skrypnikovvsafe@mail.ru.

Ирина Алевтиновна Высоцкая – кандидат физико-математических наук, преподаватель кафедры математики ФГКВУ ВО «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж) Министерства обороны Российской Федерации, Россия, г. Воронеж, e-mail: i.a.trishina@gmail.com.

Андрей Николаевич Брюховецкий – кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой тракторов и автомобилей, проректор по учебной работе ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный аграрный университет», ЛНР, г. Луганск, e-mail: bruhoveckiy@rambler.ru.

Петр Викторович Тихомиров – кандидат технических наук, доцент кафедры транспортно-технологических машин и сервиса ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Россия, г. Брянск, e-mail: vtichomirov@mail.ru.

Дата поступления в редакцию 22.08.2021

Дата принятия к печати 28.09.2021

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Sergey Yu. Sablin, Postgraduate Student, the Dept. of Information Security, Voronezh State University of Engineering Technologies, Russia, Voronezh, e-mail: sablinSYu@mail.ru.

Aleksey V. Skrypnikov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Dept. of Information Security, Dean of the Faculty of Management and Informatics in Technological Systems, Voronezh State University of Engineering Technologies, Russia, Voronezh, e-mail: skrypnikovvsafe@mail.ru.

Andrey N. Bryukhovetskiy, Candidate of Engineering Sciences, Docent, Head of the Dept. of Tractors and Automobiles, Vice Rector for Academic Work, Lugansk State Agrarian University, Lugansk People's Republic, Lugansk, e-mail: bruhoveckiy@rambler.ru.

Irina A. Vysotskaya, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Lecturer, the Dept. of Mathematics, Military Educational and Scientific Center of the Air Force N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air force Academy (Voronezh) the Ministry of Defence of the Russian Federation, Russia, Voronezh, e-mail: i.a.trishina@gmail.com.

Petr V. Tikhomirov, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Transport and Technological Machinery and Service, Bryansk State Engineering and Technological University, Russia, Bryansk, e-mail: vtichomirov@mail.ru.

Received August 22, 2021

Accepted after revision September 28, 2021

ТЕРМИЧЕСКАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ МИКРОКЛИМАТА В КАБИНЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО МОБИЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА

Андрей Викторович Ворохобин¹
Игорь Борисович Журавец¹
Светлана Зиновьевна Манойлина¹
Евгений Дмитриевич Золотых²

¹Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

²Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
Министерства обороны Российской Федерации

Проблема стабилизации температурных параметров на рабочем месте оператора мобильного энергетического средства очень актуальна, так как тепловые, радиационные и инсоляционные воздействия отрицательно влияют на его организм. Установлено, что конструкции современных мобильных энергетических средств имеют очень ограниченные возможности по защите от вредного излучения. Создание безопасных и комфортных условий работы оператора мобильного энергетического средства должно идти по пути снижения негативного воздействия как чисто природных, так и производственных факторов. Одним из таких факторов является избыток тепловых воздействий, возникающих от инсоляции, машинных тепловыделений и замкнутости ограниченного объема кабин. Исследования греющих инсоляционных и конвективных тепловых потоков внутри кабины мобильного энергетического средства дают возможность оценить экономические потери холода во внешнюю среду. Предлагается схема конкретного технического устройства регулирования теплового воздействия на оператора с применением электронных средств восприятия, обработки, подачи информации для последующего воздействия на регулирующие объекты. Подробно описана электронная схема регулирования теплового воздействия на оператора в кабине энергетического средства. Отмечено, что для нормализации микроклимата в кабине и ограничения теплового воздействия необходимо обеспечить сбор и обработку информации как о самом объекте, так и о среде его применения. Технические предпосылки, представленные авторами, дают возможность дальнейшего развития энергетических и экологических средств и методов нормализации микроклимата, а предложенная электронная логическая схема восприятия и обработки информации может быть органически встроена в математическую модель, адекватно описывающую всю энергетику взаимодействия кабины мобильного энергетического средства как физического тела с различными источниками излучения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: излучение, тепловое воздействие, мобильное энергетическое средство, микроклимат, регулирование.

THERMAL STABILIZATION OF THE MICROCLIMATE IN THE CABIN OF MOBILE ENERGY MACHINERY USED IN AGRICULTURE

Andrey V. Vorokhobin¹
Igor B. Zhuravets¹
Svetlana Z. Manolina¹
Evgeniy D. Zolotykh²

¹Voronezh State Agrarian University after Emperor Peter the Great

²Military Educational and Scientific Centre of the Air Force N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin
Air Force Academy (Voronezh) the Ministry of Defence of the Russian Federation

The problem of stabilization of temperature parameters at the workplace of the operator of mobile energy machinery is relevant, since thermal, radiation and insolation impacts negatively affect his body. It has been established that the design of modern mobile energy devices have very limited capabilities from the point of view of protection against harmful radiation. The creation of safe and comfortable working conditions for the operator of mobile energy machinery should follow the path of reducing the negative impact of both natural and industrial factors. One of such factors is the excess of thermal effects arising from insolation, machine heat emissions and the enclosed limited

volume of cabins. Studies of heating insulation and convective heat flows inside the cabin of a mobile energy vehicle make it possible to assess the economic losses of cold in the external environment. The scheme of a specific technical device for regulating the thermal effect on the operator with the use of electronic means of perception, processing, and providing information for subsequent exposure to regulatory objects is proposed. An electronic scheme for regulating the thermal effect on the operator in the cabin of an energy vehicle is described in detail. It is noted that in order to normalize the microclimate in the cabin and limit the thermal impact, it is necessary to collect and process information about both the object itself and the environment of its application. Technical prerequisites presented by the authors make it possible to further develop energy and environmental means and methods of normalizing the microclimate. The proposed electronic logic scheme of perception and processing of information can be organically integrated into a mathematical model that adequately describes the entire energy interaction of the cabin of a mobile energy device as a physical body with various radiation sources.

KEYWORDS: radiation, thermal effect, mobile energy machinery, microclimate, regulation.

Введение
В настоящее время в сельскохозяйственном производстве эксплуатируется большая номенклатура мобильных энергетических средств (МЭС). Все они имеют системы управления разного уровня. В одних больше функций возлагается на оператора, в других – на электронику. Необходимо отметить, что сравнение функциональных способностей человека и электронного управляющего устройства пока еще не отдает абсолютного предпочтения последнему. Достаточно часто возникают ситуации, когда электронное управляющее устройство просто останавливается и ждет специальной команды от оператора [3].

Подавляющее большинство блоков сбора информации и выработки управляющих сигналов требует применения материалов, которые приводят к высокой экологической напряженности. Это относится, например, к литиевым аккумуляторам. Поэтому возникает противоречие между необходимостью применения электронных управляющих устройств и усиливающейся от их использования экологической напряженности.

Кабина современного мобильного энергетического средства оснащена большим набором электронных устройств, которые могут оказывать на оператора тепловые, радиационные и инсоляционные воздействия. Нейтрализация таких воздействий крайне актуальна, когда в кабине МЭС работает оператор, а также, по мнению авторов [3], необходима, когда в кабине устанавливаются электронно-управляющие устройства.

Несмотря на значительные усилия конструкторов и производителей сельскохозяйственной техники по созданию безопасных и комфортных условий работы оператора МЭС, остается еще достаточно вопросов, сопряженных с негативным воздействием как чисто природных, так и производственных факторов. Одним из таких факторов является избыток тепловых воздействий, возникающих от инсоляции, машинных тепловыделений и замкнутости ограниченного объема кабин. Избыток тепловыделений перенапрягает терморегулирующие способности человека, вызывая нарушение основных физиологических функций: сердечного ритма, артериального давления, потоотделения и т. д. [2, 8, 9, 10]. Кроме того, инсоляционные потоки деформируют зрительные нервы, заметно изматывая нервную систему, провоцируют развитие онкологических осложнений.

Таким образом, необходимо отметить, что в конструкциях современных МЭС наблюдается ограниченность и недостаточность электронно-управляющих средств и устройств защиты от природных и производственных излучений.

Цель исследования – определить предпосылки для ограничения и регулирования избыточного теплового воздействия непосредственно на оператора МЭС в процессе выполнения основных технологических приемов.

Основной задачей является разработка конкретного технического устройства регулирования теплового воздействия на оператора с применением электронных средств восприятия, обработки, подачи информации для последующего воздействия на регулирующие средства.

Материалы и методы исследований

Анализ интенсивности инсоляционного воздействия на оператора МЭС достигается в настоящее время применением многочисленных источников информации в виде различных датчиков облучения, температуры, скоростей естественной и вынужденной конвекции и др. Такой анализ является достаточно сложным, многофакторным, трудоемким и дорогим. Кроме того, он предусматривает наличие технических средств, достаточно громоздких для размещения и подключения к информационной сети мобильного средства. Обработка таких многочисленных сигналов требует достаточно большого количества электронных блоков сравнения и сопоставления и предусматривает весьма не простые средства регулирования под индивидуальные особенности самого оператора.

Основным объектом исследований является среда нахождения оператора МЭС, ограниченная стенками кабины. Материально-техническим средством решения проблемы нормализации теплового воздействия являются устройства как снижающие и нейтрализующие тепловые потоки, так и уменьшающие инсоляцию, проникающую непосредственно на тело самого исполнителя.

В подавляющем большинстве случаев проблемы микроклимата и снижения теплового воздействия сводятся к выбору объекта воздействия в виде полного объема воздуха в кабине, считая, что таким образом может быть достигнуто равновесие теплообмена между телом человека и данной искусственной воздушной оболочкой. Во всех таких случаях, как правило, игнорируется экономическая оценка потерь холода во внешнюю среду, тем более что невозможно отделить воздух от стенок кабины его ограничивающих. На эти стенки действуют греющие инсоляционные и конвективные тепловые потоки.

Кроме того, внутри самой кабины имеется ряд источников тепловыделений. Так, через приборную панель и пол проникают потоки воздуха от двигателя и его элементов, трансмиссии, приборов контроля и регулирования силовой установки [4]. По самым ориентировочным оценкам за счет только конвекции и солнечной радиации при среднестатистической скорости ветра 5,7 м/с и скорости трактора 1,5–2 м/с поверхность кабины при наружной температуре воздуха +30–35°C и температуре внутри кабины +20°C теряет не менее 650–700 Вт холода. Учитывая, что кондиционер вырабатывает этот холод с определенными энергозатратами, появляется дополнительный существенный расход топлива, безусловно снижающий экологические показатели всей энергоустановки. Предельно и вполне логично в этом случае проблема решается нормализацией теплообмена самого тела оператора с элементами атрибутики, его дополняющими, преимущественно креслом, рулевой колонкой, рычагами и педалями управления.

Техническими средствами решения такой задачи могут быть мягкие воздушные струи касательного, лобового, продольного направления, не вызывающие избыточного переохлаждения во всех основных участках тела, а именно в зоне пояса, груди, головы и ног. Кроме того, рабочее устройство оборудуется средствами оптимального терморегулирования, т. е. оно поддерживается прохладными струями потока, не вызывающими простуды. При этом обеспечивается количественно необходимый объем воздуха для дыхания.

Результаты и их обсуждение

Дозирование подачи холодного потока воздушными струями, должно быть индивидуальным, программируемым, обеспеченным и регулируемым вручную в зависимости от внешних условий. Это требует вполне скрупулезного сбора информации о подготовке и выполнении всех основных технологических приемов с учетом внешних факторов.

Источником такой весьма объемной информации являются две группы датчиков. В первую группу входят приемники сигналов внешней среды: температуры, влажности, скорости движения воздуха, радиационной составляющей инсоляции, наличие облачности, осадков, пыли. Возможно появление дополнительных каких-либо непредвиденных средств восприятия внешней среды. Вторая группа датчиков воспринимает все необходимые сведения о состоянии воздуха внутри кабины, а также измеряет интенсивность радиации, инфракрасного излучения от силовых агрегатов машин, температуры тела человека и рабочего кресла в различных точках, учитывает наличие точек потоотделения, а также измеряет эргономические затраты оператора по управлению самой машиной и агрегатами технологического воздействия [1].

Сигналы датчиков обеих групп последовательно воспринимаются элементами электронного устройства с последовательным воздействием на исполнительные средства и механизмы [5, 6, 7]. Основными элементами такого обрабатывающего и регулирующего устройства (см. рис.) являются: аналоговый расширитель интерфейса, микроконтроллер, аналого-цифровой преобразователь (АЦП), постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) с программным обеспечением, цифровой аналоговый преобразователь (ЦАП), порты ввода (вывода), операционно-запоминающее устройство (ОЗУ), ключи и приводы исполнительных устройств, исполнительные устройства ($Y_1, Y_2, \dots, Y_n$), устройство ввода/вывода, например монитор, клавиатура и генераторы холода, теплоты и струй.

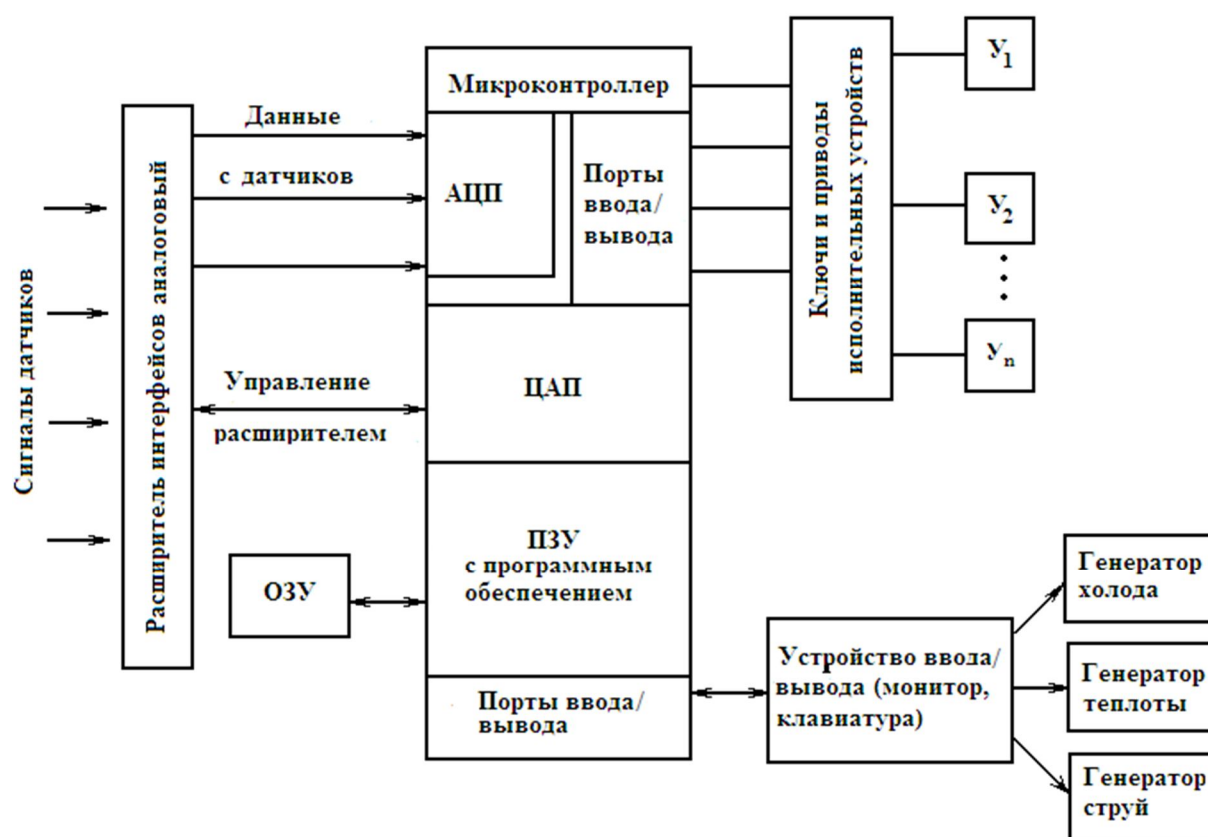


Схема регулирования теплового воздействия на оператора в кабине МЭС

Расширитель интерфейсов первично воспринимает сигналы датчиков обеих групп, обрабатывает и направляет их к микроконтроллеру, выполняющему роль процессора. Микроконтроллер полученные сигналы преобразует в аналоговые или цифровые. Для этого микроконтроллер содержит блок АЦП.

Дополняющими электронными элементами для контроллера являются (ПЗУ) с программным обеспечением и порты ввода и вывода информации. На схеме (см. рис.) показано наличие ОЗУ, которое может входить в микроконтроллер либо подключаться отдельно. Далее сигналы направляются на заключительные элементы схемы в виде блока ключей и приводов исполнительных устройств. Исполнительными устройствами могут быть монитор, клавиатура, смартфон (на схеме не показан). Эти устройства позволяют оператору задавать желаемые параметры регулирования вручную. Для работы исполнительных устройств предусмотрены элементы $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$, совмещенные с датчиками температуры, эргономических затрат, точек потоотделения и т. д. Устройство ввода передает сигналы и регулирует подачу холодного воздуха (генератор холода), теплого воздуха (генератор теплоты) и интенсивность обдува (генератор струй).

Таким образом, стремление к получению средств нормализации микроклимата и ограничение теплового воздействия на оператора МЭС требует достаточно серьезного подхода к организации сбора и обработки всесторонней информации как о самом объекте, так и о среде его применения. Таким подходом является предложенная авторами, схема регулирования теплового воздействия на оператора МЭС. Схема регулирования теплового воздействия на оператора в кабине МЭС определяет начальные условия для математического моделирования нестационарного процесса теплообмена энергией излучения.

В этом случае вполне достаточным является наличие единственного, например вращающегося, датчика инсоляции, отвечающего лишь за объективное восприятие потока солнечных лучей. Тогда, зная направление лучистого потока, падающего как на светопрозрачные, так и непрозрачные элементы кабины, математическая модель вырабатывает описание термического поля в полном объеме и на поверхности самого оператора. Отслеженная таким образом величина падающей энергии на оператора является исходным фактором для работы применяемых средств по ее нормализации. В этом случае оператор остается совершенно свободным от размещения на поверхности его тела датчиков и приспособлений для высокой степени объективности информации.

Технические предпосылки, представленные в данной статье, дают возможность дальнейшего развития энергетических и экологических средств и методов нормализации микроклимата с постановкой новых задач как теоретических, так и экспериментальных.

Вывод

Предложенная электронная логическая схема восприятия и обработки информации может быть органически встроена в математическую модель, адекватно описывающую всю энергетику взаимодействия кабины МЭС как физического тела с различными источниками излучения. Данная система, являющаяся примером цифровой электроники, имеет преимущества по точности и стабильности по сравнению с аналоговыми устройствами.

Библиографический список

1. Архипов Г.В. Автоматическое регулирование поверхностных теплообменников / Г.В. Архипов. – Москва : Энергия, 1971. – 304 с.
2. Басыров Р.Р. Выбор конструктивных элементов легкового автомобиля особо малого класса по критерию комфортности воздушной среды в салоне : дис. ... канд. техн. наук : 05.05.03 / Р.Р. Басыров. – Набережные Челны, 2005. – 157 с.
3. Журавец И.Б. Солнцезащита кабин мобильных энергетических средств : монография / И.Б. Журавец, С.З. Манойлина – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2016. – 231 с.
4. Журавец И.Б. Экологичные системы микроклимата в кабинах мобильных энергетических средств : монография / И.Б. Журавец, М.А. Журавец, С.З. Манойлина. – Воронеж : ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2015. – 271 с.
5. Лукьянов Б.В. Микропроцессорная техника в АПК / Б.В. Лукьянов. – Москва : Росагропромиздат, 1988. – 319 с.
6. Микропроцессорные контроллеры в системах автоматического регулирования / Г.Г. Иордан, Н.М. Курносков, М.Г. Козлов и др. // Приборы и системы управления. – 1981. – № 2. – С. 45–47.
7. Соснин Д.А. Автотроника. Электрооборудование и системы бортовой автоматики современных легковых автомобилей : учеб. пособие / Д.А. Соснин. – Москва : СОЛОН-Р, 2001. – 272 с.
8. Техническая термодинамика и теплопередача : учеб. пособие / А.В. Делков, М.Г. Мелкозеров, Д.В. Черненко, Ю.Н. Шевченко. – Красноярск : СибГУ им. академика М.Ф. Решетнёва, 2020. – 102 с.
9. Хохряков, В.П. Вентиляция, отопление и обеспыливание воздуха в кабинах автомобилей / В.П. Хохряков. – Москва : Машиностроение, 1987. – 150 с.
10. Чубинский С.М. Лучи солнца и действие их на организм человека / С.М. Чубинский. – Москва : Медгиз, 1959. – 215 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Андрей Викторович Ворохобин – кандидат технических наук, доцент кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: dogruzka@rambler.ru.

Игорь Борисович Журавец – кандидат технических наук, доцент кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: car205@agroeng.vsau.ru.

Светлана Зиновьевна Манойлина – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: car205@agroeng.vsau.ru.

Евгений Дмитриевич Золотых – старший преподаватель кафедры эксплуатации и ремонта средств аэродромно-технического обеспечения полетов ФГКВУ ВО «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж) Министерства обороны Российской Федерации, Россия, г. Воронеж, e-mail: zoloto 1972@mail.ru.

Дата поступления в редакцию 18.08.2021

Дата принятия к печати 28.09.2021

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Andrey V. Vorokhobin, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: car205@agroeng.vsau.ru.

Igor B. Zhuravets, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: car205@agroeng.vsau.ru.

Svetlana Z. Manolina, Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: car205@agroeng.vsau.ru.

Evgeniy D. Zolotykh, Senior Lecturer, the Dept. of Operation and Repair of Airfield and Technical Support of Flights, Military Educational and Scientific Centre of the Air Force N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy (Voronezh) the Ministry of Defence of the Russian Federation, Russia, Voronezh, e-mail: zoloto 1972@mail.ru.

Received August 18, 2021

Accepted after revision September 28, 2021

ФЕСТУЛОЛИУМ В ТРАВОСМЕСЯХ С БОБОВЫМИ ТРАВАМИ

**Владимир Николаевич Образцов
Диана Ивановна Щедрина
Сабир Вагидович Кадыров**

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Многолетние травы имеют большое значение в кормопроизводстве Воронежской области, обеспечивают животных высококачественными, дешевыми и экологически безопасными кормами, при этом способствуют сохранению плодородия почвы и предотвращают ее эрозию. Решая проблему сбалансированных по протеину кормов, травы являются наиболее экономически выгодными культурами, требующими меньше затрат для получения высокобелковых кормов. Изложены результаты исследований по повышению кормовой продуктивности многолетних трав в простых и сложных травосмесях. Экспериментальные исследования выполнены в 2015–2018 гг. на полях УНТЦ «Агротехнология» Воронежского ГАУ, расположенных в лесостепной зоне Воронежской области. Объектами исследований были различные виды многолетних злаковых и бобовых трав: фестулолиум (сорт ВИК 90), райграс пастбищный (сорт Малыш), люцерна рогатая (сорт Солнышко), клевер ползучий (сорт Смента), люцерна изменчивая (сорт Воронежская 6). При ранневесеннем беспосевном посеве многолетних трав уже в первый год жизни было получено два укоса, наибольшую урожайность – 113,5 ц/га зеленой массы обеспечила люцерна, несколько меньшей она была на вариантах с использованием в травосмесях фестулолиума и райграса (соответственно 104,5 и 91,6 ц/га). Урожайность зеленой массы изменялась в зависимости от состава травосмесей и погодных условий. При сравнительном изучении одновидовых и смешанных посевов установлено, что наибольшая урожайность зеленой массы была у люцерны (396,8 ц/га) и ее травосмеси с фестулолиумом (393,3 ц/га), его доля в травосмесях после четырех лет пользования оставалась довольно высокой и составляла 51,2% в травостое с люцерной.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: фестулолиум, многолетние злаковые и бобовые травы, травосмеси, урожайность зеленой массы, ботанический состав.

FESTULOLIUM IN MIXTURES WITH LEGUMINOUS GRASSES

**Vladimir N. Obratsov
Diana I. Shchedrina
Sabir V. Kadyrov**

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

Perennial grasses play a significant role in fodder production in Voronezh Oblast. They provide livestock with high quality, cheap and environmentally friendly feeds and at the same time contribute to soil fertility preservation and prevent soil erosion. Solving the problem of protein-balanced feeds, grasses are the most cost-effective crops that require fewer costs to obtain high-protein feeds. The authors present the results of research on increasing the forage productivity of perennial grasses in simple and complex grass mixtures. Experimental studies were performed in 2015–2018 in the fields of "Agrotechnology" Scientific and Technological Training Center of Voronezh State Agrarian University located in the forest-steppe zone of Voronezh Oblast. The objects of research were various types of perennial cereal and leguminous grasses, i.e. Festulolium (the VIK 90 variety), perennial ryegrass (the Malysh variety), birdsfoot trefoil (the Solnyshko variety), white clover (the Smena variety), and alfalfa (the Voronezhskaya 6 variety). Early-spring clean cultivation of perennial grasses yielded two cuts already in the first year of growth. The yield was the highest in alfalfa (113.5 c/ha of herbage) and somewhat lower in the variants where Festulolium and ryegrass were used in grass mixtures (104.5 and 91.6 c/ha, respectively). Herbage yield varied depending on the composition of grass mixtures and weather conditions. A comparative study of single-species and mixed crops showed that the highest herbage yield was obtained in alfalfa (396.8 c/ha) and its mixture with Festulolium (393.3 c/ha), the proportion of which in grass mixtures remained quite high even after four years of growth and was equal to 51.2% in the herbage with alfalfa.

KEYWORDS: Festulolium, perennial cereals and legumes, grass mixtures, green mass yield, botanical composition.

Введение
В укреплении кормовой базы животноводства Воронежской области важная роль отводится производству достаточного количества кормов высокого качества,

способных удовлетворить потребность мясного и молочного скота. В современных условиях развития АПК при острой нехватке средств и материальных ресурсов решение проблемы продовольственной безопасности должно базироваться на максимальном использовании природно-климатических ресурсов, биологических и экологических факторов [1].

Для дальнейшего повышения эффективности животноводства, увеличения поголовья скота, создания высокотехнологичных молочных предприятий необходимо существенное укрепление кормовой базы. В настоящее время перед кормопроизводством Воронежской области стоит задача производства более 40 ц кормов на условную голову с содержанием в 1 кг сухого вещества корма 9,5–10,5 и более МДж обменной энергии и 12–14% переваримого протеина. Основным видом сырья для таких видов кормов являются многолетние травы, занимающие более 5,2% всей площади пашни. Они формируют кормовую массу, содержащую основные макро- и микроэлементы, витамины, незаменимые аминокислоты и другие питательные вещества, обеспечивают производство высококачественных кормов в летний период, экономию расхода минеральных азотных удобрений [1, 2, 11].

Многолетние травы обеспечивают животных полноценными и дешевыми кормами, а также способствуют увеличению плодородия почвы [2, 4, 12]. Бобовые травы улучшают физико-химические свойства почвы, способствуют росту ее плодородия за счет обогащения азотом. Они позволяют решать проблему сбалансированных по протеину кормов и являются наиболее экономически выгодными культурами, требующими меньше затрат для получения высокобелковых кормов. Многими исследованиями доказано, что энергетическая эффективность кормового белка из многолетних трав в 2–3 раза выше, чем из озимых, и в 4–6 раз выше, чем из яровых бобово-злаковых травосмесей [3, 7].

Исследованиями А.Д. Капсамун (2012) и Е.А. Тяпугина (2015) установлено, что оптимальное сахаро-протеиновое соотношение получается при выращивании бобово-злаковых травосмесей с содержанием не менее 40–50% бобовых компонентов в смеси. Применение бобовых трав в травосмесях увеличивает содержание азота в надземной массе в среднем до 130–201 кг/га по сравнению с контролем (72 кг/га), что заменяет 166–231 кг/га действующего вещества азотных удобрений [5, 6].

Продуктивность и устойчивость урожаев травосмесей во многом зависит от биологических особенностей компонентов, их взаимодействия и взаимовлияния, а также особенностей развития. В структуре полевого кормопроизводства Воронежской области в основном используются костреч безостый, овсяница луговая, люцерна, клевер луговой, которые не всегда обеспечивают непрерывное поступление сырья для заготовки кормов. В связи с этим необходим поиск новых перспективных культур. Злаковые компоненты травосмесей – костреч безостый, овсяница луговая содержат мало протеина и сахаров (10–12%) в сухом веществе [14]. Наибольшее количество сахаров (до 20%) содержит новая культура – фестулолиум. Кроме того, фестулолиум характеризуется хорошей отавностью и высокой зимостойкостью. Изучение его в травосмесях с бобовыми травами может быть перспективным в условиях Воронежской области [7, 9, 10, 13].

В соответствии с вышесказанным целью исследований стало сравнительное изучение формирования урожая в чистых и смешанных посевах многолетних трав на основе фестулолиума и бобовых трав.

Методы исследования

Полевые опыты проведены с 2015 по 2018 г. на полях УНТЦ «Агротехнология» Воронежского ГАУ согласно общепринятым методикам [8].

Почва опытного участка представлена выщелоченным среднесуглинистым черноземом, имеющим следующие характеристики:

- содержание гумуса – 4,56%;
- $pH_{\text{сол}}$ – 5,1;
- степень насыщенности основаниями – 74–86%;
- количество подвижного фосфора (P_2O_5) – 120–140 мг/кг почв;
- количество обменного калия (K_2O) – 140–175 мг/кг почвы.

Повторность в опыте – трехкратная, расположение вариантов – систематическое, учетная площадь делянки – 20 м².

Объектами исследований были различные виды многолетних злаковых и бобовых трав:

- фестулолиум (сорт ВИК 90);
- райграс пастбищный (сорт Малыш);
- лядвенец рогатый (сорт Солнышко);
- клевер ползучий (сорт Смена);
- люцерна изменчивая (сорт Воронежская 6).

Предшественником в опыте была вико-овсяная смесь на зеленый корм.

Подготовка почвы – обычная для многолетних трав в Центральном Черноземье.

Основные показатели исследований получили методом дисперсионного анализа с определением наименьшей существенной разницы при уровне вероятности 0,95.

Учет урожая зеленой массы определяли взвешиванием всей массы с учетной площади.

Погодный режим Воронежской области характеризуется неустойчивостью. Зимой оттепели приводят к преждевременному снеготаянию. Последующие же морозы могут привести к вымерзанию многолетних трав, в частности райграса пастбищного. Вегетационные периоды в годы проведения исследований (2015–2018 гг.) существенно различались по температурному режиму и количеству осадков. В первый год жизни трав (2015 г.) было проведено два укоса. Последующие два года (2016 и 2017 гг.) были благоприятными для роста и развития трав. Вегетационный период четвертого года жизни (2018 г.) характеризовался повышенными температурами воздуха и недостаточным количеством осадков. Атмосферная засуха наблюдалась при втором и третьем укосах. Сухая и жаркая погода ускоряла развитие трав. Так, фаза бутонизации бобовых во втором укосе была отмечена 10 июля. В августе выпало всего 10,8 мм осадков, температура воздуха в первой декаде составила 25,3°C, во второй – 22,6°C. Высота растений по вариантам опыта колебалась, но не превышала 30 см. Резко снизилась урожайность зеленой массы мятликовых трав.

Результаты и их обсуждение

Полевой опыт по изучению продуктивности фестулолиума в одновидовом посеве и в травосмесях заложен 28 апреля 2015 г. До посева в семенной лаборатории определили посевные качества семян (табл. 1).

Таблица 1. Посевные качества семян многолетних трав

Показатели	Фестулолиум	Люцерна	Райграс пастбищный	Клевер ползучий	Лядвенец рогатый
Энергия прорастания, %	65	52	65	62	60
Лабораторная всхожесть, %	78	75	80	76	77

Семена многолетних трав для посева по качеству соответствовали требованиям ГОСТ Р-52325-2005.

При беспокровном весеннем посеве единичные всходы появились на восьмой день после посева (5 мая). На 10–11-й день появились полные всходы бобовых и злаковых трав.

Погодные условия июля и августа позволили в первый год жизни получить урожай зеленой массы в первом и втором укосах (табл. 2).

Таблица 2. Высота растений и урожайность зеленой массы в первый год жизни (2015 г.)

Варианты опыта	Высота растений, см	Урожайность зеленой массы, ц/га		
		1-й укос 8 июля	2-й укос 1 сентября	В сумме за два укоса
Фестулолиум	43,0	25,3	24,0	49,3
Люцерна	49,6	75,2	38,3	113,2
Фестулолиум + люцерна	49,5	68,0	36,5	104,5
Райграс + люцерна	49,5	59,3	32,3	91,6
Фестулолиум + люцерна + райграс + лядвенец + клевер	47,8	56,3	30,0	86,3
НСР ₀₉₅ ц/га	-	2,1	1,4	-

В первый год жизни наибольшую урожайность зеленой массы в сумме за два укоса обеспечила люцерна – 113,5 ц/га, несколько меньшей она была на вариантах с использованием в травосмесях фестулолиума и райграса. Травосмесь бобовых и злаковых трав обеспечила урожайность зеленой массы – 86,3 ц/га. Наименьшая урожайность – 49,3 ц/га была в одновидовом посеве фестулолиума.

При заготовке кормов необходимо не только получить максимальный урожай, но и сохранить качество и высокую продуктивность по укосам. Это достигается определением оптимальной высоты скашивания в зависимости от динамики наполнения пластических веществ и урожая по фазам вегетации. Наиболее ценным по питательности является корм в фазе бутонизации бобовых как на молодых, так и на средневозрастных травостоях.

Интервал между укосами является критическим для общей продуктивности и долговечности травостоя. Через 2-3 недели после укоса растения мобилизуют корневые резервы на отрастание побегов и листьев. Изучение фестулолиума в чистом виде и травосмесях показало, что в сумме за 3 укоса самая высокая урожайность получена на варианте фестулолиум + люцерна. Наибольшая урожайность была в первом укосе. В последующих укосах продуктивность снизилась, но наиболее продуктивным оставался вариант совместного посева люцерны и фестулолиума. Результаты распределения кормовой массы по укосам во 2-й год жизни травосмесей представлены в таблице 3.

Таблица 3. Урожайность травосмеси во 2-й год жизни, ц/га (2016 г.)

Варианты	1-й укос	2-й укос	3-й укос	4-й укос	В сумме за 4 укоса
Фестулолиум	118,0	108,3	68,6	47,3	342,2
Люцерна	134,4	117,4	72,0	49,8	371,6
Люцерна + фестулолиум	200,0	104,5	60,5	47,2	412,2
Райграс + люцерна	201,2	90,8	62,5	45,3	399,8
Фестулолиум + люцерна + райграс + лядвенец + клевер	196,0	98,8	50,0	46,6	391,4
НСР ₀₉₅ ц/га	6,2	9,7	3,3	2,8	-

Изучение различных многолетних трав в смешанном и чистом виде по продуктивности кормовой массы показало, что в сумме за 4 укоса фестулолиум продемонстрировал наилучшую продуктивность в совместных посевах с люцерной: было получено 412,2 ц/га зеленой массы.

Наибольшая урожайность отмечалась в первом укосе на вариантах райграс + люцерна – 201,2 ц/га и фестулолиум + люцерна – 200,0 ц/га зеленой массы. В последующих укосах продуктивность снижалась, однако было заметно, что наиболее продуктивным оставался вариант фестулолиум + люцерна.

В наших исследованиях ботанический состав травостоев характеризовался высоким содержанием – до 92–98% сеяных видов многолетних трав и низкой сорной растительностью. Доля фестулолиума на 3-й и 4-й годы жизни была довольно высокой. Его содержание на четвертый год жизни (2018 г.) в травосмеси с люцерной составило 51,2% (табл. 4).

Таблица 4. Ботанический состав травостоев первого укоса на 3-й и 4-й годы жизни, %

Варианты опыта	Фестулолиум	Люцерна	Райграс	Лядвенец	Клевер	Несеяные виды
3-й год жизни (2017 г.)						
Фестулолиум	97	-	-	-	-	3
Люцерна	-	98	-	-	-	2
Люцерна + фестулолиум	62,4	37,4	-	-	-	0,2
Райграс + люцерна	-	37,5	62,5	-	-	-
Фестулолиум + люцерна + райграс + лядвенец + клевер	55,0	21,5	-	8,3	9,8	7,4
4-й год жизни (2018 г.)						
Фестулолиум	95	-	-	-	-	5
Люцерна	-	98	-	-	-	8
Люцерна + фестулолиум	51,2	48,8	-	-	-	-
Райграс + люцерна	-	49,6	50,4	-	-	-
Фестулолиум + люцерна + райграс + лядвенец + клевер	49,1	34,2	-	8,0	6,3	2,4

Важным показателем является распределение зеленой массы по укосам. При 3-укосном использовании травостоев в 2017 г. доля первого укоса варьировала от 47,5 до 55,3%, второго – от 24,5 до 32,9%, третьего – от 17,0 до 19,3% (табл. 5).

Таблица 5. Распределение кормовой массы по укосам, 2017 г.

Варианты опыта	1-й укос		2-й укос		3-й укос	
	Урожай зеленой массы, ц/га	%	Урожай зеленой массы, ц/га	%	Урожай зеленой массы, ц/га	%
Фестулолиум	163,2	55,3	81,2	27,5	50,8	17,2
Люцерна	239,7	53,6	131,4	29,4	76,0	17,0
Люцерна+ фестулолиум	229,4	52,0	130,8	29,7	80,6	18,3
Райграс + люцерна	225,1	47,5	156,1	32,9	93,0	19,6
Фестулолиум + люцерна + райграс + лядвенец + клевер	211,0	51,3	121,5	29,5	87,7	19,2
НСР ₀₉₅ ц/га	8,9	-	6,1	-	4,4	-

Правильный расчет времени между укосами наиболее важен в конце вегетации трав, особенно для последнего в году укоса. Позднее скашивание ведет к вымерзанию, снижению в последующие годы урожайности и долголетия травостоя. Осенний период уборки также важен для обеспечения хорошего весеннего отрастания. Большую роль играет и высота вегетативной массы перед уходом в зиму. В наших исследованиях растения уходили в зиму при их высоте от 6 до 15,9 см. Наибольшую высоту растений имели фестулолиум, райграс пастбищный и люцерна, наименьшую – лядвенец рогатый и клевер ползучий.

Существенное влияние на всхожесть, рост и развитие многолетних трав оказали погодные условия. Максимальный урожай в годы исследований был получен во второй и третий годы жизни. Резкое снижение урожайности зеленой массы было на 4-м году жизни (2018 г.) из-за засушливых условий в июне и июле (табл. 6).

Таблица 6. Урожайность многолетних трав в разные годы жизни

Варианты опыта	Урожайность зеленой массы, ц/га			
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	В среднем за 3 года
Фестулолиум	342,2	294,8	92,5	243,2
Люцерна	371,5	446,0	372,9	396,8
Люцерна + фестулолиум	412,2	474,0	293,8	393,3
Райграс + люцерна	399,8	440,6	258,0	366,1
Фестулолиум + люцерна + райграс + лядвенец + клевер	391,4	411,2	212,6	338,4
НСР ₀₉₅ ц/га	12,7	24,9	18,4	-

Наибольшее снижение урожайности было в одновидовом посеве фестулолиума. Максимальный урожай зеленой массы был во 2-й и 3-й годы жизни на вариантах люцерна + фестулолиум, райграс пастбищный + люцерна и люцерны в одновидовом посеве.

Выводы

Проведенные исследования за 2015–2018 гг. показали, что в лесостепной части Воронежской области на выщелоченном черноземе почвенно-климатические условия благоприятны для возделывания фестулолиума и райграса пастбищного с бобовыми травами.

Отмечена высокая сохранность фестулолиума. Его доля участия в травосмеси была высокой во все годы исследований и составляла 51,2% после 4 лет жизни в травосмеси с люцерной.

Одновидовой посев люцерны изменчивой не уступал по урожайности зеленой массы травосмеси люцерна + фестулолиум.

В среднем за 3 года наибольшая урожайность зеленой массы достоверно была получена в смеси фестулолиума с люцерной и в одновидовом посеве люцерны.

Библиографический список

1. Агроландшафты Центрального Черноземья. Районирование и управление / В.М. Косолапов, И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова, Е.П. Яковлева. – Москва : Издательский дом Наука, 2015. – 198 с.
2. Благовещенский Г.В. Энерго-протеиновый потенциал трав и фуражных культур / Г.В. Благовещенский, В.Д. Штырхун, В.В. Конанчук // Кормопроизводство. – 2016. – № 2. – С. 21–23.
3. Исаков А.Н. Особенности формирования, продуктивность и качество многолетних бобово-злаковых травостоев на дерново-подзолистых супесчаных почвах Калужской области / А.Н. Исаков, В.Н. Лукашов, В.Ф. Петракова // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2011. – № 2. – С. 51–58.

4. Использование люцерны в кормопроизводстве в Центральном Черноземье / Д.И. Щедрина, В.А. Федотов, В.Н. Образцов, С.В. Кадыров // Вестник ВГАУ. – 2013. – № 1 (36). – С. 199–203.
5. Капсамун А.Д. Введение в кормопроизводство современных видов и сортов кормовых трав / А.Д. Капсамун, Е.Н. Павлючик, О.С. Силина // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий : сб. науч. тр. – Рязань : ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2012. – С. 139–141.
6. Кутузова А.А. Эффективность усовершенствованных технологий создания пастбищных травостоев с использованием новых сортов бобовых видов и агротехнических приемов / А.А. Кутузова, Е.Е. Проворная, Н.С. Цыбенко // Кормопроизводство. – 2019. – № 1. – С. 7–11.
7. Лукашов В.Н. Продуктивность, питательная и энергетическая ценность травосмесей фестулолиума с бобовыми при разных способах посева в условиях Калужской области / В.Н. Лукашов, А.Н. Исаков // Кормопроизводство. – 2020. – № 2. – С. 13–17.
8. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами / Ю.К. Новоселов и др. – Москва : ВИК, 1983. – 197 с.
9. Образцов В.Н. Зоотехническая оценка и продуктивность пастбищных травостоев на основе фестулолиума и бобовых трав в лесостепи Центрального Черноземья / В.Н. Образцов, Д.И. Щедрина // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2011. – № 4 (31) – С. 98–101.
10. Современное состояние и основные направления развития травосеяния и семеноводства кормовых трав в России / Н.И. Переправов, В.М. Косолапов, В.Н. Золотарев, А.В. Шевцов // Адаптивное кормопроизводство. – 2014. – № 1 (17). – С. 12–21.
11. Структура и качество кормовой массы различных видов многолетних трав / З.А. Зарьянова, С.В. Кирюхин, С.В. Бобков, Д.Е. Меркулов // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2017. – № 4 (24). – С. 115–121.
12. Технология создания многолетних травостоев с участием фестулолиума в условиях европейского севера России / Е. А. Тяпугин, Н.Ю. Коновалова, П.Н. Калабашкин, С.С. Коновалова // Кормопроизводство. – 2015. – № 8. – С. 23–27.
13. Фигурин В.А. Фестулолиум в травосмесях с клевером луговым / В.А. Фигурин, А.П. Кислицына // Кормопроизводство. – 2018. – № 7. – С. 15–19.
14. Эколого-биологические и технологические основы возделывания райграса : монография / В.Н. Золотарев, А.А. Зотов, Б.М. Кошен, Г.Ф. Кулешов, В.Э. Рябова, Н.А. Семенов. – Астана : Типография ИП Жанадилова С.Т., 2008. – 736 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Владимир Николаевич Образцов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры земледелия, растениеводства и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: ovennn@mail.ru.

Диана Ивановна Щедрина – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры земледелия, растениеводства и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: plant@agronomy.vsau.ru.

Сабир Вагидович Кадыров – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры земледелия, растениеводства и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: ksabir@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию 17.07.2021

Дата принятия к печати 28.08.2021

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Vladimir N. Obraztsov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Dept. of Soil Management, Crop Science and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: ovennn@mail.ru.

Diana I. Shchedrina, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Dept. of Soil Management, Crop Science and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: plant@agronomy.vsau.ru.

Sabir V. Kadyrov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Dept. of Soil Management, Crop Science and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: ksabir@yandex.ru.

Received July 17, 2021

Accepted after revision August 28, 2021

АГРОГЕННОЕ ПОДКИСЛЕНИЕ ЧЕРНОЗЕМОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ В ЦЧР

**Дмитрий Игоревич Бережнов
Владислав Борисович Пименов
Константин Егорович Стекольников
Елена Сергеевна Гасанова**

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Исследования по изучению агрогенного подкисления чернозема выщелоченного в результате применения различных систем удобрения и дефеката выполнены в условиях длительного стационарного опыта с удобрениями и мелиорантами кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии Воронежского ГАУ. Почвенный покров представлен черноземом выщелоченным малогумусным маломощным среднесуглинистым. Были изучены органическая, органо-минеральная система применения удобрения, а также контрольный вариант и варианты с дефекатом. В образцах почв определялись pH водной и солевой вытяжки стандартным методом и в насыщенных почвенных пастах, определялась гидролитическая кислотность, сумма обменных оснований и степень насыщенности основаниями. Изучено влияние длительного применения различных систем удобрения и дефеката на подкисление чернозема выщелоченного. Установлено, что использование для определения pH водной и солевой вытяжки стандартной методики существенно завышает результаты. Применение для определения pH водной и солевой вытяжки метода насыщенных почвенных паст дает более объективные результаты за счет снижения суспензионного эффекта. Установлено, что длительное применение различных систем удобрения обуславливает существенное подкисление изучаемой почвы. Подкислению подвергается не только пахотный слой, но и весь почвенный профиль. Следствием подкисления всего профиля изучаемой почвы является снижение суммы обменных оснований и степени насыщенности основаниями. Емкость катионного обмена снижается относительно исходного состояния. Степень подкисления возрастает в ряду – органическая – органо-минеральная система удобрения с одинарной и двойной дозой минеральных удобрений. Дефекат даже в последствии компенсирует подкисление и способствует оптимизации физико-химических параметров на оптимальном уровне.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: чернозем выщелоченный, система удобрения, агрогенное подкисление, дефекат, подкисление.

AGROGENIC CHERNOZEM SOIL ACIDIFICATION AS A RESULT OF APPLICATION OF VARIOUS FERTILIZER SYSTEMS IN THE CENTRAL CHERNOZEM REGION

**Dmitriy I. Berezhnov
Vladislav B. Pimenov
Konstantin E. Stekolnikov
Elena S. Gasanova**

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

The authors have studied the agrogenic acidification of leached chernozem as a result of use of various fertilizer systems and defecate. Research was performed in the conditions of long-term stationary experiment with fertilizers and ameliorants of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology of Voronezh SAU. Soil cover was represented by leached, low-humus, shallow, medium-loamy chernozem. The authors studied the organic and organomineral fertilizer application systems, as well as the control variant and variants with defecate. Soil samples were tested for pH of water and salt extracts using conventional method, and saturated soil pastes were tested to determine the hydrolytic acidity, total exchangeable bases and degree of base saturation. The effect of long-term use of various fertilizer systems and defecate on acidification of leached chernozem was also studied. It was found that the conventional method for determining the pH of water and salt extracts significantly overestimates the results. More objective results are obtained by applying the method of saturated soil pastes for determining the pH of water and salt extracts due to a decrease in suspension effect. It has been established that

long-term use of various fertilizer systems leads to significant acidification of soils under study. Acidification affects not only the arable layer, but the entire soil profile as well. Acidification of the entire profile of the studied soil results in a decrease in total exchangeable bases and degree of base saturation. Cation exchange capacity decreases compared to the initial state. The degree of acidification increases in the line of organic – organomineral fertilizer system with single and double dose of mineral fertilizers. Defecate, even in its aftereffect, compensates for acidification and contributes to the optimization of physicochemical parameters at the optimal level.

KEYWORDS: leached chernozem, fertilizer system, agrogenic acidification, defecate, acidification.

Введение

Сельское хозяйство разных стран мира знает немало примеров коренного улучшения почв и повышения урожаев с помощью известкования. Так, в Англии еще во времена Плиния употребляли мергель, в котором видели как бы концентрированное богатство почвы – «ее тучность» [4, 6]. В Германии мергелевание также применяли с XII в., с XVII в. в целом ряде областей, включая и Силезию, перешли на использование обожженного известняка, в то же время в северных областях применяли луговую известь.

О необходимости известкования пахотных почв известно давно. О применении известки имеются сведения еще в древнем Риме [6]. Начиная с XVIII в. известкование почв широко применялось в европейских странах. До конца 80-х годов в СССР в каждом агрохимическом центре существовали отделы, занимавшиеся планированием и разработкой проектно-сметной документации по известкованию кислых почв [1]. Подкисление почв сопровождается такими последствиями, как дегумификация почв [7]. Наконец, в 2019 г. в Минсельхозе РФ осознали необходимость известкования почв.

Итогом нерациональной химизации, без сопутствующего известкования российского земледелия стало прогрессивно развивающееся подкисление пахотных почв во всех регионах, в т. ч. и в Центрально-Черноземном регионе (ЦЧР). По данным мониторинга пахотных угодий по кислотности почв выявлено, что по состоянию на 1 января 2019 г. в Российской Федерации из обследованных 100,3 млн га пашни кислые почвы, требующие первоочередного известкования, занимают 35,0%, или 35,1 млн га; из них 2,7% – сильно- и очень сильнокислые.

Среди федеральных округов Российской Федерации наибольшие площади пашни, нуждающейся в известковании, расположены в Центральном федеральном округе (60,7%) [2]. Почвы с повышенной кислотностью в ЦЧР составляют 12,7-83,0%, максимальное подкисление почв наблюдается в Липецкой области. Всего в ЦЧР почвы с повышенной кислотностью занимают 4666,5 тыс. га, или 42,4% [2]. Однако этот показатель весьма динамичен. Не случайно большое внимание ему уделяют американские фермеры. Если при мониторинге состояния почв России величину pH определяют один раз в 5 лет, то в США каждый вегетационный сезон, а более продвинутые фермеры несколько раз за сезон.

Удобрения и дефекаат оказывают многостороннее воздействие на почвы, существенно влияя на изменение почвенных режимов, состав и физико-химические свойства. Если удобрения способствуют существенному повышению содержания элементов питания, то есть это их прямое действие, то являясь солями, они активно воздействуют на концентрацию почвенного раствора, почвенный поглощающий комплекс – это их побочное действие. Учитывая тот факт, что длительное внесение удобрений способствуют существенному подкислению почв [1, 6, 10], в схему опыта были включены варианты с мелиорантами, в том числе было предусмотрено внесение дефекаата.

Методика эксперимента

Исследования выполнены в стационарном опыте с удобрениями и мелиорантами, заложенном в 1987 г.

Почва стационара – чернозем выщелоченный малогумусный маломощный тяжелосуглинистый.

Опыт включает 15 вариантов. Исследования выполнены на следующих вариантах опыта:

- 1 – контроль абсолютный;
- 2 – контроль фон (40 т/га навоза);
- 3 – фон + N₆₀P₆₀K₆₀;
- 5 – фон + N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀;
- 13 – фон + 21 т/га дефеката;
- 15 – фон + дефекат + N₆₀P₆₀K₆₀.

Образцы почвы отбирались послойно до глубины 1 м с шагом 20 см.

Удобрения вносились по схеме опыта, а дефекат последний раз был внесен в 2005 г., поэтому на этапе, который представлен, описывается его последствие.

В почвенных образцах определяли:

- емкость катионного обмена (ЕКО);
- содержание обменных катионов;
- гидролитическую, обменную и актуальную кислотность.

Обменная и актуальная кислотность определена в стандартной вытяжке при соотношении почва : раствор = 1 : 2,5 и в насыщенных почвенных пастах при соотношении почва : раствор = 1 : 0,5 [8].

Результаты и их обсуждение

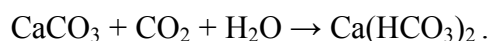
В связи с тем, что опыт был заложен в 1987 г. (34 года назад), считаем необходимым привести показатели состава и свойств изучаемой почвы в исходном состоянии [9]. Состав и физико-химические свойства чернозема выщелоченного представлены в таблице 1 по данным агрохимического обследования почв, проведенного в 2011 г. сотрудниками кафедры почвоведения Воронежского госагроуниверситета (руководитель – К.Е. Стекольников).

Таблица 1. Состав и физико-химические свойства чернозема выщелоченного в исходном состоянии (1987 г.)

Горизонт	Мощность, см	Гумус, %	рН		S	Hг	E	V, %
			H ₂ O	KCl	мг-экв/100 г почвы			
Апах	26	4,58	6,55	5,57	29,94	4,34	33,78	88
А	19	3,63	6,73	5,60	26,74	3,32	29,42	88
AB	21	2,22	6,98	5,95	25,49	1,80	26,99	93
В	27	1,16	7,24	6,10	24,27	1,41	24,91	94
BC	39	0,68	7,75	6,70	Вскипает	Вскипает	Вскипает	100
С	34	0,37	8,25	7,13	Вскипает	Вскипает	Вскипает	100

Представленные данные свидетельствуют о довольно значительном варьировании состава и свойств изучаемой почвы. По мощности гумусного слоя изучаемая почва маломощная, а по содержанию гумуса в пахотном слое малогумусная. По величине рН водной вытяжки почва нейтральная, что нехарактерно для данного подтипа чернозема. Это обусловлено высоким уровнем залегания границы вскипания – практически в пределах гумусного горизонта.

Вскипание в пределах гумусного горизонта является нетипичным для чернозема выщелоченного, однако в нашем случае оно обусловлено не высоким залеганием карбонатов, а их сезонной миграционной формой. Водный режим черноземов выщелоченных характеризуется значительным преобладанием в летний период восходящих токов влаги над нисходящими. Восходящие токи влаги вызывают протекание реакции растворения и перенос хорошо растворимого гидрокарбоната кальция из карбонатного в нижнюю часть гумусового горизонта, что и обуславливает проявление в нем сезонного вскипания:



С капиллярной каймой гидрокарбонаты кальция могут перемещаться до горизонтов с хорошей аэрацией и взаимодействуя с CO_2 переходят в нерастворимую форму CaCO_3 . Он образует на поверхности почвенных агрегатов карбонатные выцветы, но чаще всего формируется кристаллическая форма в капиллярах, т. е. типичный псевдомицелий. В нижней части профиля он наблюдается в засушливые периоды. В годы с достаточным увлажнением карбонаты выщелачиваются за пределы почвенного профиля. Именно поэтому в 60–70-х гг. прошлого столетия в черноземах выщелоченных, различающихся по степени выщелоченности – отрыву линии вскипания от нижней границы гумусового горизонта, выделялись черноземы слабо-, средне- и сильновыщелоченные: < 20 , $20\text{--}40$ и > 40 см. С учетом миграционных форм карбонатов эта концепция оказалась несостоятельной [5].

Величина обменной кислотности варьирует от слабокислой до близкой к нейтральной, а величина гидролитической кислотности в широком диапазоне – от 1,5 до 6,2 мг-экв/100 г почвы.

В исходном состоянии изучаемая почва имела высокую сумму обменных оснований – 29,5–38,0 мг-экв/100 г почвы.

Существенное варьирование физико-химических показателей обусловило и значительное колебание степени насыщенности основаниями – 82–94%.

Низкая для черноземов степень насыщенности основаниями обусловлена высокой величиной обменной и гидролитической кислотности. Согласно временным рекомендациям по мелиорации почв с повышенной кислотностью при величине $\text{pH}_{\text{сол}} < 5,5$, гидролитической кислотности $> 3,5$ мг-экв/100 г почвы и степени насыщенности основаниями $< 83\%$ чернозем нуждается в известковании, поэтому в схему опыта были включены варианты с дефекатом [1, 10].

Как уже отмечалось выше, актуальная кислотность очень динамична во времени и пространстве. Полученные нами данные это подтверждают. Прежде всего следует отметить, что pH водной вытяжки изменяется по годам наблюдений и по вариантам опыта. Эти изменения затрагивают не только верхние слои почвы, но и весь почвенный профиль. И если изменения ее по годам наблюдений определяются главным образом гидротермическими условиями, то изменения по вариантам опыта обусловлены системой применения удобрения и дефекатом.

Также, по нашему мнению, на величину pH водной вытяжки оказывает влияние высокое отношение почвы к раствору, равное 1 : 2,5, которое используется в стандартной вытяжке. Мы в своей работе воспользовались методикой определения актуальной и обменной кислотности в насыщенных почвенных пастах [8]. При стандартной вытяжке определение ведется в суспензии при влажности 250%. Такая влажность в полевых условиях невозможна. Столь широкое разбавление обуславливает растворение соединений, не растворимых при естественной влажности почвы. При узком соотношении почвы к раствору (1 : 0,5) влажность почвы достигает 50%. Такая влажность может быть после снеготаяния или после ливневых осадков, характерных для летнего периода лесостепной зоны. В таблице 2 приводим данные по определению pH в насыщенных водой почвенных пастах при соотношении почва : раствор, равном 1 : 0,5, и при стандартном отношении 1 : 2,5.

При оценке физико-химических параметров обычно изучается только пахотный слой почвы. Это лежит в основе агрохимических исследований и при мониторинге состояния пахотных угодий. Считаем данный подход неэффективным. Пахотный слой – самый динамичный в профиле почвы. Он подвергается как естественным воздействиям – влага, температура, так и агрогенным – обработка, внесение удобрений и средств защиты растений, уплотнение ходовыми системами сельскохозяйственной техники и др. Считаем, что объективной информацией о состоянии почвы могут быть только результаты исследований всего почвенного профиля.

Таблица 2. Влияние степени разбавления на величину pH водной вытяжки

Вариант опыта	Слой, см	2015 г.		2016 г.		2017 г.		2018 г.		2019 г.		2020 г.	
		pH 1 : 0,5	pH 1 : 2,5	pH 1 : 0,5	pH 1 : 2,5	pH 1 : 0,5	pH 1 : 2,5	pH 1 : 0,5	pH 1 : 2,5	pH 1 : 0,5	pH 1 : 2,5	pH 1 : 0,5	pH 1 : 2,5
Контроль	0–20	5,44	6,21	5,37	5,63	5,72	6,02	5,93	6,30	5,80	6,73	6,21	6,31
	20–40	5,62	5,98	4,97	5,33	5,59	5,95	6,05	6,39	6,03	6,68	5,98	6,17
	40–60	6,03	6,29	5,55	5,67	5,71	6,26	6,14	6,45	6,98	7,33	6,19	6,28
	60–80	5,90	6,38	5,58	5,73	5,89	6,43	6,23	6,57	7,30	7,70	6,38	6,42
	80–100	6,20	6,75	6,08	6,18	6,05	6,48	7,30	7,54	7,58	7,79	6,75	6,83
Фон орг.	0–20	5,45	5,80	5,26	5,48	5,13	5,74	5,63	6,24	5,91	7,00	5,80	6,04
	20–40	4,65	5,75	5,00	5,31	5,21	5,77	5,94	6,42	5,99	6,77	5,75	6,88
	40–60	5,00	5,66	5,18	5,38	5,66	6,22	6,13	6,54	6,38	6,79	5,66	5,94
	60–80	5,30	6,28	5,65	5,73	5,94	6,47	6,73	7,20	7,21	7,62	6,28	6,49
	80–100	6,14	6,26	5,97	6,19	6,26	6,73	6,91	7,23	7,33	7,80	6,26	6,58
Фон + 1NPK	0–20	4,99	5,53	4,89	5,11	5,14	5,73	5,36	5,87	6,08	6,77	5,53	5,79
	20–40	4,98	5,74	5,08	5,27	5,19	5,76	5,44	5,79	5,99	6,68	5,74	6,07
	40–60	5,78	6,15	5,77	5,88	5,72	6,33	5,93	6,23	6,27	6,66	6,15	6,39
	60–80	5,49	6,30	5,97	6,09	5,98	6,42	6,97	7,28	6,56	6,96	6,30	6,63
	80–100	5,82	6,37	6,11	6,24	6,32	6,73	7,59	7,85	7,63	7,78	6,37	6,59
Фон + 2NPK	0–20	5,32	5,38	4,92	5,13	5,08	5,62	5,31	6,09	5,50	6,88	5,38	5,78
	20–40	5,02	5,58	5,05	5,28	5,12	5,69	5,17	5,73	5,86	6,67	5,58	5,86
	40–60	5,07	5,87	5,36	5,49	5,72	6,32	5,84	6,28	6,37	6,83	5,87	6,21
	60–80	5,54	6,10	5,56	5,78	6,09	6,53	6,17	6,53	7,07	7,54	6,10	6,33
	80–100	5,39	6,16	6,15	6,27	7,18	7,59	7,29	7,79	7,53	7,86	6,16	6,48
Фон + дефекат	0–20	6,22	6,40	6,29	6,38	6,40	6,82	6,62	7,22	6,44	7,19	6,40	6,69
	20–40	6,20	6,54	6,21	6,33	6,35	6,79	6,48	6,98	6,49	7,21	6,54	6,87
	40–60	6,19	6,73	6,10	6,24	6,17	6,60	6,37	6,88	6,04	6,89	6,73	6,99
	60–80	6,43	6,78	6,31	6,46	6,23	6,72	6,49	6,92	6,43	7,08	6,78	7,04
	80–100	6,71	7,37	6,55	6,69	7,20	7,81	6,85	7,14	7,69	7,89	7,37	7,78
Дефекат + 1NPK	0–20	6,07	6,19	5,97	6,21	5,96	6,58	6,27	6,64	5,89	6,69	6,19	6,66
	20–40	6,01	6,15	5,76	5,90	6,20	6,44	6,01	6,49	6,13	6,64	6,15	6,53
	40–60	5,91	6,42	6,21	6,33	6,22	6,62	6,36	6,63	6,40	6,73	6,42	6,85
	60–80	6,40	6,79	6,34	6,49	6,25	6,73	6,87	7,17	6,58	7,03	6,79	7,04
	80–100	6,76	7,50	6,46	6,58	6,76	6,93	7,41	7,85	6,70	7,10	7,50	7,83
Sx, %		2,23	2,40	2,10	2,55	2,02	2,33	1,90	2,22	1,83	2,11	1,93	2,29
HCP ₀₉₅		0,27	0,36	0,25	0,38	0,24	0,35	0,23	0,33	0,22	0,32	0,23	0,34

Так, по общепринятой методике оценка величины pH пахотного слоя варьирует по годам исследований на вариантах опыта следующим образом.

На контроле pH водной вытяжки находится в интервале от 5,37 (2016 г.) до 6,21 (2020 г.), т. е. варьирует от слабокислой до нейтральной.

На варианте применения органической системы удобрения pH водной вытяжки в пахотном слое за изучаемый период изменяется от 5,13 (2017 г.) до 5,91 (2019 г.), т. е. является слабокислой, и мы можем заключить, что при данной системе удобрения наблюдается подкисление.

На варианте применения органо-минеральной системы с одинарной дозой минеральных удобрений pH изменяется в пределах от 4,99 (2015 г.) до 6,08 (2019 г.), т. е. варьирует от среднекислой до нейтральной, и в данном случае есть основания для утверждения о подкислении пахотного слоя изучаемой почвы.

На варианте применения органо-минеральной системы с двойной дозой минеральных удобрений pH изменяется от 4,92 (2016 г.) до 5,50 (2019 г.), т. е. варьирует от среднекислой до слабокислой. Таким образом, мы можем отметить, что на данном варианте подкисление пахотного слоя выражено в наибольшей степени.

Совершенно иное мы наблюдаем на вариантах с дефекатом, и это при том, что наблюдается его последствие.

Так, величина pH варьирует на варианте внесения дефеката по органическому фону в пределах 6,29–6,28, т. е. за весь период наблюдений остается нейтральной.

На варианте внесения дефеката совместно с одинарной дозой минеральных удобрений pH в пахотном слое изменяется в пределах 5,96–6,47, т. е. варьирует от слабокислой (2016, 2017 и 2019 г.) до нейтральной. В данном случае есть основания для заключения о том, что в последствии дефекат не всегда компенсирует подкисление от минеральных удобрений.

Представляет интерес и характер изменения величины pH по профилю под влиянием систем применения удобрения.

По результатам определения pH в насыщенных водой почвенных пастах нами выявляются следующие закономерности. Как уже мы отмечали выше, влияние систем применения удобрения и дефеката проявляется в изменениях pH в слое 0–20 см. Применение органической и органо-минеральной систем удобрения обуславливает существенное подкисление в пахотном слое, а дефекат компенсирует его. Но величина pH весьма динамична и по всему профилю изучаемой почвы.

Характер изменения насыщенных водой почвенных паст pH по профилю неодинаков на вариантах опыта. В сравнении с вариантом контроля, как мы уже отмечали, на вариантах опыта с удобрениями наблюдается снижение величины pH в слое 0–40 см. В наибольшей степени это характерно для вариантов применения органо-минеральной системы удобрения. На вариантах внесения дефеката, наоборот, отмечается более высокая величина pH как по отношению к контролю, так и с удобренными вариантами. Вниз по профилю отмечается повышение pH. Максимальная ее величина отмечается в слое 80–100 см на всех вариантах, и особенно на вариантах внесения дефеката.

Характер изменения pH по профилю практически на всех вариантах опыта элювиально-иллювиальный. Степень дифференциации профиля по pH максимальная на вариантах с органо-минеральной системой удобрения и минимальная на вариантах внесения дефеката.

Отметим, что pH в стандартной водной вытяжке заметно выше, чем в насыщенных водой почвенных пастах. На наш взгляд, это является следствием разбавления. Если pH в почвенной пасте определяется при 50% влажности, т. е. возможной в естественных условиях, то в стандартной вытяжке это 250% влажность, что в естественных условиях просто невозможно, недостижимо и, как следствие, менее достоверно.

Так, на варианте контроля pH стандартной водной вытяжки в пахотном слое изменяется в пределах 5,63–6,73, т. е. она по существующей градации близкая к нейтральной и нейтральная.

На варианте применения органической системы удобрения она варьирует в пределах 5,48–7,00, т. е. оценивается как слабокислая и нейтральная.

На варианте применения органо-минеральной системы с одинарной дозой минеральных удобрений она изменяется в пределах 5,11–6,77 и оценивается как слабокислая и нейтральная.

На варианте применения органо-минеральной системы с двойной дозой минеральных удобрений она варьирует в пределах 5,13–6,88, т. е. слабокислая и нейтральная.

Таким образом, выявленное нами подкисление на вариантах с удобрениями не столь явное, как по данным определений pH в насыщенных водой почвенных пастах. Считаем, что это имеет принципиальный характер, так как степень подкисления при использовании стандартной вытяжки явно занижается. А ведь это, несомненно, имеет значение при оценке физико-химического состояния изучаемой почвы.

Обратимся к существующей группировке почв по степени кислотности и емкости катионного обмена, представленной в таблице 3.

Таблица 3. Группировка почв по степени кислотности и емкости катионного обмена [1]

Кислотность почвы	pH		Гидролитическая кислотность (Нг) мг-экв/100 г почвы	Емкость катионного обмена (ЕКО) мг-экв/100 г почвы	
	H ₂ O	KCl		Уровень	
Очень сильнокислые			> 6	< 5,0	Очень низкая
Сильнокислые	3–4	4,1–4,5	5,1–6,0	5,1–15,0	Низкая
Среднекислые	4–5	4,6–5,0	4,1–5,0	15,1–25,0	Умеренно низкая
Слабокислые	5–6	5,1–5,5	3,1–4,0	25,1–35,0	Средняя
Близкие к нейтральным	-	5,6–6,0	2,1–3,0	35,1–45,0	Умеренно высокая
Нейтральные	7	>6,0	< 2,0	> 45,0	Высокая
Слабощелочные	7–8	-	-	-	-
Щелочные	8–9	-	-	-	-
Сильнощелочные	9–11	-	-	-	-

Данные таблицы 3 показывают, что использование стандартной водной вытяжки по сравнению с насыщенными водой почвенными пастами смещают оценку выявленного эффекта подкисления на одну градацию в сторону понижения, т. е. эффект подкисления от применения систем удобрения занижается, что, как мы уже отмечали, имеет принципиальный характер. На вариантах применения органической и, особенно, органо-минеральной систем удобрения величина pH водной вытяжки ниже, чем на неудобренном варианте, а на вариантах внесения дефеката она существенно выше по всему профилю, чем на остальных вариантах.

Следует отметить, что последний раз дефекат вносился в 2005 г., т. е. мы наблюдаем его последствие. Тем не менее, даже в последствии дефекат способствует стабилизации активной кислотности на оптимальном уровне.

Общей закономерностью является понижение величины pH в слое 20–40 см на всех вариантах, за исключением вариантов с дефекатом почти по всем годам наблюдений, особенно в насыщенных водой почвенных пастах при соотношении почва : раствор = 1 : 0,5. Эти различия неодинаковы как по годам наблюдений, так и по вариантам опыта. Они обусловлены степенью разбавления почвенного раствора.

Величина pH водной вытяжки зависит от применяемых удобрений и гидротермических условий наблюдаемого периода. Так, в годы с достаточным увлажнением, например в 2017 г., наблюдаются наибольшие различия при определении pH в насыщенных водой почвенных пастах и в суспензиях. В годы с дефицитом увлажнения эти различия уменьшаются, но они есть и не учитывать их нельзя.

Еще более значимые различия наблюдаются при определении pH солевой вытяжки в насыщенных пастах и стандартной солевой вытяжке при соотношении почва : раствор 1 : 2,5. Как и величина актуальной кислотности, обменная кислотность очень динамична во времени и пространстве. Она, конечно же, подвержена влиянию внешнего воздействия, т. е. как режиму влажности и температуры, так и влиянию внесения удобрений и дефеката.

Так, в пахотном слое контрольного варианта pH солевой насыщенной пасты изменяется от 4,49 до 5,19 и оценивается (см. табл. 3) как сильно- и слабокислая.

На варианте применения органической системы удобрения она изменяется в пределах 4,17–4,78 и оценивается как сильно- и среднекислая.

На варианте применения органо-минеральной системы с одинарной дозой минеральных удобрений она варьирует в пределах 3,89–4,80 и оценивается как очень кислая и среднекислая.

На варианте применения органо-минеральной системы с двойной дозой минеральных удобрений она составляет 3,75–4,78 и оценивается как очень- и среднекислая.

Таким образом, внесение органических и особенно органо-минеральных удобрений обуславливает сильно выраженное повышение обменной кислотности.

На варианте внесения дефеката по органическому фону pH солевой вытяжки варьирует в пределах 5,16–5,81, т. е. оценивается как слабокислая и близкая к нейтральной, а на варианте внесения дефеката совместно с одинарной дозой минеральных удобрений – в пределах 5,15–5,38, или как слабокислая, т. е. даже в последствии дефекат способствует снижению обменной кислотности.

Как мы уже отмечали, величина pH солевой стандартной вытяжки, как и в случае с pH водной вытяжки, существенно завышена. Данные представлены в таблице 4.

Таблица 4. Влияние степени разбавления на величину pH солевой вытяжки

Вариант опыта	Слой, см	2015 г.		2016 г.		2017 г.		2018 г.		2019 г.		2020 г.	
		pH 1 : 0,5	pH 1 : 2,5	pH 1 : 0,5	pH 1 : 2,5	pH 1 : 0,5	pH 1 : 2,5	pH 1 : 0,5	pH 1 : 2,5	pH 1 : 0,5	pH 1 : 2,5	pH 1 : 0,5	pH 1 : 2,5
Контроль	0–20	4,49	5,63	4,54	5,21	4,58	5,57	5,19	6,67	4,63	5,24	5,03	5,85
	20–40	4,73	5,59	4,23	4,80	4,90	5,69	5,17	5,86	5,07	5,63	4,87	5,43
	40–60	5,11	5,98	4,77	5,16	4,95	5,99	5,38	5,89	6,32	6,75	4,98	5,64
	60–80	5,03	6,01	4,96	5,20	5,14	6,10	5,27	5,79	6,78	7,17	5,22	5,75
	80–100	5,43	6,18	5,20	5,37	5,27	6,30	6,73	7,09	6,93	7,28	5,61	6,07
Фон орг.	0–20	4,51	5,78	4,17	4,60	4,41	5,27	4,78	5,37	4,64	5,75	4,70	5,18
	20–40	4,27	5,21	4,02	4,50	4,47	5,44	5,27	5,68	4,97	5,43	4,72	5,21
	40–60	4,96	5,83	4,17	4,64	4,93	5,71	5,23	5,73	5,39	5,84	4,61	5,08
	60–80	5,45	6,12	4,44	4,89	4,96	5,98	5,87	6,36	6,60	7,05	5,02	5,46
	80–100	5,72	6,02	4,77	5,18	5,27	6,17	6,11	6,54	6,58	7,29	5,26	5,78
Фон + 1NPK	0–20	4,21	5,14	3,89	5,38	4,22	5,03	4,51	5,01	4,80	5,98	4,46	4,91
	20–40	4,17	5,34	4,10	4,56	4,30	5,09	4,58	4,98	5,09	5,88	4,64	5,08
	40–60	4,91	5,66	4,53	4,90	4,77	5,62	5,01	5,46	5,28	5,873	4,91	5,38
	60–80	4,93	5,79	4,73	5,05	5,01	6,03	6,22	6,59	5,73	6,18	5,17	5,58
	80–100	4,97	5,90	4,85	5,19	5,46	6,42	7,01	7,38	6,82	7,16	5,28	5,83
Фон + 2NPK	0–20	4,78	5,44	3,75	4,17	4,23	5,08	4,43	5,47	4,60	5,33	4,26	4,68
	20–40	4,31	5,31	3,94	4,35	4,31	5,07	4,35	4,86	4,78	5,36	4,59	4,99
	40–60	4,82	5,48	4,30	4,72	4,84	5,88	4,96	5,43	5,29	5,92	4,93	5,34
	60–80	4,80	5,57	4,54	5,09	5,09	6,14	5,51	6,07	6,24	6,78	4,82	5,21
	80–100	4,86	5,56	4,66	5,09	6,42	6,85	6,68	7,13	6,79	7,21	4,91	5,30
Фон + дефекат	0–20	5,47	6,17	5,16	5,65	5,44	6,43	5,81	6,37	5,36	6,87	5,38	5,89
	20–40	5,33	6,15	5,29	5,74	5,36	6,33	5,68	6,22	5,24	6,41	5,53	5,98
	40–60	5,17	6,00	4,99	5,52	5,22	6,31	5,41	5,81	5,10	5,90	5,57	6,08
	60–80	5,46	6,05	5,07	5,57	5,25	6,28	5,52	6,09	5,14	6,17	5,52	5,97
	80–100	5,63	6,33	5,22	5,66	6,44	7,07	5,79	6,28	6,82	7,19	6,60	6,92
Дефекат + 1NPK	0–20	5,15	6,10	4,86	5,34	5,03	6,16	5,38	5,85	4,81	6,03	5,21	5,92
	20–40	5,30	6,09	4,71	5,11	5,10	6,18	5,16	5,60	5,13	5,76	5,27	5,83
	40–60	5,38	6,01	5,06	5,62	5,13	6,21	5,44	5,97	5,34	5,87	5,31	5,87
	60–80	5,42	6,15	5,28	5,73	5,26	6,47	5,86	6,48	5,47	5,98	5,54	6,05
	80–100	5,47	6,21	5,40	5,77	5,47	6,59	6,77	7,30	5,59	6,12	6,73	7,07
Sx, %		2,39	2,57	2,58	2,93	2,38	2,51	2,18	2,48	2,15	2,40	2,33	2,66
HCP ₀₉₅		0,27	0,38	0,31	0,44	0,29	0,38	0,26	0,37	0,26	0,36	0,28	0,40

Как следует из данных таблицы 4, величина pH солевой стандартной вытяжки существенно выше, чем в насыщенных пастах. Так, в пахотном слое контрольного варианта она изменяется в пределах 5,21–6,67, т. е. оценивается как слабокислая и нейтральная.

На варианте применения органической системы удобрения она варьирует в пределах 5,18–5,78 и оценивается как слабокислая и близкая к нейтральной, но абсолютные величины заметно ниже, чем на контроле.

На варианте применения органо-минеральной системы с одинарной дозой минеральных удобрений pH солевой вытяжки изменялась в пределах 5,03–5,98 и оценивалась как среднекислая и близкая к нейтральной. Но наибольшее подкисление наблюдалось на варианте применения органо-минеральной системы с двойной дозой минеральных удобрений, где pH солевой вытяжки варьировала в пределах 4,17–5,47 и оценивалась как сильнокислая и слабокислая.

На варианте внесения дефеката по органическому фону мы наблюдаем явно выраженное последствие дефеката, проявляющееся в нейтрализации обменной кислотности до уровня 5,65–6,83, т. е. до близкой к нейтральной и нейтральной. Последствие дефеката, примененного совместно с одинарной дозой минеральных удобрений, проявляется не столь явно, однако подкисление гораздо ниже, чем на контроле, и особенно на удобренных вариантах, pH солевой вытяжки изменяется в пределах 5,34–6,16, т. е. оценивается как слабокислая и нейтральная.

Наибольшие различия величин pH солевой вытяжки, определенных в почвенных пастах и стандартных условиях, наблюдаются в верхней части профиля, вниз по профилю они уменьшаются. Характер изменения величины pH по профилю соответствует элювиально-иллювиальному типу на всех вариантах опыта за исключением вариантов с дефекатом, где он прогрессивно возрастающий или модальный.

Анализ данных таблицы 4 показывает, что обменная кислотность, как и актуальная, весьма изменчива как во времени, так и в пространстве. Ее изменения во времени зависят от гидротермических условий, а по профилю изучаемой почвы – от применяемых систем удобрения и дефеката. Прежде всего, отметим, что различия величины pH солевой вытяжки, определенной в насыщенных почвенных пастах и при стандартном отношении достигает более 1 единицы pH, причем, это наблюдается на всех вариантах опыта, за исключением вариантов с дефекатом, где они ниже.

Эти различия, в отличие от величины pH водной вытяжки, имеют уже принципиальный характер. Так, в 2015 г. на контроле в слое 0–20 см величина pH солевой вытяжки в насыщенной водой почвенной пасте составляла 4,9, а в стандартной вытяжке – 5,63. По величине pH солевой вытяжки почва является близкой к нейтральной при стандартном отношении почва : раствор = 1 : 2,5, а при соотношении почва : раствор = 1 : 0,5 – она сильнокислая. Чему же верить, какая из этих измеренных величин более реально оценивает обменную кислотность? Считаем, что использование насыщенных почвенных паст для оценки как актуальной, так и обменной кислотности более предпочтительно, чем стандартные суспензии, дающие существенно завышенные результаты.

Обращают на себя внимание не только существенные различия в величинах pH солевой вытяжки, определенных в насыщенных почвенных пастах и в стандартной солевой вытяжке, но и сам характер этих изменений, как по годам наблюдений и по вариантам опыта, так и по профилю изучаемой почвы.

Считаем, что выявленное различие имеет принципиальный характер. Ведь если судить по данным стандартной солевой вытяжки, то в 2015, 2017 и 2019 гг. подкисления на вариантах опыта нет, или оно слабо выражено, между тем по результатам определений в насыщенных пастах оно выражено более сильно и по всем годам наблюдений. А ведь в практике агрохимической службы для принятия решения о необходимости известкования используют данные определения pH солевой вытяжки при стандартном отношении. Выходит, что мало того решение будет неверным, так оно потом будет принято с опозданием на пять лет только по результатам обследования следующего тура.

Так может быть это маловажно? Нет, это важно прежде всего потому, что в течение пяти лет в хозяйстве будет существенный недобор сельскохозяйственной продукции на почвах с повышенной кислотностью.

Каковы же особенности изменения величины рН солевой вытяжки по профилю? Их, по крайней мере, две. Первая – на всех вариантах опыта мы наблюдаем резкую дифференциацию профиля изучаемой почвы по величине рН солевой вытяжки, кроме вариантов с дефекатом, где она минимальная. Вторая – на контроле и удобренных вариантах наиболее низкая величина рН солевой вытяжки наблюдается, начиная с пахотного слоя и на всю мощность гумусового горизонта. Иначе говоря, мы наблюдаем явно выраженное подкисление, обусловленное применением органических и минеральных удобрений на удобренных вариантах, и на контроле это следствие потерь кальция. Потери кальция есть, разумеется, и на вариантах с дефекатом, просто масштаб потерь здесь существенно ниже. Это процесс декальцирования, что в свое время в условиях стационара было доказано исследованиями [4]. На вариантах с дефекатом этот процесс компенсирован и стабилизирован.

В таблице 5 представлены данные определений величины рН водной и солевой вытяжек в насыщенных почвенных пастах (отношение почва : раствор = 1 : 0.5).

Таблица 5. Изменение величины рН водной и солевой вытяжек в почвенных пастах

Вариант опыта	Слой, см	2015 г.		2016 г.		2017 г.		2018 г.		2019 г.		2020 г.	
		рН _в	рН _с	рН _в	рН _с	рН _в	рН _с	рН _в	рН _с	рН _в	рН _с	рН _в	рН _с
Контроль	0–20	5,44	4,49	5,37	4,54	5,72	4,58	5,93	5,19	5,80	4,63	6,21	5,03
	20–40	5,62	4,73	4,97	4,23	5,59	4,90	6,05	5,17	6,03	5,07	5,98	4,87
	40–60	6,03	5,11	5,55	4,77	5,71	4,95	6,14	5,38	6,98	6,32	6,29	4,98
	60–80	5,90	5,03	5,98	4,96	5,89	5,14	6,23	5,27	7,30	6,78	6,38	5,22
	80–100	6,20	5,43	6,08	5,20	6,05	5,27	7,30	6,73	7,58	6,93	6,75	5,61
Фон орг.	0–20	5,45	4,51	5,26	4,17	5,13	4,41	5,63	4,78	5,91	4,64	5,80	4,70
	20–40	4,65	4,27	5,00	4,02	5,21	4,47	5,94	5,27	5,99	4,97	5,75	4,72
	40–60	6,00	4,96	5,18	4,17	5,66	4,93	6,13	5,23	6,38	5,39	5,66	4,61
	60–80	6,30	5,45	5,65	4,44	5,94	4,96	6,73	5,87	7,21	6,60	6,28	5,02
	80–100	6,14	5,72	5,97	4,77	6,26	5,27	6,91	6,11	7,33	6,58	6,26	5,26
Фон + 1NPK	0–20	4,99	4,21	4,89	3,89	5,14	4,22	5,36	4,51	6,08	4,80	5,53	4,46
	20–40	4,98	4,17	5,08	4,10	5,19	4,30	5,44	4,58	5,99	5,09	5,74	4,64
	40–60	5,78	4,91	5,77	4,53	5,72	4,77	5,93	5,01	6,27	5,28	6,15	4,91
	60–80	5,49	4,93	5,97	4,73	5,98	5,01	6,97	6,22	6,56	5,73	6,30	5,17
	80–100	5,82	4,97	6,11	4,85	6,32	5,46	7,59	7,01	7,63	6,82	6,37	5,28
Фон + 2NPK	0–20	5,32	4,78	4,92	3,75	5,08	4,23	5,31	4,43	5,50	4,60	5,38	4,26
	20–40	5,02	4,31	5,05	3,94	5,12	4,31	5,17	4,35	5,86	4,78	5,58	4,59
	40–60	5,07	4,82	5,36	4,30	5,72	4,84	5,84	4,96	6,37	5,29	5,87	4,93
	60–80	5,54	4,80	5,56	4,54	6,09	5,09	6,17	5,51	7,07	6,24	6,10	4,82
	80–100	5,39	4,86	6,15	4,66	7,18	6,42	7,29	6,68	7,53	6,79	6,16	4,91
Фон + дефекат	0–20	6,62	5,47	6,29	5,16	6,40	5,44	6,62	5,81	6,44	5,36	6,40	5,38
	20–40	6,70	5,33	6,21	5,29	6,35	5,36	6,48	5,68	6,49	5,24	6,54	5,53
	40–60	6,19	5,17	6,10	4,99	6,17	5,22	6,37	5,41	6,04	5,10	6,73	5,57
	60–80	6,43	5,46	6,31	5,07	6,23	5,25	6,49	5,52	6,43	5,14	6,78	5,52
	80–100	6,71	5,63	6,55	5,22	7,20	6,44	6,85	5,79	7,69	6,82	7,37	6,60
Дефекат + 1NPK	0–20	6,47	5,15	5,97	4,86	5,96	5,03	6,27	5,38	5,89	4,81	6,19	5,21
	20–40	6,01	5,30	5,76	4,71	6,20	5,10	6,01	5,16	6,13	5,13	6,15	5,27
	40–60	5,91	5,38	6,21	5,06	6,22	5,13	6,36	5,44	6,40	5,34	6,42	5,31
	60–80	6,40	5,42	6,34	5,28	6,25	5,26	6,87	5,86	6,58	5,47	6,79	5,54
	80–100	6,76	5,47	6,46	5,40	6,76	5,47	7,41	6,77	6,70	5,59	7,50	6,73

Почему мы уделяем внимание именно сравнению полученных результатов исследований по определению активной и обменной кислотности, определенных в насыщенных почвенных пастах? Представляет интерес сравнение величин активной и обменной кислотности, определенных в насыщенных почвенных пастах. Величина рН водной и солевой вытяжек очень изменчива как по вариантам опыта, так и по годам наблюдений. Однако отчетливо просматривается несколько закономерностей.

Первая – величина рН минимальна в слое 0–20 см, а по профилю она возрастает. Это обусловлено повышением содержания свободного кальция в нижней части профиля, на что указывает величина рН водной вытяжки выше 7,3 в слое 80–100 см, т. е. наблюдается вскипание.

Вторая – внесение органических и минеральных удобрений существенно снижает величины рН водной и солевой вытяжек в слое 0–40 см. На вариантах с дефекатом рН этих вытяжек по всему профилю на 0,5–1,3 единицы выше, чем на удобренных вариантах и контроле.

Третья – величины рН водной и солевой вытяжек на варианте с дефекатом совместно с одинарной дозой минеральных удобрений ниже, чем на варианте с ним по органическому фону.

Таким образом, даже в последствии дефекат противодействует подкислению изучаемой почвы и стабилизирует актуальную и обменную кислотность в оптимальном диапазоне. Подобные закономерности наблюдаются и по величине гидролитической кислотности, определенной при стандартном соотношении почва : раствор = 1 : 2,5. Величина гидролитической кислотности весьма динамична во времени и по профилю изучаемой почвы. Общей закономерностью является существенный рост величины гидролитической кислотности на вариантах с органическими, и особенно с минеральными удобрениями по органическому фону.

Максимальная ее величина наблюдается в пахотном слое, с глубиной она прогрессивно уменьшается. Это обусловлено появлением миграционных форм карбонатов, нейтрализующих гидролитическую кислотность. Минимальная величина гидролитической кислотности наблюдается на варианте с дефекатом по органическому фону во все годы наблюдений. На варианте с дефекатом совместно с одинарной дозой минеральных удобрений она несколько выше, но по сравнению с остальными вариантами существенно ниже. Если оценивать изменение гидролитической кислотности по годам наблюдений, то в пахотном слое она максимальная в 2015 и 2016 гг., т. е. в конце ротации севооборота. Минимальная ее величина отмечается в 2017 г. в паровом поле.

Таким образом, органическая и органо-минеральная системы удобрения способствуют повышению величины гидролитической кислотности. Последствия дефеката существенно и устойчиво понижают величину гидролитической кислотности и поддерживают ее на оптимальном уровне – меньше 3 мг-экв/100 г почвы.

Сумма обменных оснований считается одним из стабильных показателей физико-химического состояния почв. Ее величина обусловлена содержанием органических, минеральных и органо-минеральных коллоидов. Она существенным образом зависит от реакции среды [3]. Подкисление ведет к снижению, а подщелачивание к заметному повышению суммы обменных оснований. Нами уже выявлено, что все показатели кислотности изучаемой почвы динамичны во времени и пространстве. Наши исследования выявили высокую изменчивость суммы обменных оснований, как во времени, так и по профилю изучаемой почвы. Дополнительно рассчитана и степень насыщенности почвы основаниями. Данные представлены в таблице 6.

Анализ таблицы 6 показывает, что системы применения удобрения существенно снижают сумму обменных оснований во все годы наблюдений, а последствие дефеката не только компенсирует этот процесс, но и поддерживает ее выше уровня неудобренного варианта.

Следует отметить, что минимальная сумма обменных оснований на всех вариантах опыта наблюдалась в 2017 г. в паровом поле. Считаем, что это следствие преобладания процесса минерализации над гумификацией растительных остатков, обусловившее снижение органических и органо-минеральных коллоидов.

Таблица 6. Изменение величины суммы обменных оснований и степени насыщенности основаниями под влиянием внесения удобрений и дефеката

Вариант опыта	Слой, см	Сумма обменных оснований, мг-экв/100 г почвы						Степень насыщенности основаниями, %					
		2015 г., ячмень	2016 г., оз. пшеница	2017 г., пар	2018 г., оз. пшеница	2019 г. сах. свекла	2020 г., в/о	2015 г., ячмень	2016 г., оз. пшеница	2017 г., пар	2018 г., оз. пшеница	2019 г. сах. свекла	2020 г., в/о
Контроль	0–20	19,75	21,12	19,62	18,27	19,27	19,62	95	88	92	90	85	90
	20–40	18,75	16,37	20,00	19,97	21,55	20,07	86	83	92	91	91	90
	40–60	17,25	24,77	20,12	17,45	21,72	20,30	91	94	95	92	96	91
	60–80	18,00	22,05	19,02	18,70	21,80	14,80	95	94	95	93	98	92
	80–100	18,50	23,07	18,02	16,82	21,27	17,95	97	96	96	97	99	94
Фон орг.	0–20	17,25	22,50	19,90	17,97	19,40	19,90	82	84	89	86	88	88
	20–40	16,00	23,15	19,20	20,50	22,77	17,00	78	84	91	90	93	83
	40–60	17,00	24,60	20,22	19,12	21,00	21,05	81	86	94	93	94	81
	60–80	16,50	24,80	19,50	18,95	21,72	19,80	91	92	95	96	97	92
	80–100	19,75	23,10	18,70	18,22	21,15	18,00	96	94	95	96	98	94
Фон + 1NPK	0–20	18,50	16,75	19,00	17,40	19,52	19,82	79	78	88	83	88	83
	20–40	17,00	24,20	19,15	20,20	21,17	20,50	82	86	83	86	92	87
	40–60	18,50	24,50	20,00	19,77	20,92	19,77	93	94	89	93	94	91
	60–80	16,50	24,00	19,32	17,80	18,87	15,57	94	94	92	96	96	92
	80–100	16,25	22,40	18,22	15,85	18,80	17,72	95	95	95	99	98	94
Фон + 2NPK	0–20	19,25	19,45	18,65	18,55	19,57	19,10	77	79	80	85	88	80
	20–40	17,00	23,15	19,97	17,27	22,35	17,25	78	83	82	85	92	82
	40–60	16,00	25,00	19,57	21,72	19,75	19,77	86	89	90	92	94	89
	60–80	15,25	23,20	19,05	16,20	21,65	19,32	90	92	92	94	97	91
	80–100	17,00	23,70	18,12	16,15	18,35	17,50	93	94	96	98	98	91
Фон + дефекат	0–20	20,25	24,55	20,82	18,30	21,90	21,92	95	94	93	95	94	92
	20–40	19,75	25,82	21,22	19,70	21,55	21,17	95	94	93	95	93	94
	40–60	19,50	25,75	19,57	20,10	23,77	19,32	94	94	92	95	92	94
	60–80	19,25	23,75	19,72	18,50	20,25	19,25	96	95	93	95	93	94
	80–100	19,00	19,80	21,64	16,95	20,17	20,70	97	96	95	96	98	97
Дефекат + 1NPK	0–20	16,25	22,80	20,47	19,87	21,55	18,75	90	92	90	93	90	89
	20–40	15,50	23,32	20,52	20,52	20,65	21,00	87	91	92	92	92	91
	40–60	20,50	23,92	21,20	19,67	21,60	22,00	95	95	93	93	94	94
	60–80	17,75	24,07	20,85	19,22	20,80	20,77	96	95	94	96	95	95
	80–100	16,00	23,70	19,50	18,90	20,82	19,80	96	96	94	94	96	98

Практически на всех вариантах опыта отмечается снижение суммы обменных оснований в слое 0–20 см, что связано с явлением так называемого выпаживания и декальцирования. Исключением опять же являются варианты с последствием дефеката, где отмечаются колебания суммы обменных оснований, но они менее выражены.

Характер изменения суммы обменных оснований по профилю соответствует преимущественно элювиально-иллювиальному типу. Внесение удобрений усиливает степень дифференциации профиля по этому показателю.

До закладки опыта сумма обменных оснований в пахотном слое изучаемой почвы составляла 29,94 мг-экв/100 г почвы и снижалась в нижней части профиля до 24,27 (см. табл. 1). За почти 30-летний период отмечается существенное снижение ее величины. Как следует из полученных нами данных, сумма обменных оснований в пахотном слое снижалась до уровня менее 15 мг-экв/100 г почвы (2017 г.). Подобное снижение наблюдалось в паровом поле. Очевидно, это обусловлено преобладанием минерализации растительных остатков над их гумификацией. Только на вариантах с дефекатом оно было, хотя и незначительно, но выше этого уровня. И это притом, что к 2017 г. мы наблюдаем только последствие внесенного в 2005 г. дефеката.

Более 2 ротаций севооборота мы наблюдаем последствие дефеката, и мы отмечаем явный положительный эффект. По всем годам наблюдений варианты с дефекатом имели более высокую сумму обменных оснований в сравнении с остальными вариантами опыта. Профиль изучаемой почвы на вариантах с дефекатом имеет менее выраженную дифференциацию по этому показателю.

Степень насыщенности основаниями является комплексным показателем физико-химического состояния почвы. Данные приведены в таблице 6. Как и все показатели физико-химического состояния почв, степень насыщенности основаниями подвержена существенным колебаниям во времени и пространстве. Однако анализ данных таблицы 6 показывает, что внесение удобрений оказывает существенное влияние на степень насыщенности основаниями.

Если на неудобренном варианте степень насыщенности в пахотном слое в среднем за 6 лет находится на уровне 90%, с колебаниями в пределах 85–95%, то на вариантах внесения удобрений она варьирует в пределах 82–89, 79–88, 77–88% соответственно на органическом фоне, с одинарной и двойной дозами минеральных удобрений по органическому фону. Средняя величина степени насыщенности основаниями на удобренных вариантах составляет соответственно 86, 83 и 81%. На варианте с дефекатом по органическому фону степень насыщенности основаниями в пахотном слое в среднем 94% при колебаниях в пределах 93–95%, а на варианте внесения одинарной дозы минеральных удобрений – соответственно 91 и 89–93%.

Таким образом, амплитуда колебаний степени насыщенности основаниями на неудобренном варианте составляет 5%, а на вариантах органического фона, с одинарной и двойной дозами минеральных удобрений по органическому фону соответственно 6, 9 и 11%. Минимальная амплитуда колебаний этого показателя наблюдается на варианте с дефекатом по органическому фону – 2%, а на варианте с дефекатом совместно с одинарной дозой минеральных удобрений – 4%.

Согласно временным рекомендациям по известкованию черноземных почв при степени насыщенности основаниями ниже 93% почва нуждается в известковании, то есть все варианты опыта, за исключением вариантов с последствием дефеката, нуждаются в известковании.

Как следует из полученных нами данных, за наблюдаемый период отмечаются существенные колебания гидротермических условий. Сумма осадков, выпадавших крайне неравномерно за вегетационный период, колебалась в пределах 178–255 мм, а сумма активных температур – от 2720 до 3025°C. По всем годам наблюдений активный вегетационный период характеризовался дефицитом увлажнения, что подтверждается величиной ГТК – 0,62–0,90. За исключением 2017 года ГТК = 1,0, осень была крайне засушливой, ГТК = 0,04–0,082. Это способствовало формированию устойчивого испа-

рения почвенной влаги и подъем миграционных форм карбонатов в отдельные годы до нижней границы гумусового горизонта, что подтверждается полученными нами данными. Подтверждается это и визуально, в 2017–2020 гг. появлением мицелярных форм карбонатов в нижней части профиля.

Емкость катионного обмена является одним из относительно стабильных физико-химических показателей почвы. Как мы уже отмечали, и этот показатель является относительно стабильным, ведь очень изменчива величина гидролитической кислотности. Это действительно так, если учитывать, что мы использовали расчетный метод определения емкости катионного обмена (ЕКО) по сумме обменных оснований и гидролитической кислотности (табл. 7).

Таблица 7. Изменение емкости катионного обмена под влиянием удобрений и дефеката, мг-экв/100 г почвы

Вариант опыта	Слой, см	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Контроль	0–20	21,86	23,92	20,85	20,21	22,60	21,69
	20–40	21,88	19,62	21,25	22,04	23,62	22,28
	40–60	19,03	26,53	20,95	18,88	22,57	21,27
	60–80	18,87	23,26	19,72	19,98	22,11	16,03
	80–100	19,14	23,94	18,50	17,24	21,53	19,03
Фон орг.	0–20	21,04	26,73	21,80	20,89	21,97	22,47
	20–40	20,61	27,57	20,63	22,66	24,55	20,56
	40–60	20,96	28,65	21,19	20,55	22,28	24,18
	60–80	18,06	27,01	20,23	19,88	22,35	21,47
	80–100	20,63	24,53	19,18	19,03	21,67	19,06
Фон + 1NPK	0–20	23,32	21,57	20,94	20,88	22,09	23,87
	20–40	20,71	28,02	22,07	22,53	22,91	23,55
	40–60	19,84	26,00	21,78	21,33	21,22	21,79
	60–80	17,63	25,43	20,60	18,56	19,74	16,91
	80–100	17,08	23,65	18,97	16,14	19,16	18,75
Фон + 2NPK	0–20	25,10	24,59	22,05	21,74	23,20	23,71
	20–40	21,71	27,76	23,22	20,40	24,51	21,07
	40–60	18,62	27,92	21,24	23,61	20,03	22,08
	60–80	16,93	25,27	20,20	17,25	22,35	21,26
	80–100	18,25	24,13	18,60	16,54	18,70	19,28
Фон + дефекат	0–20	21,28	26,01	22,05	19,21	23,30	23,76
	20–40	20,74	27,28	22,40	20,67	23,22	22,57
	40–60	20,63	27,45	20,88	21,18	25,88	20,52
	60–80	20,04	24,88	20,85	19,37	21,68	20,40
	80–100	19,48	20,55	22,49	17,62	20,48	21,26
Дефекат + 1NPK	0–20	17,99	24,87	22,14	21,33	24,01	21,00
	20–40	17,75	25,67	21,95	22,34	22,67	23,07
	40–60	21,49	25,26	22,40	21,07	22,97	23,50
	60–80	15,53	25,33	21,90	20,07	21,98	21,95
	80–100	16,61	24,71	19,79	19,18	21,73	20,27

Представляет интерес изменение величины ЕКО не только по годам наблюдений, но и по вариантам опыта. Емкость катионного обмена изменяется как по годам наблюдений, так и по вариантам опыта. Так, в пахотном слое контрольного варианта она изменяется в пределах 20,85–23,92 мг-экв/100 г почвы.

На варианте применения органической системы удобрения она изменяется в пределах 20,89–26,73 мг-экв/100 г почвы.

На вариантах применения органо-минеральной системы с одинарной и двойной дозами минеральных удобрений она варьирует в пределах соответственно 20,88–23,87 и 21,74–25,10 мг-экв/100 г почвы.

На вариантах внесения дефеката по органическому фону и с одинарной дозой минеральных удобрений она несколько ниже, чем на контроле и удобренных вариантах, и изменяется в пределах 19,21–26,01 и 17,99–24,78 мг-экв/100 г почвы. Но более низкая величина ЕКО на этих вариантах обусловлена более низкой величиной гидролитической кислотности, а ведь это, несомненно, великое благо для изучаемой почвы.

Следует отметить и интересную закономерность по амплитуде колебаний величины ЕКО на вариантах опыта. На варианте абсолютного контроля она составляет 3,07 мг-экв/100 г почвы, а на варианте применения органической системы удобрения она достигает 5,66 мг-экв/100 г почвы, т. е. самая высокая из удобренных вариантов. На вариантах применения органо-минеральной системы с одинарной и двойной дозой минеральных удобрений амплитуда колебаний ЕКО снижается соответственно до 2,99 и 4,36 мг-экв/100 г почвы.

На вариантах внесения дефеката по органическому фону и совместно с одинарной системой минеральных удобрений она выше – соответственно 6,80 и 4,79 мг-экв/100 г почвы.

Мы уже показали выше причину этого явления – влияние миграционных форм карбонатов. Насколько важен обсуждаемый вопрос? Необходимо отметить, ЕКО во многом зависит от содержания и состояния коллоидов почвы и вида катионов в поглощающем комплексе [2]. Ведь в исходном состоянии (1987 г.) ЕКО в пахотном слое была на уровне 33,78 мг-экв/100 г почвы. За 33 года мы отмечаем ее существенное уменьшение на всех вариантах опыта. В среднем по вариантам опыта она составила 22,22 мг-экв/100 г почвы, т. е. уменьшилась на 11,56 мг-экв/100 г почвы, или 34,22% относительно исходного состояния.

Если в исходном состоянии ЕКО исследуемой почвы, согласно приведенной в таблице 1 градации, соответствовала среднему уровню, то современное ее состояние соответствует умеренно низкому уровню. С чем же связано столь существенное снижение ЕКО? Как это было установлено [4], главной причиной является процесс декарбонирования. Процесс этот продолжается, и последствие дефеката только частично компенсирует его. Наши исследования подтверждают это. Ведь если сравнить варианты с дефекатом, то явно видна общая закономерность. Средняя за наблюдаемый период величина ЕКО на вариантах контроля и с удобрениями составила соответственно 21,85; 22,49; 22,11 и 22,60 мг-экв/100 г почвы, т. е. применение органической и органо-минеральной систем удобрения незначительно повысило ЕКО. Но произошло это за счет уменьшения суммы обменных оснований и повышения гидролитической кислотности (см. табл. 6).

Представляет интерес характер изменения ЕКО по профилю. На контроле и удобренных вариантах он преимущественно элювиально-иллювиальный. На вариантах с дефекатом преобладает преимущественно прогрессивно убывающий или модальный тип. И конечно, на этих вариантах профиль изучаемой почвы менее дифференцирован по ЕКО. Тот факт, что ЕКО на вариантах с дефекатом несколько ниже, чем на контроле и удобренных вариантах, как это уже было отмечено выше, никак не свидетельствует о низкой эффективности дефеката. Более низкая величина на вариантах с дефекатом обусловлена очень низкой величиной гидролитической кислотности. Мы вновь отмечаем, что в исследуемый период дефекат не вносился, наблюдается его последствие. Ведь последний раз дефекат был внесен в 2005 году. Последствие дефеката проявляется в снижении всех видов кислотности, о чем убедительно свидетельствуют полученные нами данные.

Выводы

В качестве общего вывода мы можем сделать заключение о том, что применение органической и органоминеральной систем удобрения обуславливает подкисление изучаемой почвы, а последствие дефеката пока еще компенсирует его. Но практически на всех вариантах опыта уже наблюдается дефицит кальция, что обуславливает необходимость регулярного, один раз в ротацию севооборота, известкования. Полученные нами данные хорошо согласуются с выполненными ранее исследованиями ученых ВГАУ [10].

Библиографический список

1. Временные рекомендации по известкованию кислых почв в Центрально-Черноземном районе / В.П. Кулакова и др. – Воронеж, 1986. – 63 с.
2. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2018 году. – Москва : ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 340 с.
3. Дюшофур Ф. Основы почвоведения: эволюция почв (Опыт изучения динамики почвообразования) / Ф. Дюшофур. – Москва : Прогресс, 1970. – 591 с.
4. Крупеников И.А. История почвоведения (от времени его зарождения до наших дней) / И.А. Крупеников. – Москва : Наука, 1981. – 327 с.
5. Общесоюзная инструкция по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользования. – Москва : Колос, 1973. – 98 с.
6. Осипов А.И. Известкование кислых почв в историческом аспекте / А.И. Осипов // Агрофизика от А.Ф. Иоффе до наших дней : сб. статей ; под общ. ред. И.Б. Ускова. – Санкт-Петербург : ООО Изд-во «Алфавит», 2002. – С. 275–289.
7. Полуэтов Е.С. Влияние антропогенной деятельности на свойства почв (учебное пособие) / Е.С. Полуэтов, В.В. Турулев. – Новочеркасск, 1995. – 118 с.
8. Снакин В.В. Состав жидкой фазы почв / В.В. Снакин, Н.А. Присяжная, О.В. Рухович. – Москва : Изд-во РЭФИА, 1997. – 325 с.
9. Стекольников К.Е. Карбонатно-кальциевый режим и гумусовое состояние черноземов лесостепи ЦЧЗ : автореф. дис. д-ра с.-х. наук : 03.02.13 / К.Е. Стекольников. – Воронеж, 2011. – 47 с.
10. Цуриков А.Т. Дефицит кальция в почвах как лимитирующий фактор получения высоких урожаев в условиях ЦЧЗ / А.Т. Цуриков // Эффективность применения удобрений и мелиорантов в почвах Центрально-Черноземной зоны : сб. статей. – Воронеж : Изд-во ВСХИ, 1986. – С. 94–97.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ
Принадлежность к организации

Дмитрий Игоревич Бережнов – аспирант кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: agrochimi@agronomy.vsau.ru.

Владислав Борисович Пименов – аспирант кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: agrochimi@agronomy.vsau.ru.

Константин Егорович Стекольников – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: agrochimi@agronomy.vsau.ru.

Гасанова Елена Сергеевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, зав. кафедрой агрохимии, почвоведения и агроэкологии, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: upravlenieopm@mail.ru.

Дата поступления в редакцию 22.08.2021

Дата принятия к печати 29.09.2021

AUTHOR CREDENTIALS
Affiliations

Dmitriy I. Berezhnov, Postgraduate Student, the Dept. of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh e-mail: agrochimi@agronomy.vsau.ru.

Vladislav B. Pimenov, Postgraduate Student, the Dept. of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: agrochimi@agronomy.vsau.ru.

Konstantin E. Stekolnikov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Dept. of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: agrochimi@agronomy.vsau.ru.

Elena S. Gasanova, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Dept. of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: upravlenieopm@mail.ru.

Received August 22, 2021

Accepted after revision September 29, 2021

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР С ПОМОЩЬЮ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НОРМАЛИЗОВАННОГО ОТНОСИТЕЛЬНОГО ИНДЕКСА РАСТИТЕЛЬНОСТИ, УЧИТЫВАЮЩЕЙ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

**Алексей Георгиевич Буховец
Марина Викторовна Кучеренко
Евгений Александрович Семин**

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Использование динамической модели для прогнозирования урожайности зерновых культур в основном базировалось на наблюдениях прошлых лет и предполагало введение в прогностическую модель фиктивных переменных. Рассматривается подход, основанный исключительно на параметрах модели для текущего сезона и введении новой интегральной характеристики. Представлена динамическая модель вегетационного индекса NDVI, с помощью которой можно перейти от феноменологического способа описания развития и роста растений к модельным представлениям о процессе вегетации в целом. Полученный ранее экспериментальный материал биологических исследований связывается в рамках математической модели с рассчитанными по спутниковым снимкам значениями вегетационных индексов. Это дает возможность количественно оценивать характеристики и показатели развития растений в рамках наблюдений за посевами, проведенных с помощью космических аппаратов, а также эксплицировать основные положения математической модели, которая соединяет две точки зрения, полученные различными способами: экспериментальным путем и посредством визуального анализа. Такой подход позволит объяснить, как происходящие в растениях процессы отображаются в математической модели данных, получаемых из космоса. Предложенная ранее математическая модель динамики вегетационного индекса NDVI в основном использовала для прогнозирования наблюдения прошлых сезонов и предполагала введение в прогностическую модель фиктивных (dummy) переменных. Рассматривается подход, основанный исключительно на параметрах модели для текущего полевого сезона и введенной новой интегральной характеристики, зависящей от значений вегетационного индекса NDVI. Преимущество данного подхода к прогнозированию урожайности заключается в том, что прогноз делается на основе поступающих с космического аппарата данных, т. е. является оперативным. При этом в основу прогноза положена динамическая модель, которая учитывает физиологические особенности сельскохозяйственных растений, в частности – озимой пшеницы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: вегетационный индекс NDVI, математическое моделирование биологических процессов, динамические модели, прикладной статистический анализ, озимая пшеница, прогноз урожайности.

FORECASTING GRAIN CROPS HARVESTING CAPACITY BASED ON NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX DYNAMIC MODEL WITH CONSIDERATION TO PHYSIOLOGICAL FEATURES OF AGRICULTURAL PLANTS' DEVELOPMENT

**Aleksey G. Bukhovets
Marina V. Kucherenko
Evgeniy A. Semin**

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

The use of a dynamic model to forecast the yield of grain crops was mainly based on historic observations and assumed the introduction of dummy variables into the predictive model. The authors consider the approach, which is based solely on the parameters of the model for the current season and the introduction of a new integral characteristic. The authors present a dynamic model of normalized difference vegetation index (NDVI), which allows switching from a phenomenological method of describing the development and growth of plants to model

representations of the vegetation process in its entirety. Within the framework of a mathematical model the previously obtained experimental results of biological studies are associated with the values of vegetation indices calculated from satellite images. This allows for a quantitative estimation of characteristics and indicators of plant development during satellite crop monitoring. It also becomes possible to explicate the main provisions of the mathematical model that connects two points of view obtained by different methods, i.e. experimentally and through visual analysis. Such approach will explain how the processes occurring in plants are represented in the mathematical model of data obtained from space. The previously proposed mathematical model of dynamics of NDVI used mainly the observations of past seasons for forecasting and assumed the introduction of dummy variables into the predictive model. The authors consider the approach, which is based solely on the parameters of the model for the current field season and the introduction of a new integral characteristic that depends on the values of NDVI. The advantage of this approach to yield forecasting is that it is based on the data received from a spacecraft, which means that it is a real-time forecast. Moreover, the basis for such forecast is a dynamic model that takes into account the physiological characteristics of agricultural plants, namely winter wheat.

KEYWORDS: normalized difference vegetation index (NDVI), mathematical modeling of biological processes, dynamic models, applied statistical analysis, winter wheat, yield forecast.

Введение
Известен большой вклад фотосинтезирующих элементов органов растений в формирование урожая. Работы, в которых исследовалась эта связь фотосинтезирующих элементов органов (листьев, побегов, соцветий и др.) озимой пшеницы с продуктивностью, изучались в рамках различных исследований [1, 15]. Однако, как известно, одновременно с формированием зеленой массы идет процесс создания пластических веществ, основного материала для создания зерен и сухой массы. В опубликованных источниках взаимосвязи этих двух одновременно протекающих процессов, на наш взгляд, не уделено должного внимания, хотя очевидно, что эти процессы являются взаимосвязанными.

Переход от моделей развития фотосинтезирующих элементов растений к фотосинтезирующей поверхности посева в целом в настоящее время также не является решенной в окончательном виде задачей. Особенно актуальной эта проблема стала в связи с использованием данных дистанционного зондирования Земли [9, 10]. В качестве основного индикатора обычно выступает вегетационный индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), который, как известно, опирается именно на хлорофилльный характер зеленых посевов, снимаемых в различных областях красной части спектрального диапазона [3].

Очевидно, что процесс нарастания зеленой массы можно наблюдать на получаемых с космических аппаратов снимках поверхностей Земли, в частности массивов сельскохозяйственных угодий [5, 7, 18]. Разностный индекс вегетативного развития NDVI основан на отношении разности интенсивностей красного и ультракрасного областей спектра к сумме этих же интенсивностей [9]. При этом важную роль в определении значения индекса играет свойство хлорофилла хорошо поглощать свет, длины волн которого соответствуют красной части диапазона спектра. Методика оценки состояний посевов зерновых культур, базирующаяся на показаниях NDVI, широко используется в отечественной и зарубежной практике [16, 19, 22].

Ранее нами была предложена математическая модель динамики вегетационного индекса NDVI [11, 24]. В отличие от рассмотренных в литературе подходов [3, 4], представленная модель отражает особенности развития растений озимой пшеницы и применялась к полям, имеющим сравнительно небольшие площади, а именно к отдельным полям в 30–200 га в Центрально-Черноземном регионе [11].

Использование динамической модели для прогнозирования в основном базировалось на наблюдениях прошлых лет и предполагало введение в прогностическую модель фиктивных переменных [24]. В данной работе рассматривается подход, основанный исключительно на параметрах модели для текущего сезона и введения новой интегральной характеристики.

Методические аспекты построения модели динамики вегетационного индекса NDVI

Биологические и физиологические аспекты моделирования

В данном разделе речь пойдет об основных положениях, содержащихся явно или неявно в основе построения динамической модели NDVI [11, 24]. Экспликация этих положений позволит, как мы надеемся, уяснить их роль и взаимосвязь с основными положениями физиологии растений [25].

Известно, что ранее динамические модели фотосинтетической поверхности составлялись по каждому вегетативному органу растения пшеницы [23]. Мы, по целому ряду причин, лишены возможности проводить натурные эксперименты, и поэтому вынуждены при построении модели пользоваться теми результатами, которые были получены другими авторами [4, 5, 6]. Будем в дальнейшем рассматривать NDVI как показатель обобщенной (интегральной) фотосинтезирующей поверхности без разделения и учета вклада каждого отдельного вегетативного органа. Иначе говоря, будем рассматривать посев как некоторую систему, объединяющую совокупность растений, свойства которых в значительной степени определяют свойства системы в целом. Эти свойства затем находят отражение в получаемых эмпирических данных.

В своей работе мы стремились к согласованию и непротиворечивости наших исходных модельных представлений с полученными в ходе экспериментов выводами других, как уже было указано выше, авторов.

При этом отметим, что в рассмотренных нами работах не исследовался в явной форме процесс участия хлорофилла в формировании пластических веществ. Обычно констатировался спад и затухание фотосинтеза вегетирующих органов растений, уменьшение уровня образования хлорофилла. С нашей точки зрения, этот момент был бы весьма существенным в процессе роста накопленной растительной массы, поскольку он оказывает по предварительным данным существенное влияние на урожайность.

Исходные данные представляли собой массивы значений NDVI посевов озимой пшеницы в ЦФО, усредненные по результатам измерения в период от возобновления вегетации до созревания (март-август) за 2017 г. Эти данные были получены с помощью космического аппарата MODIS с разрешающей способностью 250 м. При этом первоначальные данные были очищены от мешающих факторов (облачность, дымка и пр.) с помощью специальных масок.

Функционирование сложных систем подчинено различным, по-видимому, неизвестным еще нам, законам: физическим, химическим, биологическим и другим. В ходе формирования математической модели мы не стремились устанавливать, какие именно законы проявляются в том или ином случае, а путем проверки различного рода гипотез – феноменологических, представленных в виде простых моделей, искали статистические подтверждения сделанным эмпирическим предположениям. При этом в ходе построения и дальнейшего анализа математической модели динамики разностного вегетационного индекса NDVI мы полагали, что имеют место следующие основные допущения (предположения).

1. Определяющую роль в создании будущего урожая играет процесс выработки пластических веществ в растениях за счет процесса фотосинтеза [1, 20, 23]. Основой этого процесса являются так называемые фотосинтезирующие поверхности. Фотосинтезирующие элементы генеративных органов растений, в нашем конкретном случае – озимой пшеницы, вносят существенный вклад в формирование будущего урожая. Как уже отмечалось ранее, вклад фотосинтезирующих элементов генеративных органов злаков в формирование урожая особенно возрастает начиная с фазы колошения.

2. Выделение роли генеративных органов злаков в формировании урожая на разных этапах органогенеза будет различным. Фотосинтезирующая поверхность расте-

ний озимой пшеницы складывается из различных элементов генеративных органов: листьев, стебля, соцветий и др. Однако в рамках нашей модели мы будем рассматривать посевы озимой пшеницы как однородную среду, представленную на снимках ИСЗ. Будем рассматривать совокупность растений на полях как некоторое целостное образование, т. е. как системный объект. При этом мы не будем учитывать влияние внутривидовой неоднородности.

3. Поскольку значения параметров динамической модели NDVI не являются однозначно определенными в каждый конкретный момент времени ввиду их зависимости от множества различных факторов, то будем рассматривать их как случайные величины. Величина фотосинтезирующей поверхности положительно коррелирует, как показывают расчеты, проведенные [3], со значениями вегетационного индекса NDVI. Логически это положение следует как из определения индекса NDVI, получающегося путем измерения интенсивностей падающего и отраженного света хлорофилловым органом в красной и инфракрасной областях спектра, так и из анализа физиологических особенностей формирования зеленой массы растений озимой пшеницы.

4. Вводимая нами в рассмотрение функция $Y = Y(t)$, описывающая динамику индекса NDVI, на качественном уровне должна отражать процессы развития фотосинтезирующей поверхности и ее угасания. Введенные в рассмотрение параметры модели a и b характеризуют скорости роста и вегетации как самого растения, так и его отдельных органов. Значения параметров a и b отражают интегральное влияние всех факторов развития отдельного растения, а также биологические свойства культуры: ее генотип, влияние агрометеорологических и геофизических условий. Соотношение этих факторов определяется периодом вегетации, а также временем $t_{\max}$, при котором площадь фотосинтезирующей поверхности достигает своего максимального значения в фазе колошения.

5. Мы будем использовать в нашей модели числовые значения вегетационного индекса NDVI, которые получены в ходе дистанционного зондирования [11]. Как показано в ряде работ (например, 3, 17), величины этого показателя коррелируют со значениями фотосинтезирующей (ассимилирующей) поверхности, которые, в свою очередь, образуют фотосинтезирующий потенциал. При этом влияние фотосинтезирующего потенциала на величину урожайности считается относительно хорошо изученным [4, 5, 25]. Приведенные в [23] уравнения, описывающие динамику накопления биомассы, и уравнение для площади ассимилирующей поверхности совпадают с точностью до обозначений.

Математические аспекты построения модели разностного индекса NDVI

При сделанных ранее предположениях приходится ввести еще ряд дополнительных предположений, накладывающих определенные ограничения, связанные с использованием математического аппарата.

1. Так, приходится дополнительно предполагать, что описывающая динамику вегетационного индекса функция $Y(t)$ является не только непрерывной, но и дифференцируемой функцией. Это предположение дает возможность в дальнейшем анализе использовать элементы дифференциального и интегрального исчисления и математической статистики непрерывных случайных величин.

2. Данные индекса NDVI не могут быть корректно получены в момент, когда обследуемые объекты закрыты облаками. Кроме этого, различный уровень облачности вносит определенные искажения в значения получаемых данных. Также наша модель не учитывает непосредственного влияния гидрометеорологических факторов, таких как влажность, температурный режим и пр. Эти факторы относятся нами к случайной составляющей, величину которой можно оценить в рамках предложенной модели. Будем предполагать, что влияние этих условий системно проявляется в результирующем показателе – урожайности конкретного поля. Все это в целом определяет статистический характер формируемой нами динамической модели.

3. Величина индекса NDVI, как и величина фотосинтезирующей поверхности, изменяется пропорционально уже достигнутому уровню и зависит от некоторой функции $\varphi(t)$. Математически данное предположение можно представить следующим образом:

$$Y'(t) = Y(t)\varphi(t). \quad (1)$$

4. Преобразовав это выражение, получим, что введенная выше функция $\varphi(t)$ представляет не что иное, как относительную скорость изменения значений вегетационного индекса, т. е. величину, показывающую на сколько единиц в день (единица измерения временного интервала в модели) изменяется скорость изменения индекса NDVI.

Другими словами,

$$\frac{Y'(t)}{Y(t)} = \varphi(t), \quad (2)$$

где функция $\varphi(t)$, как видно из полученного соотношения, определяет относительную скорость нарастания $Y(t)$ значений показателя NDVI.

Если полагать, что $\varphi(t)$ – постоянная величина, не зависящая от времени, то будет получена экспоненциальная модель роста. В этом случае значения $Y(t)$ неограниченно растут, что не может служить моделью вегетационного процесса. Если предположить, что $\varphi(t) = C(a - Y(t))$, то получаем модель логистического роста Ферхюльста [13]. При малых значениях t величина $Y = Y(t)$ в этом случае растет экспоненциально, а при больших имеет конечный предел. Именно это второе свойство не позволяет представлять относительную скорость роста в таком виде, поскольку, как видно из представленных эмпирических данных, со временем значения показателя NDVI должны убывать. В целом временной ряд вегетационного индекса обладает свойством антиперсистентности, т. е. восходящая тенденция должна сменяться нисходящей.

5. Сформулированные выше соображения определяют то, что функция $\varphi(t)$ должна довольно быстро убывать со временем.

В качестве наиболее подходящего варианта предлагается функция вида $\varphi(t) = \left(\frac{b}{t} - a \right)$.

В этом случае функция $Y(t)$, являющаяся решением дифференциального уравнения (1), примет следующий вид:

$$Y(t) = C \cdot t^b \cdot e^{-at}, \quad (3)$$

где параметр C выполняет роль нормирующего множителя, а интерпретация параметров a и b будет дана ниже.

6. Графическое изображение построенной функции вполне соответствует характеру имеющихся опытных данных. Оценка параметров модели по экспериментальным данным проводилась методом наименьших квадратов [21]. Построенные при таких предположениях модели динамики вегетационного индекса, соответствующие различным полям, обладают хорошим качеством подгонки: коэффициент детерминации находится в пределах $0,7 \div 0,85$.

Завершая рассмотрение основных предположений, отметим, что феноменологический характер модели в целом хорошо согласуется с результатами обработки статистических данных и экспериментальными результатами анализа физиологии растений.

Обсуждение результатов моделирования

Интерпретация параметров динамической модели NDVI и их связь с продуктивностью (посевов)

Величины C , b и a в рамках модели, представленной уравнением (3), рассматриваются как параметры, т. е. они остаются постоянными для какого-то определенного поля (посева), но могут изменять свои значения при переходе от одного поля к другому.

Очевидно, что эти параметры являются интенсивными [25] в рамках рассматриваемой модели. Введенные в модели параметры имеют содержательную интерпретацию для всего посева в целом, которая во многом переносится с интерпретации отдельного растения [23].

Так, параметр b является параметром роста. Величина параметра b со временем уменьшается, поскольку появляются новые не фотосинтезирующие органы, которые не участвуют в образовании хлорофилла. Поэтому в течение вегетационного периода этот параметр убывает, точнее убывает выражение b/t , которое в функции $\varphi(t)$ можно рассматривать как единое целое. Наличие времени в правой части уравнения свидетельствует о том, что эта переменная модели $Y(t)$ сохраняет знание о прошлом, т. е. несет информацию о системном влиянии некоторых экзогенных факторов.

Избавиться от параметра t можно, например, проинтегрировав это выражение по переменной t . Такой интегральный показатель, как будет показано ниже, корреляционно связан с урожайностью на данном поле.

Абсолютное значение величины параметра b характеризует системное (интегральное) влияние всех факторов, таких как влажность, наличие минеральных удобрений, температурный режим и пр., на продолжительность периода вегетации всех фотосинтетических органов растений [8].

Параметр a характеризует усыхание (старение, отмирание) некоторых органов растения, это параметр старения. Величина данного параметра не зависит от времени. Вместе с тем параметр a , являясь параметром стока [25], характеризует скорость убывания хлорофилла в растениях.

Параметр C является нормировочным коэффициентом, связанным с масштабом измерения индекса NDVI.

Типичный график построенного уравнения можно видеть, например, в [11, 24] и на рисунке 1.

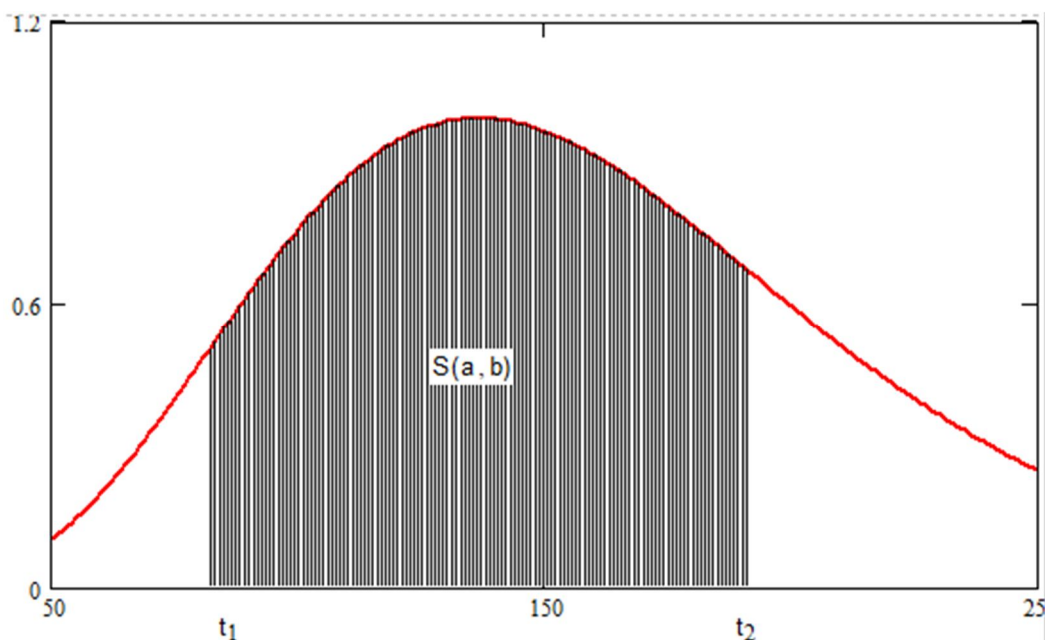


Рис. 1. Величина $S(a, b)$ представляет среднее значение вегетационного индекса NDVI на промежутке $[t_1, t_2]$

Оценки параметров C , b и a , полученные по методу наименьших квадратов, характеризуются как значимые на стандартном 5% уровне. Качество уравнений регрессии, полученное по выборке полей различной урожайности объемом более ста единиц, определяемое коэффициентом детерминации, составляет 70–85% [12].

Значение $t_{\max}$ – время начала (интенсивного) процесса затухания фотосинтеза поверхности вегетирующих органов растений является своеобразной реперной точкой фазы колошения. На наш взгляд, этот параметр модели связан с определенной фазой органогенеза. Соотношение b и a характеризует относительное изменение скорости роста вегетации как самого растения (озимой пшеницы), так и его органов: листьев, стеблей и соцветий.

Прогностические свойства динамической модели NDVI

Анализ статистической связи урожайности U со значениями NDVI начинаем, определив время, когда величина вегетационного индекса достигает максимального значения. Для этого достаточно решить уравнение $Y(t) = 0$. Как показал анализ, точка, которая определяет этот момент, зависит только от отношения параметров b и a , т. е.

$$t_{\max} = \frac{b}{a}.$$

Используя соотношение (3), можно определить сроки, когда темп роста скорости вегетационного индекса изменяется. Для этого надо рассмотреть уравнение $Y'(t) = 0$, корнями которого будут величины $t_1 = (b - \sqrt{b})/a$ и $t_2 = (b + \sqrt{b})/a$. Очевидно, что значения t_1 и t_2 располагаются симметрично относительно $t_{\max}$, но при этом $Y(t_2) > Y(t_1)$.

При $t_1 < t < t_2$ темп роста вегетационного индекса будет отрицательным, т. е. вторая производная будет меньше нуля: $Y''(t) < 0$.

Для дальнейшего исследования введем в рассмотрение величину $S(a, b)$, численно равную отношению интеграла функции $Y(t) = C \cdot t^b \cdot e^{-at}$ на промежутке $[t_1, t_2]$ к величине этого промежутка, т. е.

$$S(a, b) = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} Y(t) dt = \frac{C}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} t^b e^{-at} dt. \quad (4)$$

Полученную величину $S(a, b)$ можно считать средним значением функции $Y(t)$ на промежутке интегрирования, или средним значением интегрального показателя динамической модели NDVI. Эта величина пропорциональна объему общей зеленой массы, а следовательно, и сухой. В дальнейшем для краткости будем называть величину $S(a, b)$ интегральным показателем.

На рисунке 1 представлены кривая динамической модели NDVI, промежуток интегрирования и площадь под интегральной кривой, соответствующая среднему значению S . Заметим, что если сравнить площадь, соответствующую промежутку $[t_1, t_2]$, с площадью под всей кривой, т. е. на промежутке $(0; \infty)$, то величина $S(a, b)$ будет составлять примерно от 1/2 до 2/3 общей площади в зависимости от значений параметров b и a .

Выбор этого промежутка объясняется тем, что величины средних значений вегетационного индекса, как видно из (4), зависят, не только от параметров b и a , но еще и от пределов интегрирования. Для того, чтобы иметь возможность сравнивать величины $S(a, b)$, соответствующие разным полям, были выбраны пределы, зависящие от характеристик вегетационного процесса, а не от внешних факторов, таких как, например, время уборки. Последний параметр, который определялся экспертным способом, весьма субъективен и часто сильно вариативен. Эксперименты, проведенные с таким параметром, дают результаты хуже, чем с параметрами t_1 и t_2 .

В таблице 1 приводятся дескриптивные статистики параметров a , b , C , U и S , а в таблице 2 – корреляционные связи этих же величин. Как видно, параметры a , b и C , которые связаны с ростом растений, т. е. являются интенсивными характеристиками, не коррелируют, по крайней мере значимо, с урожайностью U . Как показывают исследования, взаимосвязи параметров модели C , a и b с урожайностью U на значимом 5% уровне не наблюдается. Заметим, однако, что значимая корреляция была отмечена [14] между урожайностью и густотой продуктивного стеблестоя.

Таблица 1. Описательные статистики параметров и характеристик модели NDVI

Variable	Descriptive Statistics (Spreadsheet3_dummy_(Recovered).sta)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
U - Урожайн	105	51,52016	25,00000	97,01000	15,52356
C	105	36,01119	13,49940	62,48270	11,15574
b	105	8,83584	3,26880	15,48590	2,77607
a	105	-0,05625	-0,10340	-0,02120	0,01834
S - Ср. интеграл	105	0,68230	0,49600	0,80600	0,05233

Таблица 2. Корреляционные связи параметров и характеристик модели NDVI

Variable	Correlations (Spreadsheet3_dummy_(Recovered).sta)						
	Means	Std.Dev.	U - Урожайн	C	b	a	S - Интеграл
U - Урожайн	51,52016	15,52356	1,000000	-0,061154	-0,046820	-0,002478	0,437667
C	36,01119	11,15574	-0,061154	1,000000	0,998529	-0,983099	0,481089
b	8,83584	2,77607	-0,046820	0,998529	1,000000	-0,989843	0,490354
a	-0,05625	0,01834	-0,002478	-0,983099	-0,989843	1,000000	-0,522107
S - Интеграл	0,68230	0,05233	0,437667	0,481089	0,490354	-0,522107	1,000000

Как видно из таблицы 1, параметры *C*, *a* и *b* сильно связаны и коррелируют друг с другом и с параметром *S*. В свою очередь, параметр *S* коррелирует со значениями *U*. Таким образом, вновь введенный параметр *S* является промежуточным параметром между характеристиками динамической модели и урожайностью *U*.

Из приведенных в таблице 2 данных видно, что параметры *a*, *b* и *C*, которые связаны с ростом растений, т. е. являются интенсивными характеристиками, не обнаруживают значимой корреляционной связи с урожайностью. И наоборот, значение интегрального показателя, который является экстенсивной переменной, имеет самую высокую значимость коэффициента корреляции с урожайностью.

Для иллюстрации сделанных выше выводов приведем результаты факторного анализа [21], которые представлены на рисунке 2. Первые два фактора в сумме представляют более 92% вариации. В пространстве хорошо видно, что параметры *a* и *b* противоположно направлены и при этом ортогональны параметру *U*. При этом признак *S* расположен ближе к параметру *U*, чем к параметрам *a* и *b*.

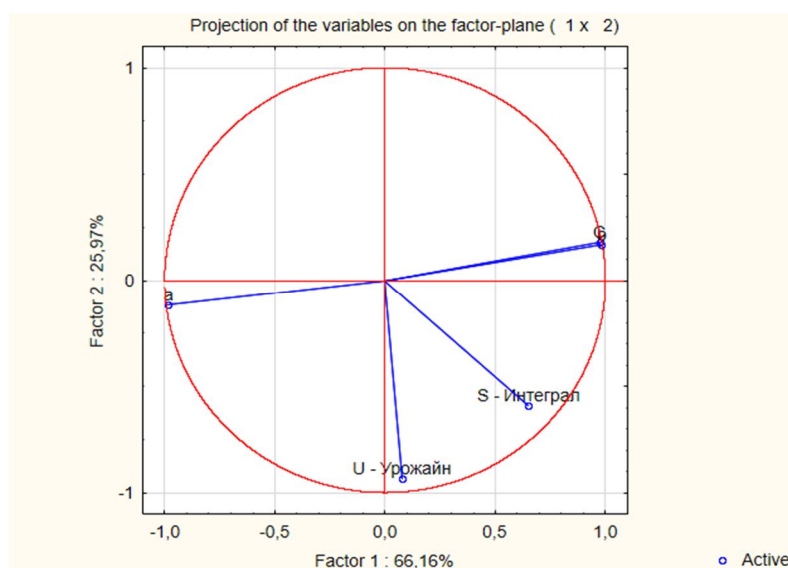


Рис. 2. Результаты факторного анализа переменных *a*, *b*, *U* и *S*

В ходе дальнейших исследований было установлено, что две переменные: S – среднее значение интегрального показателя и U – урожайность, как свидетельствует QQ-графики [19], имеют одинаковые распределения (см. рис. 2). Эти результаты позволяют оценивать распределение урожайности по полученным значениям параметров b и a . Причем эта зависимость нарушается для полей с малой урожайностью (менее 35 ц/га).

Эти результаты позволяют сделать следующие выводы.

Во-первых, фактически подтверждается предположение о том, что урожайность как системный показатель носит интегральный характер, и многие случайные факторы, не учтенные непосредственно в модели, оказывают влияние на величину этого показателя. Построенная модель позволяет оценить величину вклада совокупности случайных факторов, не включенных в модель (3).

Во-вторых, введенный нами интегральный показатель, ввиду тесной связи с показателем урожайности, может быть использован для прогнозирования величины урожайности. QQ-график, представленный на рисунке 3, показывает хорошее совпадение функций распределения величин U – урожайности и S – среднего значения интегрального показателя и свидетельствует о том, что эти величины в информационном плане теснее связаны друг с другом, чем характеристики динамической модели вегетационного индекса.

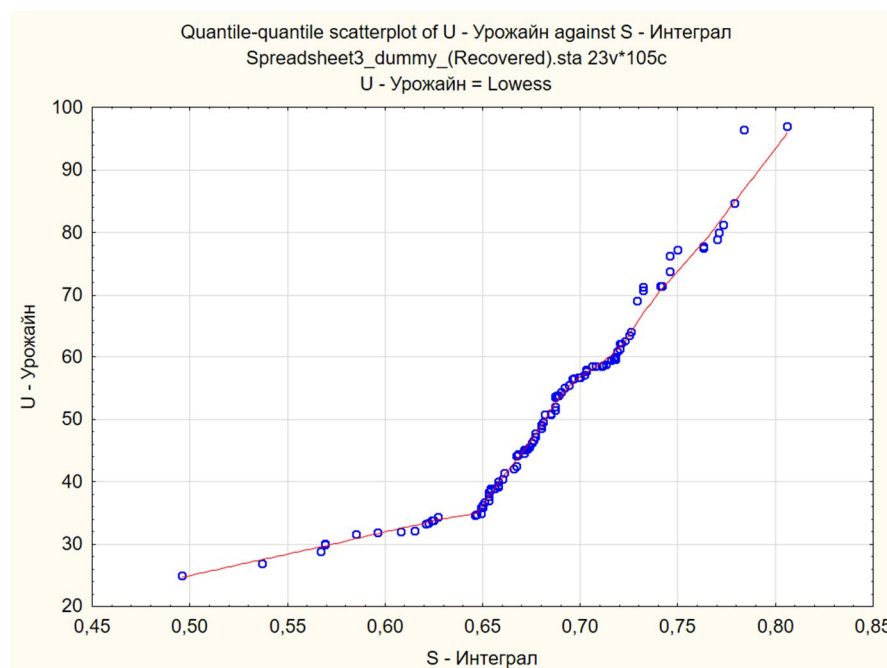


Рис. 3. QQ-график для урожайности U и интегральной характеристики S

Результаты построения регрессионной зависимости урожайности U от значений интегрального показателя S приведены в таблице 3.

Таблица 3. Оценки параметров регрессионной зависимости урожайности U от интегрального показателя S

Regression Summary for Dependent Variable: U - Урожайн (Spreadsheet3_dummy_(Recovered).sta 23v*105c)						
R= ,43766685 R?= ,19155228 Adjusted R?= ,18370327						
F(1,103)=24,405 p<,00000 Std.Error of estimate: 14,025						
N=105	b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(103)	p-value
Intercept			-37,0614	17,98326	-2,06088	0,041834
S - Интеграл	0,437667	0,088595	129,8269	26,28018	4,94011	0,000003

Полученное уравнение будет иметь вид

$$U = -37,06 + 129,83 S, R^2 = 0,19. \quad (4)$$

Уравнение (4) будем использовать для прогноза. Пусть, например, величина S примет значение, равное 0,75. Тогда прогнозное значение U составит 60,31 ц/га, 95% доверительный интервал будет (55,86÷64,76); 90% доверительный интервал (56,58÷64,03). Другие результаты вычисления прогнозных значений и соответствующие доверительные интервалы для надежностей 90 и 95% можно видеть в таблице 4.

Таблица 4. Результаты вычисления прогнозных значений средней урожайности по величине интегрального показателя

№	S интегральный показатель	U урожайность (прогноз)	90% уровень надежности		95% уровень надежности	
			U _{нижн}	U _{верх}	U _{нижн}	U _{верх}
1	0,60	40,83	36,59	45,08	35,76	45,91
2	0,65	47,33	44,65	50,00	44,13	50,52
3	0,70	53,82	51,42	56,22	50,95	56,68
4	0,75	60,31	56,58	64,03	55,86	64,76
5	0,80	66,80	61,19	72,41	60,09	73,51
6	0,85	73,29	65,63	80,95	64,14	82,44

Уравнение регрессии, определяющее зависимость урожайности (U) от параметров C , a и b , имеет $R^2 = 0,122$ ($R^2_{adj} = 0,095$), в то время как парная регрессия урожайности (U) от величины S имеет $R^2 = 0,192$ ($R^2_{adj} = 0,184$). Эти результаты подтверждают сформулированный ранее вывод о более тесной связи интегрального показателя S и урожайности U , чем с интенсивными характеристиками модели.

К аналогичным выводам можно прийти, проанализировав результаты регрессионных моделей с процедурами Forward Step и Backward Step [21]. Как и ожидалось, прогноз для малых значений урожайностей не является удовлетворительным. При значениях $S < 0,68$ – минимального значения, взятого для построения модели, могут появиться отрицательные значения.

Обсуждение результатов и заключение

Представленный в статье интегральный показатель S , который получен на основе динамической модели вегетационного индекса NDVI, может быть использован для прогнозирования урожайности озимой пшеницы. В отличие от ранее предложенных подходов к прогнозированию [2] данный подход не использует фиктивных (dummy) переменных [24] и не требует выполнения процедур устранения мультиколлинеарности [12].

Преимущество предложенного подхода к прогнозированию урожайности заключается в том, что прогноз делается на основе поступающих с космического аппарата данных, т. е. является оперативным. При этом в основу прогноза положена динамическая модель, которая, как было показано ранее, учитывает физиологические особенности развития сельскохозяйственных культур, в частности – озимой пшеницы.

Полагаем, что результаты прогнозирования можно значительно улучшить, если при построении динамической модели учитывать такие факторы, как сорт пшеницы, условия вегетации, количество дней без солнца, длительность фаз органогенеза, температурный режим почвенного слоя и другие факторы, которые оказывают влияние на величину урожая. Потому что, как было показано в наших работах, взаимосвязь величины урожая и параметров динамической модели в случае предварительной классификации значима на довольно высоком уровне. При этом методический подход, базирующийся на результатах построения динамической модели NDVI и интегрального показателя, полностью сохраняется.

В настоящее время большое внимание уделяется развитию программно-информационной составляющей, позволяющей обрабатывать и визуализировать спутниковую информацию. Такого рода модели могут быть в значительной степени использованы в разработке информационных систем мониторинга сельскохозяйственных угодий, в частности в прогнозировании урожайности озимой пшеницы.

Анализ динамической модели, связывающей значения NDVI и продукционные процессы, показывает, что эта модель может быть использована в качестве основы информационных систем сельскохозяйственного назначения.

Благодарность. Авторы выражают благодарность заведующему кафедрой селекции, семеноводства и биотехнологий ВГАУ доктору сельскохозяйственных наук Галине Геннадьевне Голевой за обсуждение результатов представленной работы.

Библиографический список

1. Андрианова Ю.Е. Хлорофилл и продуктивность растений / Ю.Е. Андрианова, И.А. Тарчевский. – Москва : Наука, 2000. – 134 с.
2. Буховец А.Г. Современные подходы и методы в прогнозировании урожайности отдельных видов зерновых культур : монография / А.Г. Буховец, Е.А. Семин, Т.Я. Бирючинская. – Воронеж : ФГБОУ ВПО ВГАУ, 2016 – 226 с.
3. Возможности дистанционной оценки урожайности озимой пшеницы на основе вегетационного индекса фотосинтетического потенциала / Ф.В. Ерошенко и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2016. – Т. 13, № 4. – С. 99–112.
4. Журавлева В.В. Моделирование процессов фотосинтеза и фотодыхания C_3 -растений / В.В. Журавлева // Математическая биология и биоинформатика. – 2015. – Т. 10, № 2. – С. 482–507.
5. Зверева Г.К. Структурные адаптации ассимиляционной ткани генеративных органов фестоидных злаков / Г.К. Зверева // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. – 2018. – № 17. – С. 348–352.
6. Зиганшин А.А. Факторы программированных урожаев / А.А. Зиганшин, Л.Р. Шарифуллин. – Казань : Татарское кн. изд-во, 1974. – 176 с.
7. Использование данных дистанционного зондирования земли для региональной оценки качества зерна озимой пшеницы / Ф.В. Ерошенко, И.Г. Сторчак, И.В. Энговатова, Н.Г. Лиховид // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2020. – Т. 26, № 3. – С. 240–251. DOI: 10.35595/2414-9179-2020-3-26-240-251.
8. Использование данных дистанционного зондирования Земли для оценки состояния и продуктивности посевов сельскохозяйственных культур / Ф.В. Ерошенко, И.Г. Сторчак, Е.О. Шестакова и др. – Ставрополь : Ставрополь-Сервис-Школа, 2020. – 130 с.
9. Использование космических съемок и наземных обследований для оценки состояния посевов сельскохозяйственных культур / В.Е. Зинченко, О.И. Лохманова, В.И. Повх и др. // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2012. – № 1. – С. 45–47.
10. Космический мониторинг земель сельскохозяйственного назначения Юга России / В.Е. Зинченко, О.И. Лохманова, В.П. Калинин и др. // Исследование Земли из космоса. – 2013. – № 3. – С. 33. DOI: 10.7868/S0205961413030068.
11. Моделирование динамики вегетационного индекса NDVI озимой пшеницы в условиях ЦФО / А.Г. Буховец, Е.А. Семин, Е.И. Костенко, С.И. Яблоновская // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2018. – Т. 11, № 2 (57). – С. 186–199. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2018.2.186.
12. Прикладная статистика. Классификация и снижение размерности. Финансы и статистика / С.А. Айвазян, В.М. Бухштабер, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин. – Москва : Финансы и статистика, 1989. – 607 с.
13. Ризниченко Г.Ю. Лекции по математическим моделям в биологии. Ч. 1 / Г.Ю. Ризниченко. – Ижевск, 2002. – 232 с.
14. Селекционная оценка озимой пшеницы методом ранговой корреляции / И.А. Русанов, А.Г. Буховец, Т.Г. Ващенко и др. // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2010. – № 4 (27). – С. 15–20.

15. Семин Е.А. Использование индекса NDVI в прогнозных задачах / Е.А. Семин, А.Г. Буховец // Актуальные вопросы устойчивости АПК и сельских территорий : матер. Всероссийской науч.-практ. конф. (Воронеж, 4 декабря 2017 г.). – Воронеж : ФГБОУ ВО ВГАУ, 2017. – С. 39–43.
16. Степанов А.С. Влияние климатических характеристик и значений вегетационного индекса NDVI на урожайность сои (на примере районов Приморского края) / А.С. Степанов, Т.А. Асеева, К.Н. Дубровник // Аграрный вестник Урала. – 2020. – № 1 (192). – С. 10–19.
17. Степанов А.С. Прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур на основе данных дистанционного зондирования Земли (на примере сои) / А.С. Степанов // Вычислительные технологии. – 2019. – Т. 24, № 26. – С. 125–132.
18. Сторчак И.Г. Особенности динамики вегетационного индекса NDVI в различных почвенно-климатических зонах Ставропольского края / И.Г. Сторчак, Ф.В. Ерошенко, Е.О. Шестакова // Аграрный вестник Урала. – 2019. – № 9 (188). – С. 12–18.
19. Технология мониторинга состояния посевов по данным дистанционного зондирования Земли на юге Западной Сибири / Л.А. Сладких, Е.И. Сапрыкин, М.Г. Захватов, Е.Ю. Сахарова // Геоматика. – 2016. – № 2. – С. 39–48.
20. Фотосинтез и продукционный процесс / Б.И. Гуляев, Е.М. Ильяшук, Б.А. Митрофанов и др.; под общ. ред. Б.И. Гуляева. – Киев : Наукова думка, 1983. – 143 с.
21. Халафян А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных / А.А. Халафян. – Москва : ООО «Бином-Пресс», 2010. – 528 с.
22. Черепанов А.С. Вегетационные индексы / А.С. Черепанов // ГЕОМАТИКА. – 2011. – № 2. – С. 98–102.
23. Шатилов И.С. Математическая модель фотосинтетической деятельности посева озимой пшеницы / И.С. Шатилов, А.М. Замараев // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 1987. – Вып. 2. – С. 31–39.
24. Dynamic model of crops' normalized difference vegetation index in Central Federal District environment / A.G. Bukhovets, E.A. Semin, M.V. Kucherenko, S.I. Yablonovskaya // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies, Volgograd, Krasnoyarsk, 18–20 June 2020 ; Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. – Volgograd, Krasnoyarsk : Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. – P. 42019. DOI: 10.1088/1755-1315/548/4/042019.
25. Thornley J.H.M. Mathematical models in plant physiology / J.H.M. Thornley. – Academic Press, 1976. – 312 p.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Алексей Георгиевич Буховец – доктор технических наук, профессор кафедры экономического анализа, статистики и прикладной математики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: abuhovets@mail.ru.

Марина Викторовна Кучеренко – преподаватель-исследователь кафедры экономического анализа, статистики и прикладной математики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: kucba021@mail.ru.

Евгений Александрович Семин – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономического анализа, статистики и прикладной математики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», г. Воронеж, Россия, e-mail: 113ghz@mail.ru.

Дата поступления в редакцию 29.06.2021

Дата принятия к печати 28.08.2021

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Aleksey G. Bukhovets, Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Economic Analysis, Statistics and Applied Mathematics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: abuhovets@mail.ru.

Marina V. Kucherenko, Research Lecturer, the Dept. of Economic Analysis, Statistics and Applied Mathematics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: kucba021@mail.ru.

Evgeniy A. Semin, Candidate of Economic Sciences, Senior Lecturer, the Dept. of Economic Analysis, Statistics and Applied Mathematics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: 113ghz@mail.ru.

Received June 29, 2021

Accepted after revision August 28, 2021

ФОРМИРОВАНИЕ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА В АГРАРНОЙ СФЕРЕ РОССИИ

**Евгений Валентинович Авдеев
Константин Семенович Терновых**

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Показано, что в настоящее время в России остро стоит вопрос разработки концепции государственной стратегии развития человеческого капитала в аграрной сфере, что в значительной степени предопределяет продовольственную и экономическую безопасность страны. Доказана необходимость ухода от «человекоориентированности» в принятии государственных программ к разработке комплексной стратегии развития человеческого капитала как в целом по экономике, так и в аграрной сфере в частности. Обоснована целесообразность использования системного, программно-целевого и проектного подходов при принятии стратегии развития человеческого капитала, путем анализа положительных моментов, а также возможных ограничений (недостатков) от их использования. В современных условиях использование лишь одного из перечисленных способов в управлении развитием человеческого капитала аграрной сферы является несостоятельным. Целесообразно выстраивание такого алгоритма, который бы включал в себя положительные аспекты программно-целевого, системного и проектного подходов, направленные на формирование концепции развития человеческого капитала аграрной сферы на стратегическую перспективу. Это будет способствовать решению накопившихся проблем, прежде всего связанных с преодолением кризиса в развитии человеческого капитала аграрной сферы и АПК в целом. Ключевой задачей развития человеческого капитала аграрной сферы выступает создание теоретико-методологической базы стратегического планирования, управления и контроля данными процессами. При этом в качестве первого этапа следует выделить анализ существующей нормативно-правовой базы, принципов и положений формирования подобной концепции. Проведен анализ существующей в России нормативно-правовой базы, на основании которого осуществлена систематизация законодательных актов по сферам регулирования компонентов, определяющих уровень развития человеческого капитала. Установлено, что необходимый базис для принятия стратегии развития человеческого капитала аграрной сферы вполне достаточен, однако требуется определенная работа по выработке законченного варианта стратегии.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: человеческий капитал, стратегия развития, аграрная сфера, нормативно-правовая база, стратегическое планирование.

FORMATION OF HUMAN CAPITAL DEVELOPMENT STRATEGY IN THE AGRARIAN SECTOR IN RUSSIA

**Evgeniy V. Avdeev
Konstantin S. Ternovkh**

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

It is shown that at present in Russia there is an acute issue of elaborating the concept of a state strategy for human capital development in the agrarian sector. This strategy largely predetermines the food and economic security of the country. The authors have proved the necessity of switching from "human-oriented" approach in the adoption of state programs to the elaboration of a comprehensive strategy for human capital development both in the economy as a whole and in the agrarian sector in particular. The authors have also substantiated the expediency of using the systemic, project-based, program- and goal-oriented approaches for adopting a strategy for human capital development by analyzing the positive aspects, as well as possible limitations (disadvantages) of their use. In modern conditions, the use of only one of the listed methods in managing the human capital development in the agrarian sector is untenable. It is advisable to build such algorithm that would include the positive aspects of systemic, project-based, program- and goal-oriented approaches aimed at forming the concept for human capital development in the agrarian sector in the long-term strategic perspective. This will contribute to solving the accumulated problems related primarily to overcoming the crisis in human capital development in the agrarian sector and the Agro-Industrial Complex as a whole. The key task of human capital development in the agrarian sector is the creation of a theoretical and methodological basis for strategic planning, management and control of these processes. Its first stage should be the analysis of the existing regulatory framework, principles

and provisions for the formation of such concept. The authors have analyzed the existing legal framework in Russia and used it as the basis for classifying the legislative acts by the areas of regulation of components that determine the level of human capital development. It has been established that the necessary basis for adopting a strategy for human capital development in the agrarian sector is quite sufficient, but certain work is required to develop a complete version of the strategy.

KEYWORDS: human capital, development strategy, agrarian sector, regulatory framework, strategic planning.

Как показывают многочисленные исследования ученых-экономистов и практика хозяйствования, в настоящее время в России отсутствует четко сформулированная и комплексная стратегия развития человеческого капитала. Вместе с тем необходимость принятия данной стратегии назрела уже давно. Она вытекает из самой сущности категории «человеческий капитал», а также способа его формирования, отличающегося длительным периодом накопления (по различным подсчетам от 11 до 20 и более лет) и того места, которое занимает в экономике человек как носитель данного вида капитала. Кроме того, остро стоит вопрос разработки концепции государственной стратегии развития человеческого капитала в аграрной сфере, в значительной степени предопределяющего продовольственную и экономическую безопасность страны.

Формирование эффективного механизма развития человеческого капитала аграрной сферы должно базироваться на использовании системного, программно-целевого и проектного подходов.

Программно-целевой подход выражается в последовательном отборе целей и задач поэтапного развития факторов, определяющих качественный и количественный состав воспроизводства общественного человеческого капитала аграрной сферы, в разработке механизмов их достижения, в обеспечении рационального использования требуемых ресурсов на основе организации эффективного управления и контроля над всеми проходящими процессами [2]. Использование данного подхода при разработке стратегии развития человеческого капитала влечет за собой определенные ограничения. Во-первых, до сих пор нет официального и общепринятого инструментария оценки эффективности разработки и реализации программных мероприятий по развитию человеческого капитала, во-вторых, наблюдается временной лаг от момента идентификации проблемных направлений в развитии человеческого капитала до выработки мероприятий по их разрешению.

Использование системного подхода способствует решению сложных управленческих задач развития человеческого капитала в быстро изменяющихся условиях и при ограниченности ресурсов. Это выражается в возможности организации процесса принятия управленческих решений по всей вертикали управления, комплексной оценки уровня развития человеческого капитала и деятельности всей системы управления с помощью выработки конкретных индикативных характеристик, в прогнозировании результатов от принятия того или иного решения, что в совокупности приведет к снижению вероятности наступления рисков. Применение данного подхода позволит выявить реальные возможности развития человеческого капитала [1].

Проектный подход, в отличие от других, предопределяет возможность сокращения времени реализации стратегии за счет оперативного решения возникающих проблем и значительной экономии ресурсов. Эффективное использование данного подхода требует наличия высококвалифицированных исполнителей, обладающих широким набором знаний в различных сферах хозяйственной деятельности [3].

В современных условиях использование лишь одного из перечисленных способов управления развитием человеческого капитала аграрной сферы является несостоятельным. Целесообразно выстраивание такого алгоритма, который бы включал в себя положительные аспекты программно-целевого, системного и проектного подходов, направленных на формирование концепции развития человеческого капитала аграрной сферы на стратегическую перспективу. Это будет способствовать решению накопив-

шихся проблем, прежде всего связанных с преодолением кризиса в развитии человеческого капитала аграрной сферы и АПК в целом.

Ключевой задачей развития человеческого капитала аграрной сферы выступает создание теоретико-методологической базы стратегического планирования, управления и контроля данными процессами. При этом в качестве первого этапа следует выделить анализ существующей нормативно-правовой базы, принципов и положений формирования подобной концепции.

В Российской Федерации долгое время отсутствовали необходимые законодательные акты, регламентирующие нормативно-правовую базу стратегического планирования. Регулирование осуществлялось лишь на основе федерального закона № 115-ФЗ от 20 июля 1995 г. «О государственном прогнозировании и программах социально-экономического развития Российской Федерации» [17]. Однако практика показала, что данный закон не в полной мере соответствовал вызовам, стоявшим перед страной, и запросам общества и бизнес-структур в понимании направлений и ориентиров, предопределяющих будущее развитие. В связи с этим принят целый комплекс нормативно-правовых актов, определяющих стратегические цели, регулирующие различные аспекты общественной жизнедеятельности.

Среди основных из них следует выделить:

- Федеральный закон «О безопасности» от 28 декабря 2010 г. № 390-ФЗ [4];
- Федеральный закон «О стратегическом планировании в Российской Федерации» от 28.06.2014 г. № 172-ФЗ [22];
- Указ Президента РФ от 31.12.2015 г. № 683 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» [20];
- Указ Президента РФ от 13 мая 2017 г. № 208 «О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года» [21].

На сегодня в правовой системе Российской Федерации выработан необходимый инструментарий осуществления стратегического планирования, позволяющий на различных уровнях регламентировать деятельность соответствующих органов государственной власти по разработке стратегий социально-экономического развития страны, в том числе и в отраслевом аспекте.

Особые функции предопределяет Федеральный закон «О стратегическом планировании в Российской Федерации» от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ [22].

Основной целью данного закона является создание правовой основы для выстраивания системы государственного стратегического планирования на всех уровнях государственного управления и их координации с различными организациями в обеспечении комплексного и всестороннего социально-экономического развития и национальной безопасности Российской Федерации. Достижение данной цели, а также выполнение задач, обозначенных в законе (статья 8), с течением времени приобретают все большую актуальность. Это обусловлено, в первую очередь, ускорением темпов научно-технического прогресса и внедрением его достижений, совершенствованием техники и технологий, развитием наукоемких отраслей, продолжающейся санкционной политикой западных «партнеров», повышением запросов населения на качественное развитие социальной сферы и др.

В данном законе определены полномочия органов государственной власти различных уровней (федеральных (статья 4), региональных (статья 5), муниципальных (статья 6)) в сфере стратегического планирования и в соответствии с ними установлены приоритеты социально-экономического развития территорий и отраслей в стратегической (долгосрочной) перспективе, представлен комплекс мероприятий, исходя из сложившейся конъюнктуры и прогнозируемых вариантов развития планируемого объекта, а также определены последовательность разработки и соподчиненность документов на различных уровнях и этапах стратегического планирования (статья 11).

Документы стратегического планирования подразделяются в зависимости от:

- уровня управления: федеральный (пункт 3, статья 11), региональный (пункт 4, статья 11), муниципальный (пункт 5, статья 11);
- этапа стратегического планирования: целеполагание, прогнозирование, планирование и программирование.

В системе документов стратегического планирования на национальном уровне отдельно выделяются документы в рамках целеполагания по отраслевому и территориальному принципу, в частности, отраслевые документы стратегического планирования Российской Федерации, Стратегия пространственного развития Российской Федерации; стратегии социально-экономического развития макрорегионов (подпункт 2, пункт 3, статья 11).

Реализация положений закона в системе стратегического планирования позволяет не только задать общий вектор развития страны на длительную перспективу, но и сформулировать направления развития определенных сфер, отраслей и территорий.

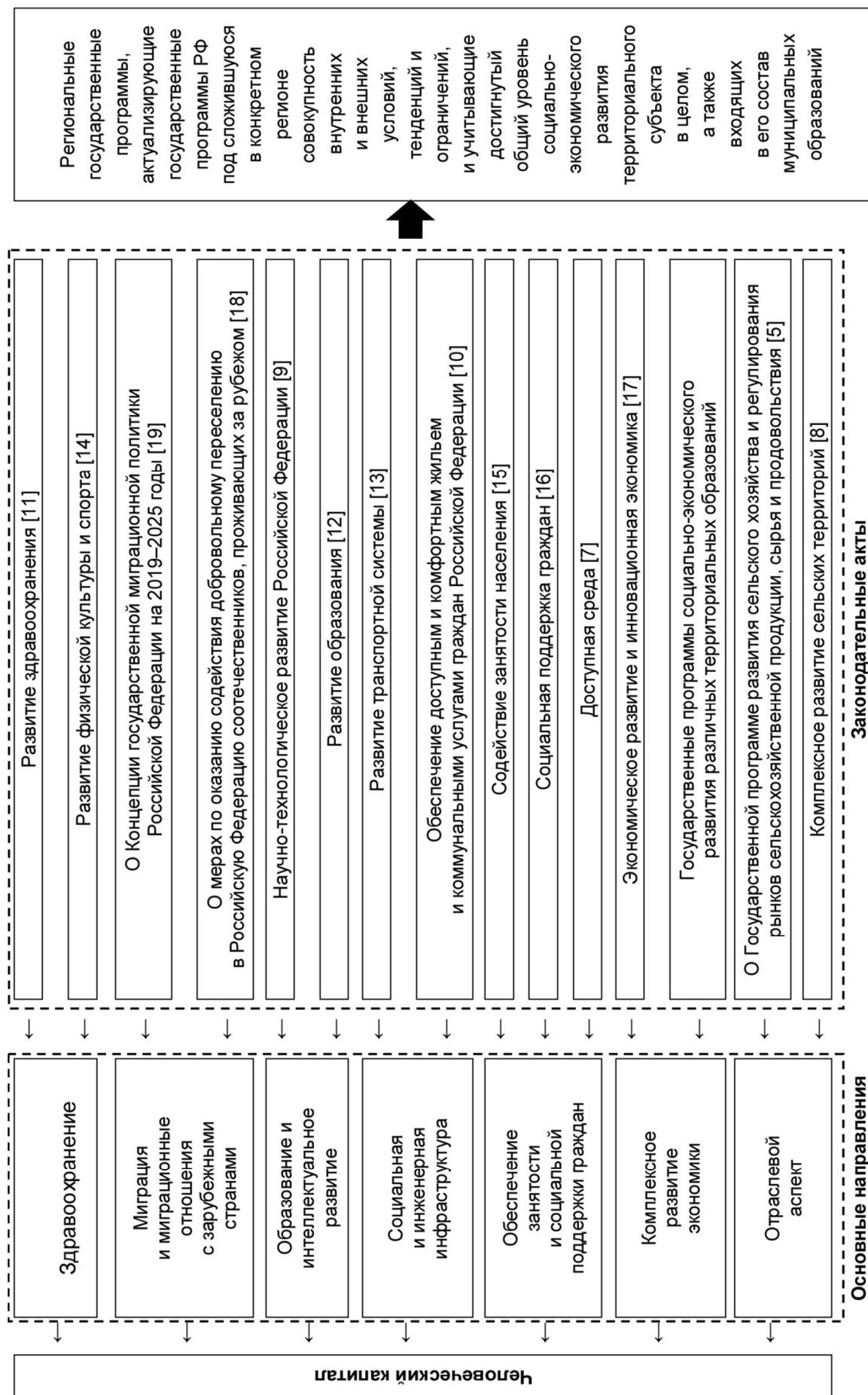
Устойчивое развитие аграрного сектора экономики, повышение уровня жизни и благосостояния сельского населения в значительной степени предопределяются совершенствованием методологии стратегического планирования и управления как на федеральном уровне, так и на уровне субъектов РФ.

Эффективное развитие человеческого капитала аграрной сферы не является исключением. При этом формирование эффективного механизма его развития во многом ставит определенные вызовы перед государственным аппаратом управления различных уровней власти. На сегодня человек как носитель человеческого капитала выступает ключевой составляющей современного прогресса. Переход России на инновационный путь развития предполагает не просто увеличение количества трудовых ресурсов как конечной цели проводимой демографической политики, но и вместе с тем предъявляет требования более высокого порядка к качественной составляющей воспроизводства человеческого капитала аграрной сферы. В быстроменяющейся конъюнктуре мировой экономики отсутствие стратегии в развитии человеческого капитала может привести к снижению уровня конкурентоспособности страны на мировом рынке не только в долгосрочной, но и среднесрочной перспективе.

В России в настоящее время стратегии развития человеческого капитала не разрабатываются не только для аграрной сферы, но и для других сфер и страны в целом. Превалирует лишь так называемая «человекоориентированность» в формировании программ и стратегий различных уровней, которая хотя и позволяет решать некоторые отдельные проблемы в воспроизводстве качественных и количественных характеристик человеческого капитала, однако носит фрагментарный характер. Пока еще отсутствует понимание того, как в действительности происходит развитие человеческого капитала в разрезе территорий на наднациональном (сравнение с другими странами), национальном (сравнение региональных субъектов) и региональном (сравнение муниципальных образований) уровнях, а также в разрезе отраслей экономики.

Отметим, что в современном российском законодательстве проделана значительная работа по формированию нормативно-правового базиса регулирования ключевых направлений воспроизводства человеческого капитала. Более наглядно это представлено схематично на рисунке.

Таким образом, в настоящее время существует необходимая нормативно-правовая база, позволяющая комплексно подходить к регулированию развития человеческого капитала аграрной сферы. Проблемными остаются вопросы проведения работ по систематизации, структуризации и взаимоувязке законодательных актов, а также выработке законченного варианта стратегии, учитывающего отраслевой аспект его стратегических ориентиров.



Законодательные акты, регулирующие основные направления развития человеческого капитала в России

Библиографический список

1. Громов Е.И. Стратегия устойчивого развития сельских территорий / Е.И. Громов. – Ставрополь : Изд-во АГРУС, 2018. – 216 с.
2. Кошкин Л.И. Методологические аспекты программно-целевого управления в условиях рыночных преобразований в России / Л.И. Кошкин, М.М. Соловьев // Менеджмент в России и за рубежом. – 2012. – № 6. – С. 30–41.
3. Неизвестный С. Проектный менеджмент: человекоориентированный подход / С. Неизвестный // Проблемы теории и практики управления. – 2012. – № 3. – С. 95–102.
4. О безопасности : Федеральный закон от 28.12.2010 г. № 390-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_108546/ (дата обращения: 01.04.2021).
5. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Доступная среда» на 2011–2020 годы : Постановление Правительства РФ от 1 декабря 2015 г. № 1297 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://base.garant.ru/71265834/> (дата обращения: 29.04. 2021).
6. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Комплексное развитие сельских территорий» : Постановление Правительства РФ от 31 мая 2019 г. № 696 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/554801411> (дата обращения: 06.04.2021).
7. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации» : Постановление Правительства РФ от 29 марта 2019 г. № 377 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://government.ru/docs/36310/> (дата обращения: 06.04.2021).
8. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами граждан Российской Федерации» : Постановление Правительства РФ от 30 декабря 2017 г. № 1710 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://base.garant.ru/71849506/> (дата обращения: 29.04.2021).
9. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие здравоохранения» : Постановление Правительства РФ от 26 декабря 2017 г. № 1640 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://base.garant.ru/71848440/> (дата обращения: 29.04.2021).

10. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие образования» : Постановление Правительства РФ от 26 декабря 2017 г. № 1642 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://base.garant.ru/71848426/> (дата обращения: 29.04.2021).
11. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие транспортной системы» : Постановление Правительства РФ от 20 декабря 2017 г. № 1596 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://base.garant.ru/71843998/> (дата обращения: 29.04.2021).
12. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие физической культуры и спорта» : Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. № 302 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://base.garant.ru/70643480/> (дата обращения: 29.04.2021).
13. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Содействие занятости населения» : Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. № 298 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://base.garant.ru/70643476/> (дата обращения: 29.04.2021).
14. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Социальная поддержка граждан» : Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. № 296 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://base.garant.ru/70644062/> (дата обращения: 29.04.2021).
15. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Экономическое развитие и инновационная экономика» : Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. № 316 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://base.garant.ru/70644224/> (дата обращения: 29.04.2021).
16. О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия : Постановление Правительства РФ от 14 июля 2012 г. № 717 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://base.garant.ru/70210644/> (дата обращения: 29.04.2021).
17. О государственном прогнозировании и программах социально-экономического развития Российской Федерации : Федеральный закон от 20.07.1995 г. № 115-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=7264&fld=134&dst=1000000001,0&rnd=0.11016382555337234#014423552352657443> (дата обращения: 30.04.2021).
18. О мерах по оказанию содействия добровольному переселению в Российскую Федерацию соотечественников, проживающих за рубежом : Указ Президента Российской Федерации от 22 июня 2006 г. № 637 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://kremlin.ru/acts/bank/23937> (дата обращения: 06.04.2021).
19. О Концепции государственной миграционной политики Российской Федерации на 2019–2025 годы : Указ Президента РФ от 31 октября 2018 г. № 622 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_310139/ (дата обращения: 06.04.2021).
20. О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации : Указ Президента РФ от 31.12.2015 № 683 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_191669/ (дата обращения: 01.06.2021).
21. О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года : Указ Президента РФ от 13 мая 2017 г. № 208 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71572608/>. (дата обращения: 01.06.2021).
22. О стратегическом планировании в Российской Федерации : Федеральный закон от 28.06.2014 г. № 172-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_164841/ (дата обращения: 30.06.2021).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Авдеев Евгений Валентинович, кандидат экономических наук, доцент кафедры организации производства и предпринимательской деятельности в АПК ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», e-mail: avdeev1707@mail.ru.

Константин Семенович Терновых, доктор экономических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, зав. кафедрой организации производства и предпринимательской деятельности в АПК ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: organiz@agroeco.vsau.ru.

Дата поступления в редакцию 25.08.2021

Дата принятия к печати 28.09.2021

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Evgeniy V. Avdeev, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Farm Production Management and Entrepreneurial Business in Agro-Industrial Complex, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: Avdeev1707@mail.ru.

Konstantin S. Ternovyykh, Doctor of Economic Sciences, Professor, Meritorious Scientist of the Russian Federation, Head of the Dept. of Farm Production Management and Entrepreneurial Business in Agro-Industrial Complex, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: organiz@agroeco.vsau.ru.

Received August 25, 2021

Accepted after revision September 28, 2021

ЗАНЯТОСТЬ И ФОРМИРОВАНИЕ ТРУДОВОГО ПОТЕНЦИАЛА СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

**Марина Викторовна Постнова
Наталья Родионовна Александрова
Елена Анатольевна Смирнова**

Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина

Развитие сельских территорий является одной из приоритетных задач современности, так как в последние годы происходит заметное снижение численности как сельского населения, так и занятых в общественном производстве, в том числе сельскохозяйственном. Данная тенденция характерна и для Ульяновской области. Численность сельского населения региона за шесть лет уменьшилась на 22,63 тыс. чел., или на 7%, численность занятого населения в сельской местности в среднем в 2019 г. составила 124,1 тыс. чел. (21,1%). Уровень занятости сельского населения исторически ниже, чем городского (93,6% против 97,0%), при этом отмечается тенденция роста, начиная с 2010 г. Выделены негативные аспекты формирования сельской занятости, которые осложняют формирование трудового потенциала: низкий уровень рождаемости (7,2‰), высокий коэффициент смертности (17,2‰), миграционный отток, сокращение численности и удельного веса трудоспособного населения, высокий уровень безработицы. Для рассмотрения факторов, влияющих на формирование и эффективность использования трудового потенциала региона, была использована модель развития сельских территорий на основе кластеризации их хозяйственной деятельности. Построение кластеров позволило выявить региональные различия в занятости населения муниципальных районов и показало существование некоторых закономерностей: высокий уровень занятости, как правило, характерен для районов с более высоким уровнем благосостояния населения, низкой социальной напряженностью, более высоким уровнем развития территории. Проведенное исследование показало, что формирование и эффективность использования трудового потенциала сельского хозяйства определяется комплексом демографических и социально-экономических факторов развития сельских территорий. Практическая значимость кластеризации состоит в том, что позволяет определить стратегические направления государственного регулирования развития сельских территорий и формирования сельского трудового потенциала на примере Ульяновской области для трудообеспеченных и трудодефицитных районов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: занятость, сельские территории, трудовой потенциал, кластерный анализ, корреляционно-регрессионный анализ.

EMPLOYMENT AND LABOR POTENTIAL FORMATION IN RURAL AREAS

**Marina V. Postnova
Natalia R. Aleksandrova
Elena A. Smirnova**

Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin

The development of rural areas is one of the priorities of the modern period, since in recent years there has been a noticeable decline in the number of both rural population and those employed in public production, including agricultural. This trend is also characteristic of Ulyanovsk Oblast. The number of rural population of the region has decreased by 22.63 thousand people, or by 7%, in six years, the number of employed people in rural areas on average in 2019 amounted to 124.1 thousand people (21.1%). The employment rate of the rural population has historically been lower than that of the urban population (93.6% vs. 97.0%), while there has been an upward trend since 2010. The negative aspects of the formation of rural employment that complicate the formation of labor potential are highlighted: low birth rate (7.2‰), high mortality rate (17.2‰), migration outflow, reduction in the number and proportion of the working population, high unemployment. To consider the influence of factors on the formation and efficiency of the use of the labor potential of the region, a model of rural development based on clustering of their economic activities was used. Clusters formation made it possible to identify regional differences in the employment of the population of municipal districts and showed the existence of some patterns: a high level of employment, as a rule, is characteristic in areas with a higher level of well-being of the population, low social tension, and a higher level of development of the territory. The conducted research has shown that the formation and efficiency of the use of the labor potential of agriculture is determined by a complex of demographic and socio-economic factors of rural development. The practical significance of clustering is that it allows determining the strategic directions of state regulation of rural development and the formation of rural labor potential on the example of Ulyanovsk Oblast for labor-provided and labor-deficient areas.

KEYWORDS: employment, rural territories, labor potential, cluster analysis, correlation-regression analysis.

Введение

Занятость и трудовой потенциал в современных условиях становятся одним из ключевых факторов экономического роста. Преобладающая часть российской территории – это сельские территории, на которых проживает треть населения страны. Располагая природным, демографическим, экономическим и историко-культурным потенциалом, сельские территории способны вносить существенный вклад в решение задач экономического роста и социального развития страны. Однако в последние годы российские сельские территории переживают системный кризис, проявляющийся в ухудшении демографической ситуации, росте бедности, повышении уровня безработицы, миграционном оттоке молодежи, ухудшении социальной инфраструктуры [1, 11]. Несмотря на это, сельские территории имеют существенные возможности для развития трудового потенциала сельского хозяйства.

В связи со сложившимися диспропорциями между размерами сельских территорий и численностью проживающего на них населения особую актуальность приобрела проблема формирования занятости и трудового потенциала сельских территорий, так как ее решение связано с обеспечением продовольственной безопасности страны и регионов, определением потенциала профессионально-квалификационных возможностей населения для производства необходимой сельскохозяйственной продукции, роста эффективности труда [10].

Цель исследования – анализ изменения уровня занятости сельского населения Ульяновской области и рассмотрение факторов, влияющих на формирование трудового потенциала сельских территорий и эффективности его использования.

Материалы и методы исследования

Информационной базой исследования послужили данные Территориального органа федеральной службы государственной статистики по Ульяновской области [2, 3, 8, 12], материалы Министерства агропромышленного комплекса и развития сельских территорий Ульяновской области [9]. Основной период исследования охватывает 2014–2019 гг. Для оценки факторов, влияющих на формирование и эффективность использования трудового потенциала сельских территорий, были использованы методы группировок, корреляционно-регрессионный анализ, метод *k*-средних.

Результаты и их обсуждение

Численность населения Ульяновской области на начало 2020 г. составляла 1233,1 тыс. чел., из которых 934,5 тыс. чел., или 75,7%, – городское население и 299,6 тыс. чел., или 24,3%, – сельские жители. Это составляет 0,8% от населения страны и 4,2% от населения Приволжского федерального округа. В период с 2014 г. общая численность населения Ульяновской области сократилась на 28,43 тыс. чел., составив 97,7% к уровню базисного года (табл. 1).

Таблица 1. Динамика численности постоянного населения Ульяновской области

Годы	Численность населения, чел.	В том числе		Доля городского населения, %	Доля сельского населения, %
		городского	сельского		
2014	1 262 549	940 345	322 204	74,5	25,5
2015	1 257 621	939 781	317 840	74,7	25,3
2016	1 252 887	939 949	312 938	75,0	25,0
2017	1 246 618	938 767	307 851	75,3	24,7
2018	1 238 416	936 383	302 033	75,6	24,4
2019	1 234 120	934 545	299 575	75,7	24,3
2019 г. к 2014 г., %	97,7	99,4	93,0	х	х

Особенно актуальна проблема сокращения численности сельского населения, которая в области за шесть лет уменьшилось на 22,63 тыс. чел., или на 7%. Необходимо отметить, что численность населения в сельской местности области сокращается более быстрыми темпами, чем в городе, где уменьшение составило 0,6%, то есть сокращение населения области на 90% связано с убылью жителей сельских территорий.

На изменение численности населения Ульяновской области и его структуру влияют демографические показатели. Демографическая ситуация в области остается по-прежнему напряженной, поскольку во всех муниципальных районах и в целом по региону коэффициент смертности превалирует над коэффициентом рождаемости. В период с 2014 по 2018 г. общее число родившихся в сельской местности сократилось на 39,9% (ежегодно на 11,9%), в том числе мужчин – на 41,5% (ежегодно на 12,5%), женщин – на 38,1% (ежегодно на 11,3%). Число умерших среди сельского населения также сокращалось, но меньшими темпами – на 8,1% (ежегодно на 2,1%), в том числе мужчин – на 10,6% (ежегодно на 2,8%), женщин – на 5,5% (ежегодно на 1,4%). Вследствие сложившихся тенденций естественная убыль сельского населения Ульяновской области возросла в 1,49 раза, в том числе мужчин – в 1,47 раза, женщин – в 1,5 раз (табл. 2).

Таблица 2. Компоненты изменения численности сельского населения Ульяновской области

Показатели	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2018 г. к 2014 г., %
Число родившихся, чел.	3671	2845	2725	2379	2208	60,15
- мужчин	1895	1475	1420	1238	1109	58,52
- женщин	1776	1370	1305	1141	1099	61,88
Число умерших, чел.	5700	5767	5598	5293	5240	91,93
- мужчин	2896	2943	2854	2657	2590	89,43
- женщин	2804	2824	2744	2636	2650	94,51
Естественная убыль, чел.	-2029	-2922	-2873	-2914	-3032	149,43
- мужчин	-1001	-1468	-1434	-1419	-1481	147,95
- женщин	-1028	-1454	-1439	-1495	-1551	150,88
Миграционная убыль, чел.	-2476	-1442	-2029	-2173	-2786	112,52
На 1000 человек населения						
- родившихся	11,3	8,9	8,6	7,7	7,2	x
- умерших	17,6	18,0	17,7	17,1	17,2	x
- естественная убыль	-6,3	-9,1	-9,1	-9,4	-10,0	x

Коэффициент смертности, несмотря на тенденцию к снижению, имеет очень высокое значение – 17,2‰. При этом наблюдается снижение коэффициента рождаемости с 11,3‰ в 2014 г., до 7,2‰ в 2018 г. Соответственно, естественная убыль населения возросла с 6,3‰ до 10‰. Изменение численности населения происходит и за счет миграционной убыли (-2,8 тыс. чел.).

Отмечается тенденция повышения ожидаемой продолжительности жизни сельского населения Ульяновской области с 68,99 до 70,89 лет, в том числе мужчин – с 63,31 до 66,09 лет, женщин – с 75,29 до 76,04 лет.

Также отмечается снижение численности сельского населения в каждом муниципальном образовании области. Наиболее высокие темпы сокращения численности сельского населения наблюдаются в Старокулаткинском (на 13,9%), Инзенском (11,7%), Базарносызганском (на 10,3%), Сурском (10,1%) районах. Низкие темпы сокращения численности сельского населения, не превышающие 5%, характерны для Новоспасского (на 3,3%), Ульяновского (3,2%) и Чердаклинского (на 2,1%) районов, что обусловлено

социально-экономическим развитием муниципальных образований. Незначительная положительная динамика изменения численности сельского населения присуща только г. Ульяновску (+0,05%).

Ранжирование муниципальных районов по численности сельского населения позволило выделить шесть групп (табл. 3). В группу с наименьшей численностью сельского населения (или ее отсутствием) вошли г. Димитровград, Базарносызганский район, г. Новоульяновск. Еще шесть районов характеризуются численностью сельского населения в пределах от 5 до 10 тыс. чел. В девяти муниципальных районах численность населения, проживающего в сельской местности, не превышает 15 тыс. чел. В шести муниципальных образованиях численность сельского населения свыше 15 тыс. чел. Наибольшая численность сельского населения сформирована в Ульяновском и Чердаклинском районах (свыше 25 тыс. чел.), что обусловлено не только развитым социально-экономическим состоянием данных территорий, но и близостью к областному городу.

Таблица 3. Группировка муниципальных районов по численности сельского населения

Группы муниципальных районов по численности сельского населения, тыс. чел.	Число муниципальных районов	Наименование района – значение признака, тыс. чел.
До 5,0	3	г. Димитровград – 0,0; Базарносызганский – 3,36; г. Новоульяновск – 3,87.
От 5,0 до 10,0	6	Старокулаткинский – 6,48; Павловский – 7,82; Радищевский – 8,12; Сенгилеевский – 8,15; Вешкаймский – 8,82; Инзенский – 9,70.
От 10,0 до 15,0	9	Сурский – 10,02; Старомайнский – 10,22; Новоспаский – 10,37; Карсунский – 10,97; Кузоватовский – 11,74; Тереньгульский – 12,09; Барышский – 13,45; Новомалыклинский – 13,65; Майнский – 14,03.
От 15,0 до 20,0	1	Николаевский – 17,4.
От 20,0 до 25,0	3	Цильнинский – 20,95; г. Ульяновск – 22,78; Мелекесский – 21,91.
Свыше 25,0	2	Ульяновский – 25,49; Чердаклинский – 30,56.

Представленные изменения влияют на долю сельского населения в муниципальных образованиях Ульяновской области, которая по районам области изменяется от 33,4% в Инзенском муниципальном образовании до 100% в Новомалыклинском. Группировка районов по доле сельских жителей в общей численности населения показала, что наименьший уровень показателя сложился в городах Ульяновске, Новоульяновске, Димитровграде, что вполне объяснимо (табл. 4). Высокой долей сельского населения в общей численности проживающих на территории муниципального образования характеризуются Ульяновский, Тереньгульский, Чердаклинский, Николаевский, Цильнинский районы.

Таблица 4. Группировка муниципальных районов по доле сельского населения в общей численности населения

Группы муниципальных районов по доле сельского населения в общей численности населения, %	Число муниципальных районов	Наименование района – значение признака, %
До 30,0	2	г. Димитровград – 0,0; г. Ульяновск – 3,5; г. Новоульяновск – 21,8.
От 30 до 50	6	Инзенский – 33,4; Барышский – 35,1; Сенгилеевский – 39,0; Базарносызганский – 41,0; Новоспасский – 49,4; Карсунский – 50,0.
От 50 до 70	9	Вешкаймский – 54,1; Старокулаткинский – 57,7; Павловский – 60,3; Кузоватовский – 61,0; Сурский – 61,7; Старомайнский – 62,8; Майнский – 63,7; Мелекесский – 66,4; Радищевский – 67,0.
От 70 до 90	5	Ульяновский – 70,1; Тереньгульский – 71,2; Чердаклинский – 72,8; Николаевский – 74,9; Цильнинский – 85,1.
Свыше 90	1	Новомалыклинский район – 100,0.

Демографические процессы являются источником формирования трудового потенциала и определяют половозрастную структуру (табл. 5).

Таблица 5. Динамика возрастного состава сельского трудового потенциала Ульяновской области

Показатели	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2018 г. к 2014 г., %
Численность сельского населения, чел.	322 204	317 840	312 938	307 851	302 033	93,7
В том числе в возрасте:						
- моложе трудоспособного	50 278	49 646	48 791	47 778	46 398	92,3
- трудоспособном	175 066	170 008	164 612	159 173	153 624	87,8
- старше трудоспособного	96 860	98 186	99 535	100 900	102 011	105,3

В динамике численность сельского населения в возрасте моложе трудоспособного уменьшилась с 50,27 до 46,39 тыс. чел., или на 6,3%. Численность трудоспособного населения характеризуется более высокими темпами сокращения: в 2018 г. показатель составил 153,62 тыс. чел., что ниже базисного года на 12,3%. Численность сельского населения старше трудоспособного возраста, напротив, возросла с 96,86 до 102,01 тыс. чел., или на 5,3%. Сложившаяся динамика численности сельского населения указывает на его старение, что неблагоприятно отражается на изменении трудового потенциала.

В структуре половозрастного состава сельского трудового потенциала Ульяновской области наибольшая доля приходится на население трудоспособного возраста – 50,9% в 2018 г., но наблюдается негативная тенденция его снижения (55,3% в 2014 г.). Повышается доля населения старше трудоспособного возраста с 29,3 до 33,8%. Только за последний год численность населения в трудоспособном возрасте в сельской местности уменьшилась на 5549 чел., а его удельный вес сократился на 0,8 п.п. Доля населения моложе трудоспособного возраста составляет 15,4%.

Снижение численности населения, в том числе трудоспособного возраста, привело к уменьшению числа занятых экономической деятельностью. Численность занятого населения, включая лиц, занятых в домашнем хозяйстве и личном подсобном сельском хозяйстве производством товаров и услуг для реализации, в среднем за 2019 г. составила 587,9 тыс. чел., в том числе в городской местности 463,8 тыс. чел. (78,9%), в сельской – 124,1 тыс. чел. (21,1%).

Уровень занятости сельского населения исторически ниже, чем городского: 87,1% против 92,5% в 2010 г. и 93,6% против 97,0% в 2019 г., при этом в динамике уровень занятости в сельской местности имеет четкую тенденцию роста: 87,1% – 93,6% (рис. 1).

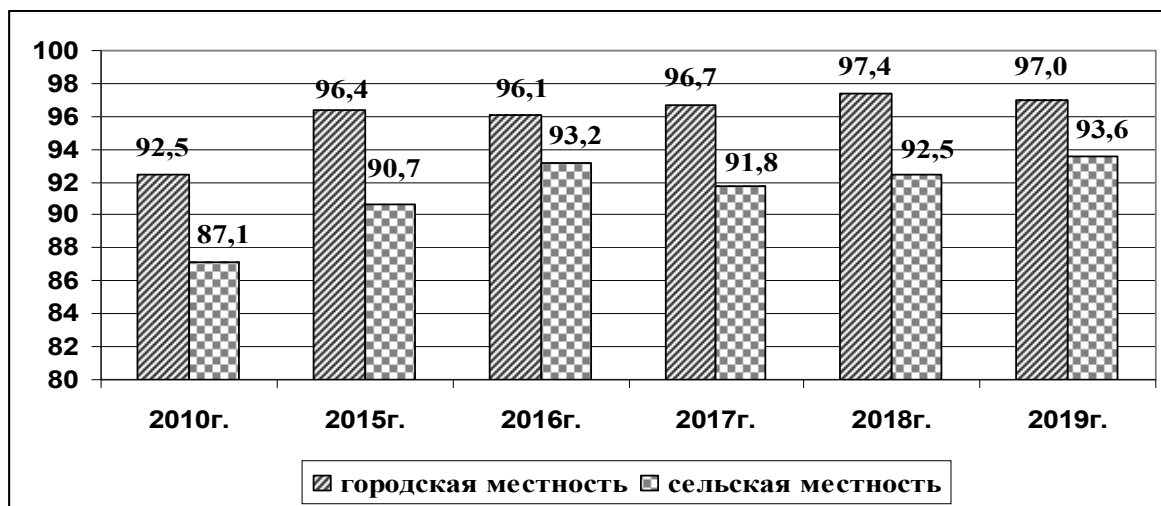


Рис. 1. Уровень занятости в городской и сельской местности Ульяновской области, %

Уровень сельской безработицы превосходит городскую, что обусловлено спецификой рынка труда в сельской местности. Уровень безработицы сельского населения составил в 2019 г. 6,4% против 3% городского. Отмечается тенденция снижения этого уровня в динамике, по сравнению с 2010 г.

Оценивая ситуацию на рынке труда по регионам Приволжского федерального округа, можно отметить, что по уровню безработицы (3,8%), рассчитанному по рекомендациям МОТ, Ульяновская область находилась на 2 месте из 14 регионов, ниже уровень только в республике Татарстан. Уровень регистрируемой безработицы в Ульяновской области составил 0,46%. В 10 муниципальных образованиях области уровень регистрируемой безработицы выше среднеобластного уровня. В группу с наиболее высоким уровнем регистрируемой безработицы входят Радищевский – 0,91% и Барышский район – 0,68%. Самый низкий уровень регистрируемой безработицы в Майнском и Новопасском районах – 0,15%.

Вопросы регулирования и прогнозирования занятости, разработка моделей влияния занятости на развитие региона, на уровень жизни населения рассматривались в работах А.М. Идрисова [4], Г.Ф. Миначевой [7], Е.И. Козловой [5], Е.Л. Лавровой [6].

Одной из таких моделей является проект развития сельских территорий на основе кластеризации их хозяйственной деятельности. Для его разработки необходима оценка перспективности формирования и развития кластеров сельских территорий региона, что позволит им перейти к устойчивому социально-экономическому развитию, более эффективному использованию трудового потенциала. Это, в свою очередь, приведет к достижению наибольшего экономического эффекта и укреплению экономической состоятельности предприятий, способных перейти на новый инновационный этап развития в агропромышленном секторе. Данная модель была выстроена по муниципальным районам Ульяновской области.

В соответствии с целью кластеризации результативными и переменными показателями являются:

Y_1 – численность сельского населения трудоспособного возраста, чел.;

Y_2 – стоимость валовой продукции сельского хозяйства на 1 чел. населения трудоспособного возраста, тыс. руб.;

X_1 – коэффициент рождаемости сельского населения;

X_2 – коэффициент смертности сельского населения;

X_3 – коэффициент миграционного прироста;

X_4 – общая площадь жилых помещений на 1 чел., кв. м;

X_5 – ввод жилья на 1 чел., кв. м;

X_6 – число детских садов на 1000 детей, ед.;

X_7 – число организаций культурно-досугового типа на 1000 чел. населения, ед.;

X_8 – число больничных коек на 1000 чел. населения, ед.;

X_9 – число субъектов малого и среднего предпринимательства на 1000 чел. населения, ед.;

X_{10} – объем инвестиций в основной капитал в расчете на 1 чел., тыс. руб.;

X_{11} – среднемесячная заработная плата, тыс. руб.;

X_{12} – степень износа основных фондов, %;

X_{13} – благоустройство водопроводом, %;

X_{14} – благоустройство газом, %;

X_{15} – благоустройство канализацией, %.

Об отсутствии взаимозависимости между выбранными признаками свидетельствует матрица парных коэффициентов, представленная на рисунке 2.

	Y_1 – численность сельского населения трудоспособного возраста	Y_2 – стоимость валовой продукции сельского хозяйства на 1 чел. населения трудоспособного возраста	X_1 – коэффициент рождаемости сельского населения	X_2 – коэффициент смертности сельского населения	X_3 – коэффициент миграционного прироста	X_4 – общая площадь жилых помещений на 1 чел., кв. м	X_5 – ввод жилья на 1 чел., кв. м	X_6 – число детских садов на 1000 детей, ед.	X_7 – число организаций культурно-досугового типа на 1000 чел. населения, ед.	X_8 – число больничных коек на 1000 чел. населения, ед.	X_9 – число субъектов малого и среднего предпринимательства на 1000 чел. населения, ед.	X_{10} – объем инвестиций в основной капитал в расчете на 1 чел., тыс. руб.	X_{11} – среднемесячная заработная плата, тыс. руб.	X_{12} – степень износа основных фондов, %	X_{13} – благоустройство водопроводом, %	X_{14} – благоустройство газом, %	X_{15} – благоустройство канализацией, %
Per																	
Y2	-0,124119	1,000000	0,325503	-0,133259	-0,085665	0,015131	0,450717	0,057914	0,242041	-0,287075	-0,031072	-0,249238	-0,159754	-0,144535	-0,025229	0,048046	-0,073894
X1	0,496111	0,325503	1,000000	-0,358799	-0,129437	0,018865	0,510759	-0,275122	-0,278803	0,157573	0,272909	-0,204070	0,124542	-0,174553	0,435643	0,229262	0,331953
X2	0,543531	-0,133259	-0,358799	1,000000	-0,546539	0,771451	-0,453343	0,586154	0,643444	-0,280921	-0,654097	0,149424	-0,764743	0,134872	-0,645663	0,395111	-0,656602
X3	0,313635	-0,085665	-0,129437	-0,546539	1,000000	0,469851	0,185929	-0,334389	-0,346199	0,062272	0,341788	-0,114102	-0,470112	-0,068895	0,209629	0,186973	0,276857
X4	0,368857	-0,015131	-0,018865	0,771451	-0,469851	1,000000	-0,090183	0,527366	0,571547	-0,072737	-0,394586	0,127956	-0,605366	-0,230435	-0,480570	0,170883	-0,535207
X5	0,364074	0,450717	0,510759	-0,453343	0,185929	0,090183	1,000000	-0,233749	-0,264623	0,069342	0,301432	-0,218259	0,107276	-0,312013	0,327822	0,339638	0,295854
X6	0,392238	0,057914	-0,275122	0,586154	-0,334389	0,527366	-0,233749	1,000000	0,290236	-0,226543	-0,578854	-0,211044	-0,534202	-0,025181	-0,622171	0,441581	-0,733889
X7	0,516820	0,242041	-0,278803	0,643444	-0,346199	0,571547	-0,264623	0,290236	1,000000	-0,096076	-0,166272	0,438361	-0,485664	0,094279	-0,623455	0,190358	-0,516129
X8	0,098432	-0,287075	0,157573	-0,280921	0,062272	0,072737	0,069342	-0,226543	-0,096076	1,000000	0,689405	0,076549	0,455656	0,129458	0,170638	0,770288	0,200857
X9	-0,236796	-0,031072	0,272909	-0,654097	0,341788	0,394586	0,301432	-0,578854	-0,166272	0,689405	1,000000	0,059742	0,658783	-0,043981	0,540607	0,651132	0,658365
X10	0,081011	-0,249238	-0,204070	0,124542	-0,114102	0,127956	-0,218259	-0,211044	0,438361	0,076549	0,059742	1,000000	0,136172	-0,091592	-0,157152	0,101933	-0,075854
X11	0,539953	-0,159754	0,124542	-0,764743	0,068895	0,209629	0,186973	0,276857	-0,534202	-0,485664	0,455656	0,658783	1,000000	-0,181825	0,480031	0,567653	0,548301
X12	0,033439	-0,144535	-0,174553	0,134872	-0,068895	0,230435	-0,312013	-0,025181	0,094279	0,129458	-0,043981	-0,091592	-0,181825	1,000000	-0,071473	0,146636	-0,017273
X13	0,387900	-0,025229	0,435643	-0,645663	0,209629	0,480570	0,327822	-0,622171	-0,623455	0,170638	0,540607	-0,157152	0,480031	-0,071473	1,000000	0,317110	0,927615
X14	0,361950	0,048046	-0,229262	0,395111	-0,186973	0,170883	0,339638	0,441581	0,190358	-0,778288	-0,651132	-0,101933	-0,567653	0,146636	-0,317110	1,000000	-0,395351
X15	0,392137	-0,073894	0,331953	-0,656602	0,276857	0,535207	0,295854	-0,733889	-0,516129	0,200857	0,658365	-0,075854	0,548301	-0,017273	0,927615	0,395351	1,000000

Рис. 2. Матрица парных коэффициентов

По данным матрицы парных коэффициентов на формирование трудового потенциала сельских территорий (Y_1) наибольшее влияние оказывают демографические факторы (рождаемость, смертность), величина среднемесячной заработной платы и обес-

печенность организациями культурно-досугового типа. В наименьшей степени формирование трудового потенциала сельских территорий зависит от объема инвестиций в основной капитал в расчете на 1 чел., степени износа основных фондов, числа больничных коек на 1000 чел. населения (рис. 3).

Итоги регрессии для зависимой переменной: Y1 – численность R= ,87585946 R2= ,76712979 Скоррект. R2= ,26812218 F(15,7)=1,5373 p<.29087 Станд. ошибка оценки: 3160,3						
БЕТА	Ст.Ош. БЕТА	В	Ст.Ош. В	t(7)	p-знач.	
N=23						
Св.член						
X1 – коэффициент рождаемости сельского населения	0,48860	0,277729	18118,01	37495,50	0,48320	0,643697
X2 – коэффициент смертности сельского населения	-0,22292	0,685327	-194,34	597,47	-0,32527	0,754480
X3 – коэффициент миграционного прироста	0,08223	0,272725	3,39	11,23	0,30151	0,771786
X4 – общая площадь жилых помещений на 1 чел., кв. м	0,49905	0,506290	585,73	594,23	0,98570	0,357118
X5 – ввод жилья на 1 чел., кв. м	-0,03193	0,342133	-575,48	6165,96	-0,09333	0,928254
X6 – число детских садов на 1000 детей, ед.	0,06694	0,341949	33,76	172,46	0,19575	0,850364
X7 – число организаций культурно-досугового типа на 1000 чел. населения, ед.	-0,53567	0,495032	-1079,93	998,00	-1,08209	0,315074
X8 – число больничных коек на 1000 чел. населения, ед.	-1,01298	0,757671	-2641,16	1975,49	-1,33697	0,223046
X9 – число субъектов малого и среднего предпринимательства на 1000 чел. населения, ед.	0,19894	0,768484	12,63	48,78	0,25888	0,803177
X10 – объем инвестиций в основной капитал в расчете на 1 чел., тыс. руб.	0,15792	0,269508	10,13	17,29	0,58594	0,576311
X11 – среднемесячная заработная плата, тыс. руб.	0,56466	0,455078	589,18	474,84	1,24079	0,254653
X12 – степень износа основных фондов, %	0,58726	0,326032	22,00	12,22	1,80123	0,114677
X13 – благоустройство водопроводом, %	-0,24335	0,658477	-44,94	121,61	-0,36956	0,722637
X14 – благоустройство газом, %	-0,72060	0,534892	-327,76	243,29	-1,34719	0,219896
X15 – благоустройство канализацией, %	-0,16415	0,882379	-28,63	153,91	-0,18603	0,857700

Рис. 3. Результаты корреляционно-регрессионного моделирования сельского трудового потенциала

Величина стоимости валовой продукции сельского хозяйства в расчете на численность сельского населения трудоспособного возраста (Y_2) в большей степени обусловлена вводом жилья на 1 чел., рождаемостью сельского населения, обеспеченностью сельского населения организациями культурно-досугового типа, больничными местами, объемом инвестиций в основной капитал. Крайне слабая связь эффективности использования трудового потенциала сельских территорий с обеспеченностью жильем, процессами миграции, наличием субъектов малого и среднего предпринимательства, благоустройством жилья (рис. 4).

Итоги регрессии для зависимой переменной: Y2 – стоимость R= ,92621998 R2= ,85788345 Скоррект. R2= ,55334800 F(15,7)=2,8170 p<.08551 Станд. ошибка оценки: 74,291						
БЕТА	Ст.Ош. БЕТА	В	Ст.Ош. В	t(7)	p-знач.	
N=23						
Св.член						
X1 – коэффициент рождаемости сельского населения	0,11060	0,216964	7,950	15,5964	0,50975	0,625900
X2 – коэффициент смертности сельского населения	-0,84269	0,535381	-22,107	14,0451	-1,57401	0,159486
X3 – коэффициент миграционного прироста	-0,24257	0,213054	-0,300	0,2639	-1,13852	0,292366
X4 – общая площадь жилых помещений на 1 чел., кв. м	-0,05735	0,395516	-2,025	13,9689	-0,14500	0,888798
X5 – ввод жилья на 1 чел., кв. м	0,11041	0,267276	59,875	144,9467	0,41308	0,691907
X6 – число детских садов на 1000 детей, ед.	0,07965	0,267133	1,209	4,0541	0,29816	0,774234
X7 – число организаций культурно-досугового типа на 1000 чел. населения, ед.	1,01678	0,386722	61,684	23,4606	2,62924	0,033950
X8 – число больничных коек на 1000 чел. населения, ед.	-0,95773	0,591897	-75,141	46,4389	-1,61807	0,149680
X9 – число субъектов малого и среднего предпринимательства на 1000 чел. населения, ед.	0,07276	0,600344	0,139	1,1466	0,12119	0,906943
X10 – объем инвестиций в основной капитал в расчете на 1 чел., тыс. руб.	-0,46752	0,210541	-0,902	0,4063	-2,22056	0,061826
X11 – среднемесячная заработная плата, тыс. руб.	0,02234	0,355510	0,701	11,1623	0,06284	0,951650
X12 – степень износа основных фондов, %	0,13514	0,254698	0,152	0,2872	0,53057	0,612123
X13 – благоустройство водопроводом, %	0,84338	0,514406	4,687	2,8588	1,63952	0,145113
X14 – благоустройство газом, %	-0,71862	0,417860	-9,836	5,7193	-1,71975	0,129163
X15 – благоустройство канализацией, %	-1,04423	0,689320	-5,481	3,6179	-1,51486	0,173581

Рис. 4. Результаты корреляционно-регрессионного моделирования эффективности использования сельского трудового потенциала

Высокие значения множественных коэффициентов корреляции R^2 (Y_1) = 0,876 и R^2 (Y_2) = 0,926 указывают на наличие тесной связи между результативными признаками и переменными и свидетельствуют о существенной доли вариации величины трудового потенциала сельских территорий и эффективности его использования от включенных переменных.

Кластеризация данных произведена методом К-средних с использованием программы Statistica (рис. 5).

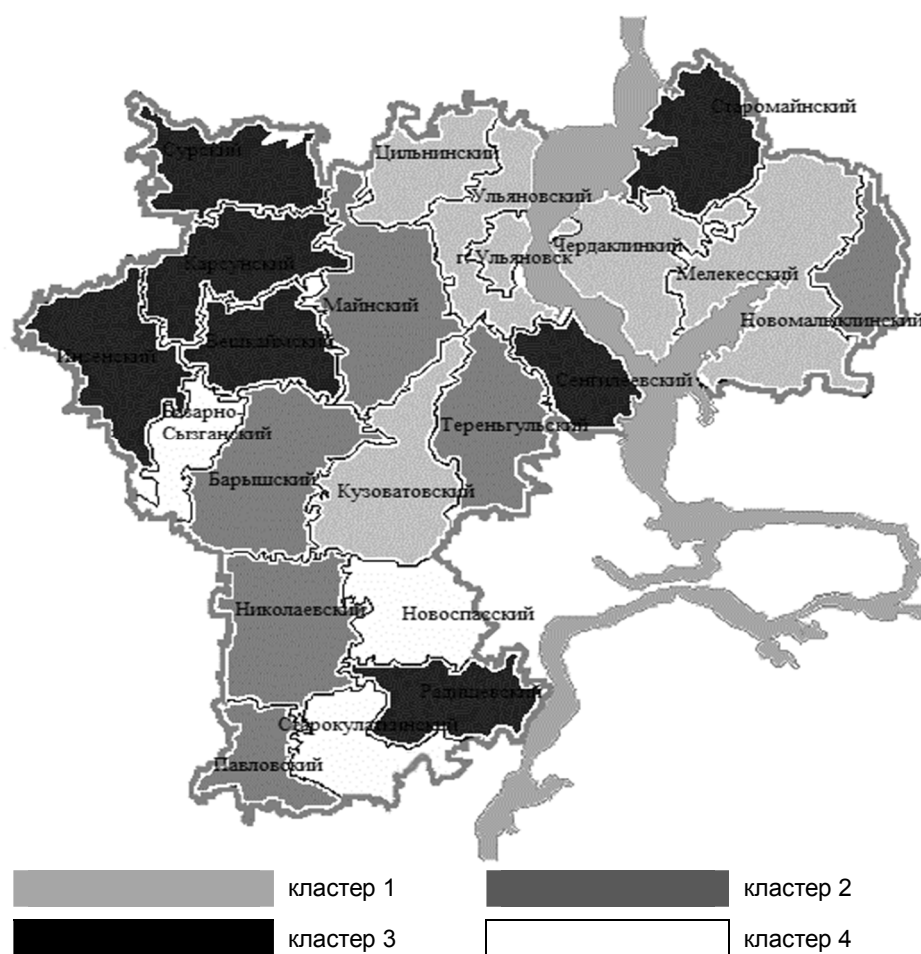


Рис. 5. Картограмма муниципальных образований Ульяновской области по величине сельского трудового потенциала и эффективности его использования

Согласно полученным результатам в первый кластер вошли шесть муниципальных районов, отличающихся высоким уровнем сельского трудового потенциала и высокой эффективностью его использования: г. Ульяновск, Кузоватовский, Мелекесский, Ульяновский, Цильнинский и Чердаклинский районы.

Второй кластер образуют Барышский, Майнский, Николаевский, Новомалыклинский, Павловский и Тереньгульский районы. Муниципальные образования, входящие в данный кластер, характеризуются высоким уровнем трудового потенциала, но низкой эффективностью его использования.

Третий кластер объединяет семь районов: Вешкаймский, Инзенский, Карсунский, Радищевский, Сенгилеевский, Старомайнский и Сурский районы, для которых характерны низкий трудовой потенциал территории, но высокое значение эффективности его использования.

Четвертый кластер формируется за счет г. Новоульяновска, Базарносызганского, Новоспасского и Старокулаткинского районов. Кластер отличается низким уровнем трудового потенциала и низкой эффективностью его использования.

Исследование кластеров по величине сельского трудового потенциала и эффективности его использования позволило определить, что муниципальные районы четвертого (высшего) класса отличаются более высокой рождаемостью сельского населения, более низким уровнем смертности и миграционной убыли сельского населения, высокой величиной ввода жилья на 1 чел., высокой заработной платой, меньшим износом основных фондов, более высоким уровнем благоустройства жилья, развитым сектором малого и среднего предпринимательства (табл. 6).

Таблица 6. Сравнительная характеристика кластеров по величине сельского трудового потенциала и эффективности его использования

Показатели	Кластеры по величине сельского трудового потенциала и эффективности его использования			
	Высокий трудовой потенциал / Высокая эффективность использования	Высокая трудовая потенциал / Низкая эффективность использования	Низкий трудовой потенциал / Высокая эффективность использования	Низкий трудовой потенциал / Низкая эффективность использования
Число муниципальных образований	6	6	7	4
Коэффициент рождаемости сельского населения	8,1	6,8	6,6	5,7
Коэффициент смертности сельского населения	14,9	19,4	19,8	19,8
Коэффициент миграционной убыли сельского населения	-69,7	-74,1	-136,5	-94,6
Общая площадь жилых помещений на 1 чел., кв. м	28,8	30,1	32,2	30,2
Ввод жилья на 1 чел., кв. м	0,80	0,57	0,77	0,48
Число детских садов на 1000 детей, ед.	13,31	21,35	20,12	17,9
Число организаций культурно-досугового типа на 1000 чел. населения, ед.	2,1	3,2	5,2	3,6
Число больничных коек на 1000 чел. населения, ед.	5,3	5,4	5,0	5,1
Число субъектов малого и среднего предпринимательства на 1000 чел. населения, ед.	250	194	224	225
Объем инвестиций в основной капитал в расчете на 1 чел., тыс. руб.	13,4	19,0	41,9	14,3
Среднемесячная заработная плата, тыс. руб.	27,2	24,2	22,9	23,8
Степень износа основных фондов, %	50,9	53,5	56,0	57,6
Благоустройство водопроводом, %	78	48	53	62
Благоустройство газом, %	89	95	95	97
Благоустройство канализацией, %	70	36	44	51
Численность сельского населения трудоспособного возраста, чел.	12183	7155	4453	2835
Стоимость продукции сельского хозяйства в расчете на сельское население, тыс. руб.	250,2	191,4	283,8	160,5

В целом величина трудового потенциала муниципального образования первого кластера, определенная как численность сельского населения трудоспособного возраста, равная в среднем 12 183 чел., существенно превышает значение аналогичного показателя по другим кластерам: по сравнению со второй группой – в 1,7, третьей – в 2,7, четвертой – в 4,3 раза. Эффективность использования сельского трудового потенциала в первой группе, рассчитанная как величина стоимости валовой продукции сельского хозяйства в расчете на сельское население, составляет в среднем 250,2 тыс. руб., что выше второй группы – в 1,3, четвертой – в 1,6 раза. Максимальная эффективность использования сельского трудового потенциала достигнута в третьей группе – 283,8 млн руб.

Выводы

Проведенный анализ показал негативные факторы формирования трудового потенциала в АПК:

- низкий уровень рождаемости (7,2%);
- высокий коэффициент смертности (17,2%);
- миграционный отток;
- убыль населения;
- сокращение численности трудоспособного населения и его доли в структуре;
- высокий уровень безработицы;
- недостаток рабочей силы.

Выявлено, что эти проблемы постоянно усугубляются.

Становится очевидным, что в перспективе ограничивающим фактором экономического развития региона станет сокращение экономически активного населения, а именно наиболее активной его части, находящейся в трудоспособном возрасте.

Построение кластеров по наличию трудового потенциала и эффективности его использования позволило выявить региональные различия в занятости населения муниципальных районов и показало существование некоторых закономерностей: высокий уровень занятости, как правило, характерен для районов с более высоким уровнем благосостояния населения, низкой социальной напряженностью, более высоким уровнем развития территории. В Ульяновской области определены 6 муниципальных районов с большой численностью сельского населения трудоспособного возраста, высокими производительностью труда и доходами населения, с активным развитием малого и среднего бизнеса.

Четыре муниципальных образования с низкой величиной трудового потенциала и низкой эффективностью его использования отличаются низкими показателями естественного прироста сельского населения, низким уровнем среднемесячной заработной платы, большей изношенностью основных фондов и более низким уровнем благоустройства жилья.

Проведенное исследование показало, что формирование и эффективность использования трудового потенциала сельского хозяйства определяется комплексом демографических и социально-экономических факторов развития сельских территорий.

Практическая значимость определения кластеров по величине сельского трудового потенциала и эффективности его использования состоит в том, что позволяет определить стратегические направления государственного регулирования формирования сельского трудового потенциала Ульяновской области для трудоустроенных и трудодефицитных районов.

Библиографический список

1. Беркович М.И. Роль занятости и рынка труда в устойчивом развитии социально-экономической системы региона / М.И. Беркович, Л.И. Леонтьева, Н.Э. Фетисова // Управление социально-экономическими системами. – 2018. – № 1. – С. 11–18.
2. Демографический ежегодник Ульяновской области за 2003–2018 гг. : статистический сборник / Территориальный орган Росстата по Ульяновской области. – Ульяновск : Ульяновскстат, 2019. – 143 с.

3. Занятость городского и сельского населения Ульяновской области за 2018 год : [аналитическая записка] / Территориальный орган Росстата по Ульяновской области. – Ульяновск : Ульяновскстат, 2019. – 23 с.
4. Идрисов А.М. Понятие регулирования занятости на уровне муниципального образования / А.М. Идрисов // World Science: Problems and Innovations : сборник статей XXX Международной науч.-практ. конф. (Россия, Пенза, 30 марта 2019 г.). – Пенза : Наука и просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2019. – С. 324–326.
5. Козлова Е.И. Обзор методик выявления взаимосвязи динамики занятости населения и валового регионального продукта / Е.И. Козлова, М.А. Новак // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. – 2018. – № 8 (34). – С. 169–176.
6. Лаврова Е.Л. Значение понятия занятости для определения уровня жизни граждан в регионах / Е.Л. Лаврова // Экономика устойчивого развития. – 2018. – № 4 (36). – С. 357–362.
7. Миначева Г.Ф. Анализ отрасли занятости населения и возможные методы ее прогнозирования в региональном аспекте / Г.Ф. Миначева // Устойчивое развитие науки и образования. – 2018. – № 8. – С. 10–17.
8. О результатах мониторинга эффективности деятельности органов местного самоуправления городских округов и муниципальных районов. 2019 год : сводный доклад Ульяновской области / АНО «Центр стратегических исследований Ульяновской области» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ulgov.ru/page/index/permlink/id/20181/> (дата обращения: 22.01.2021).
9. Официальный сайт Министерства агропромышленного комплекса и развития сельских территорий Ульяновской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mscx73.ru/> (дата обращения: 22.01.2021).
10. Смирнова Е.А. Подходы к оценке производительности труда в муниципальных районах Ульяновской области / Е.А. Смирнова, М.В. Постнова // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2018. – № 1 (22). – С. 71–78.
11. Тарасова Е.А. Исследование состояния сельских трудовых ресурсов и их занятости в аграрном секторе Ульяновской области / Е.А. Тарасова, Е.А. Смирнова, М.В. Постнова // Экономика сельского хозяйства России. – 2018. – № 10. – С. 52–56.
12. Ульяновская область в цифрах. 2019 : статистический сборник / Территориальный орган Росстата по Ульяновской области. – Ульяновск : Ульяновскстат, 2019. – 152 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Марина Викторовна Постнова – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики, организации и управления на предприятии, проректор по учебной и воспитательной работе ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина», Россия, г. Ульяновск, e-mail: mar.postnowa@yandex.ru.

Наталья Родионовна Александрова – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики, организации и управления на предприятии ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина», Россия, г. Ульяновск, e-mail: aleksandrova_nr@mail.ru.

Елена Анатольевна Смирнова – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики, организации и управления на предприятии ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина», Россия, г. Ульяновск, e-mail: ya.cmironov2012@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию 23.06.2021

Дата принятия к печати 05.08.2021

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Marina V. Postnova, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Economics, Organization and Management at an Enterprise, Vice-rector for Academic Affairs and Discipline, Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Russia, Ulyanovsk, e-mail: mar.postnowa@yandex.ru.

Natalia R. Aleksandrova, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Economics, Organization and Management at an Enterprise, Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Russia, Ulyanovsk, e-mail: aleksandrova_nr@mail.ru.

Elena A. Smirnova, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Economics, Organization and Management at an Enterprise, Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Russia, Ulyanovsk, e-mail: ya.cmironov2012@yandex.ru.

Received June 23, 2021

Accepted after revision August 05, 2021

РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИЧЕСКИХ ОРИЕНТИРОВ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

**Роман Олегович Толстолуцкий
Людмила Анатольевна Запорожцева**

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Рассматривается проблема отсутствия подходов к выработке стратегических ориентиров развития сельских территорий в процессе непрерывных и поэтапных стратегических преобразований. Основными целями для поиска таких ориентиров являются формирование устойчивой социальной инфраструктуры, а также обеспечение экономического развития территории посредством эффективного управления. Проведенные исследования позволили обобщить в единую систему элементы стратегии, инструментарий, методы и методику оценки и реализации целей и задач с учетом сценариев траекторий развития и сформировать концептуальный подход к разработке стратегических ориентиров развития сельских территорий. Изучены мнения известных ученых, составлен механизм формирования стратегии социально-экономического развития, определены принципы развития, методы разработки стратегии, характеристики целевого, базового и консервативного сценариев реализации стратегии, предложен концептуальный подход к разработке стратегических ориентиров развития сельских территорий, включающий пять укрупненных блоков: оценку достигнутых результатов развития сельской территории, разработку стратегии социально-экономического развития сельских территорий, разработку плана мероприятий по реализации стратегии, реализацию стратегии социально-экономического развития сельской территории, мониторинг и контроль реализации стратегии, определение стратегических ориентиров развития. Представлены методики определения уровня реализации стратегии социально-экономического развития сельской территории и определения реализуемого сценария стратегии. На примере Петропавловского муниципального района разработан прогноз развития на пять лет по двум сценариям – базовому и целевому, представлена интерпретация определения стратегических ориентиров развития сельских территорий. Предложенный концептуальный подход к разработке стратегических ориентиров развития сельских территорий направлен на обеспечение достижения стратегических целей в рамках сценарного подхода посредством мониторинга, позволяющего своевременно корректировать траекторию развития.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: стратегия социально-экономического развития, сельские территории, сценарии развития, стратегические ориентиры.

GENERATION OF STRATEGIC GUIDELINES FOR RURAL TERRITORIES DEVELOPMENT

**Roman O. Tolstolutsky
Lyudmila A. Zaporozhtseva**

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

The problem of the lack of approaches to strategic guidelines formulation for the development of rural areas in the process of continuous and staged strategic transformations is considered. The main goals for finding such guidelines are the formation of a sustainable social infrastructure, as well as ensuring economic development of the territory through effective management. The conducted research made it possible to generalize into a single system the elements of the strategy, tools, methods and methodology for assessing and implementing goals and objectives, taking into account scenarios of development trajectories, and to form a conceptual approach to strategic guidelines formulation for the development of rural areas. The opinions of well-known scientists have been studied, a mechanism for forming a socio-economic development strategy has been compiled, development principles, strategy development methods, characteristics of target, basic and conservative scenarios for the implementation of the strategy have been determined, a conceptual approach to strategic guidelines formulation for the development of rural territories has been proposed, including five enlarged blocks: assessment of the achieved results of rural development; formulation a strategy for socio-economic development of rural territories; development of an action plan for the implementation of the strategy; implementation of the strategy of

socio-economic development of rural areas; monitoring and control of the implementation of the strategy; formulation of strategic development guidelines. The methods of determining the level of implementation of the strategy of socio-economic development of rural areas and determining the implemented strategy scenario are presented. On the example of Petropavlovsk Municipal District, a five-year development forecast has been developed for two scenarios, i.e. basic and target, an interpretation of the definition of strategic guidelines for the development of rural areas is presented. The proposed conceptual approach to strategic guidelines formulation for the development of rural areas is aimed at ensuring the achievement of strategic goals within the framework of the scenario approach through monitoring, which allows timely make adjustments to the development trajectory.

KEYWORDS: socio-economic development strategy, rural areas, development scenarios, strategic guidelines.

Сельские территории Российской Федерации являются важнейшим государственным ресурсом, значение которого стремительно растет в условиях углубляющейся глобализации при одновременном усилении значения природных и территориальных ресурсов в наращивании потенциала страны. Развитие сельских территорий сегодня происходит крайне неравномерно. Несмотря на динамичный рост агропромышленного комплекса, уровень и качество жизни сельского населения в целом существенно отстают от уровня жизни в городах, сужается доступ населения к услугам организаций социальной сферы, углубляется информационный и инновационный разрыв между городской и сельской местностью, что ведет к росту миграционного оттока сельского населения, к утрате освоенности сельских территорий.

В настоящее время государство посредством стратегического планирования занимается развитием сельских территорий. Однако низкая квалификация управленческих кадров и отсутствие должного контроля за реализацией стратегий социально-экономического развития тормозят данный процесс. Все это требует поиска новых подходов к определению стратегических направлений развития сельских территории и осуществлению мониторинга реализации стратегий.

Изучение теоретических основ, современного состояния и проблем функционирования сельских территорий Воронежской области позволило сформировать научное видение процесса преобразования их деятельности. Установлено, что целью развития сельских территорий является формирование устойчивой социальной инфраструктуры (развитие образования, здравоохранения, сферы услуг, инфраструктуры и т. д.) и повышение экономического потенциала территории посредством эффективного управления. В соответствии со стратегией социально-экономического развития Воронежской области до 2035 г. [9] и согласованных с ней стратегий развития сельских территорий области, эти цели явно прослеживаются, подкреплены программами, способствующими достижению, но по факту сам процесс реализации целей не получил методического обоснования. В этой связи стратегия «живет» отдельно от процесса ее реализации, а сельская территория при таком подходе явно не выйдет на запланированный уровень развития.

Как показали наши исследования, оценка эффективности управления сельскими территориями осуществляется с применением федеральных и региональных показателей, а основным инструментом развития является разработка и реализация стратегий. В этой связи очевидна необходимость оценки степени реализации стратегии во взаимосвязке с эффективностью управления. Учитывая методические основы разработки стратегий, изложенные в работах З.И. Калугиной, О.П. Фадеевой [2], А.И. Костяева [3], А.А. Ломакина, М.Ю. Федотовой [6], А.В. Мерзлова [8], А.В. Петрикова [11], К.С. Терновых, А.В. Агibalова, А.Л. Марковой [13], Н.С. Тимофеевой [14] и др., мы приходим к пониманию, что для полной реализации целей и задач стратегии необходимо обосно-

вание концептуального подхода, отражающего ориентиры развития сельских территорий и включающего инструментарий эффективного управления на местном уровне.

Концептуальный подход к развитию сельских территорий должен базироваться на таких принципах, как:

- принцип системности, который предполагает последовательность реализуемых мероприятий и взаимосвязь всех заинтересованных субъектов;
- принцип целевой направленности, где все мероприятия подчинены задаче достижения действительно необходимых, научно обоснованных ориентиров;
- принцип результативности, который включает в себя целевые показатели достижимости целей;
- принцип плановости, в рамках которого разрабатываются конкретные шаги выполнения намеченных целей;
- принцип эффективности подразумевает рациональное соотношение достигнутых результатов и затраченных ресурсов;
- принцип мониторинга и контроля предполагает наблюдение за реализацией задуманного путем оценки достигнутых результатов;
- принцип непрерывности развития, который отражает постоянное влияние факторов на результат и их изменчивость относительно обстоятельств.

Процесс формирования стратегии социально-экономического развития имеет особый алгоритм, в который, на наш взгляд, целесообразно включить следующие этапы:

1. Определение актуальной парадигмы развития. Этап включает выработку принципов развития сельских территорий, определение методической базы осуществления мониторинга реализации стратегии социально-экономического развития, выявление заинтересованных сторон, формирование перечня имеющихся проблем в реализации процессов стратегического планирования; определение структуры и содержания стратегии, нормативно-правовой базы, закономерностей развития.

2. Анализ условий и факторов реализации разрабатываемой стратегии социально-экономического развития. Данный этап предполагает оценку человеческого, ресурсного, социального потенциала, а также имеющиеся возможности и угрозы.

3. Целеполагание и определение приоритетов исследуемой сельской территории. На этом этапе осуществляется разработка «дерева целей», имеющего 3 взаимосвязанных уровня, производится обоснование приоритетов развития.

4. Разработка сущностных ориентиров достижения целей будущей стратегии социально-экономического развития сельских территорий. Реализация этого этапа требует выработки качественных и количественных индикаторов эффективного развития сельских территорий.

5. Разработка механизма реализации стратегии социально-экономического развития сельской территории, что подразумевает планирование этапов реализации, формирование муниципальных программ, обоснование методов достижения целевых показателей.

Представленный перечень этапов должен найти отражение в научной обоснованности стратегий, что позволит развиваться сельским территориям системно.

Согласно стратегии социально-экономического развития Воронежской области до 2035 г. необходимо при разработке стратегии применять следующие методы [9]:

- стратегического анализа для идентификации сильных и слабых сторон социально-экономической системы Воронежской области, возможностей и угроз, прогнозируемых в ее внешней среде;

- экономико-статистического анализа для определения состояния и трендов изменений параметров социально-экономической системы Воронежской области; оценки ее совокупного социально-экономического потенциала;

- экономико-математические - для оценки уровня согласованности экспертных оценок; прогнозирования количественных значений целевых показателей социально-экономического развития Воронежской области в долгосрочном периоде;

- сравнительного анализа для выявления общего и особенного в тенденциях, векторах и механизмах социально-экономического развития российских регионов, определения относительных конкурентных преимуществ Воронежской области, ее позиционирования в системах более высокого уровня (Российская Федерация, Центральный федеральный округ);

- кластерного анализа для выявления относительно однородных групп российских регионов по совокупностям показателей, характеризующих развитие и использование человеческого капитала, ресурсный потенциал и результаты инновационной, инвестиционной, внешнеэкономической деятельности;

- анкетирования для сбора и учета экспертных оценок условий и факторов, детерминирующих социально-экономическое развитие Воронежской области, ее муниципальных районов и городских округов;

- форсайта для получения прогнозных оценок ресурсного потенциала Воронежской области и долгосрочных результатов его использования;

- организационного моделирования для определения необходимых изменений в институциональном, экономико-организационном и правовом обеспечении реализации стратегии.

Проведенные исследования позволили обобщить в единую систему элементы стратегии, инструментарий, методы и методику оценки и реализации целей и задач с учетом сценариев траекторий развития и сформировать концептуальный подход к разработке стратегических ориентиров развития сельских территорий. Результатом совершенствования методических подходов к развитию сельских территорий, по нашему мнению, станет определение стратегических ориентиров развития в рамках предложенной концепции (см. рис.).

Целью стратегии является выработка долгосрочных ориентиров развития сельских территорий в результате непрерывного и поэтапного процесса преобразований.

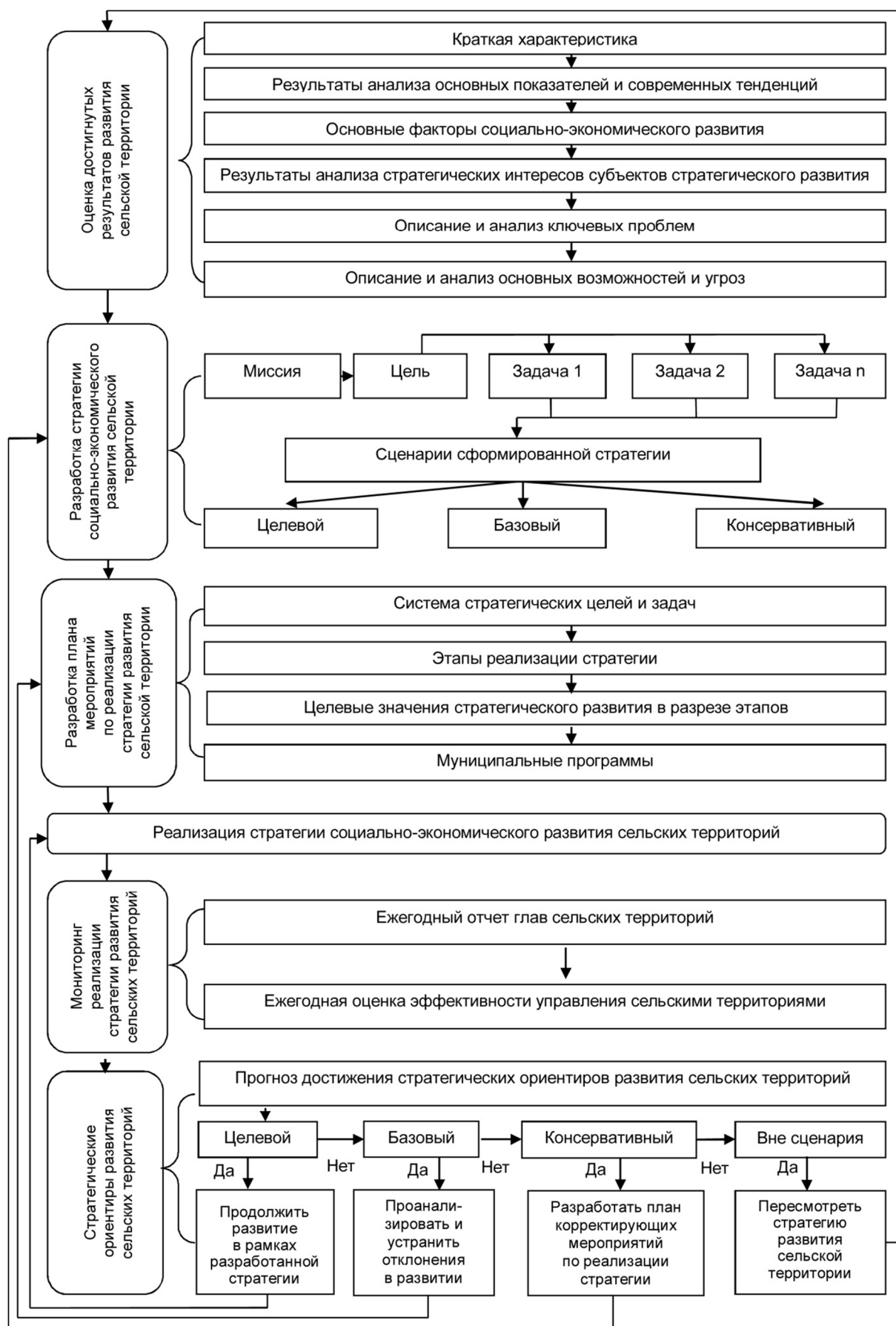
В рамках оценки достигнутых результатов развития сельских территорий важное значение имеет последовательное выполнение следующих мероприятий:

- формирование краткой характеристики;
- анализ основных показателей и современных тенденций;
- исследование основных факторов социально-экономического развития;
- анализ стратегических интересов субъектов стратегического развития;
- описание и анализ ключевых проблем;
- описание и анализ основных возможностей и угроз.

Считается необходимым при разработке стратегии социально-экономического развития формировать миссию сельской территории, цели и задачи. При этом достижение целей стратегического развития целесообразно осуществлять по трем сценариям:

- целевой (оптимистический);
- базовый (умеренный);
- инерционный (консервативный).

Характеристике сценариев развития сельских территорий большое внимание уделяется в работах А.В. Агibalова, Л.А. Запорожцевой, Ю.В. Ткачевой [1].



Концептуальный подход к разработке стратегических ориентиров развития сельских территорий

Целевой сценарий – оптимальный вариант социально-экономического развития сельских территорий, обеспечивающий достижение обозначенных приоритетов и целей развития. Указанный сценарий воплощается при реализации благоприятных макроэкономических тенденций в устойчивом росте целевых социально-экономических и эколого-институциональных показателей развития сельских территорий, притом темпы роста целевого (оптимального) сценария будут выше заданных базовым.

Указанный сценарий позволяет получить комплексное описание возможных результатов достижения стратегических приоритетов развития, что обеспечит согласованность проектов и программ, а также мероприятий плана реализации стратегии. Кроме того, открывается возможность структурной систематизации указанных проектов и программ, что позволяет повышать эффективность реализации стратегии на основе ранжирования взаимоувязанных элементов плана [4].

Базовый (умеренный) сценарий также предполагает рост целевых социально-экономических и эколого-институциональных показателей, но более умеренный, ориентирован преимущественно на усилия администрации территориального уровня, не предполагает значительной позитивной или негативной динамики макроэкономической среды.

Инерционный (консервативный) сценарий играет важную роль в механизме обеспечения устойчивого развития сельских территорий. Он характеризуется нарушением траектории оптимального и умеренного развития, полная и достаточная реализация целевых показателей социально-экономического и эколого-институционального развития сельских территорий не представляется возможной за счет административных ресурсов ввиду их недостаточности для разворота заложенных ранее тенденций.

Консервативные сценарии не вписываются в основные задачи, поставленные региональным центром в части развития страны, и отражают использование только того потенциала, который накоплен в предыдущем периоде, что приводит к умеренным темпам роста в стратегической перспективе. Реализация только тех планов, проектов и программ, которые разработаны в прошлом, предполагает модернизацию социально-экономических отношений на сельской территории с опорой на стремление обеспечить текущую эффективность (в ущерб эффективности в перспективе) и выполнение текущих социальных обязательств при минимальных расходах на развитие экономики [5].

Наиболее предпочтительным в системе обозначенных вариантов оценивается целевой сценарий: он устремлен на преумножение и рост потенциала субъекта, формирование его флагманской позиции в рейтинге сельских территорий. Формирование вектора устойчивого перманентного стратегического развития, в свою очередь, обуславливает привлекательность сценария для населения, инвесторов и администрации [1].

Не менее важными являются условия реализации сценариев стратегии, совокупность которых определяет траекторию развития сельской территории (табл. 1).

Таким образом, залогом осуществления целевого сценария являются: благоприятная реализация внешних и внутренних факторов, устранение ключевых проблем, формирование новых и использование существующих конкурентных преимуществ, а также формирование синергетических эффектов взаимодействия управления различного уровня [12].

Разработка плана мероприятий по реализации стратегии социально-экономического развития сельских территорий включает в себя формирование системы целей и задач, планирование этапов ее реализации, определение целевых значений в разрезе этапов и разработка муниципальных программ.

Реализация стратегии социально-экономического развития сельских территорий включает продолжительный этап во временном периоде, который начинается в базовом 2016 г. и заканчивается в 2035 г. Такой длительный период требует контроля и формирования инструментов его осуществления.

Таблица 1. Условия реализации сценариев стратегии социально-экономического развития

Характеристики	Консервативный	Базовый	Целевой
Качество динамики показателей	Осторожный рост по ключевым показателям или их стабильное значение, ориентация на сохранение достигнутых значений или минимальной отрицательной динамики	Рост, формирование повышательной тенденции	Закрепление повышательной тенденции, ориентация на постоянный динамичный рост
Реализация макроэкономических факторов	Нейтральная и негативная, высокий уровень нереализованных положительных ожиданий и факторов	Нейтральная, средний, прогнозируемый уровень влияния негативных факторов	Благоприятная
Использование внутреннего потенциала и усилий властей муниципального уровня	Полное, ограничена возможность привлечения финансирования более высокого уровня	Полное	Полное, формирование новых конкурентных преимуществ и механизмов
Особенности	Высокая реализация негативных факторов	Реализация факторов соответствует реально сложившимся условиям на отчетную дату	Высокая реализация благоприятных факторов внутреннего и внешнего генезиса, их синергия

Согласно федеральному закону о стратегическом планировании в Российской Федерации [10] мониторинг и контроль на муниципальном уровне осуществляется в виде ежегодных отчетов главы муниципального образования о результатах своей деятельности и сводный годовой доклад о ходе реализации и об оценке эффективности реализации муниципальных программ.

Данные документы характеризуют общий уровень развития, но не содержат информации об уровне реализации стратегии социально-экономического развития с точки зрения реализации инерционного, базового или консервативного сценария.

Отсюда видна потребность в разработке методики для мониторинга достижения целевых показателей стратегий социально-экономического развития. С нашей точки зрения, уровень ее реализации является индикатором уровня эффективности управления сельской территорией при условии учета в оценке влияния внешних факторов. В связи с этим нами предлагается осуществлять мониторинг эффективности управления сельскими территориями посредством определения уровня реализации стратегии социально-экономического развития (Рк).

Данный показатель представляет собой средневзвешенную оценку уровня достижения всех целевых показателей стратегии в отчетном году. Высокий уровень Рк говорит о том, что более 90% целевых ориентиров удалось достичь. Средний уровень свидетельствует о достижении от 70 до 90% показателей. Низкий уровень предполагает достижение менее 70% значений, что можно характеризовать как неэффективное управление.

Описанный подход на практике нами применен для оценки уровня реализации стратегии развития Петропавловского муниципального района. Двадцать пять целевых показателей развития, указанных в стратегии социально-экономического развития Петропавловского района, были сравнены с фактически достигнутыми результатами в 2018, 2019, 2020 гг. По результатам оценки в 2019 г. в Петропавловском районе реализовывалась стратегия на среднем уровне ($R_k = 83\%$), в 2018 и 2020 гг. – на высоком

уровне (R_k соответственно равен 100 и 92%). Поскольку внешние условия являются неблагоприятными на данном этапе, эффективность управления данной сельской территорией можно оценить как среднюю, при которой негативные условия уравновешены усилиями властей.

На заключительном этапе предлагается осуществлять прогнозирование достижения стратегических ориентиров развития сельских территорий. Данный процесс целесообразно соотносить с определением сценария развития сельской территории.

Нами разработана методика прогнозирования сценария развития, которая заключается в соотнесении плановых показателей друг другом с целью выработки критериев определения реализуемого сценария. В ходе проведенных исследований выявлено следующее:

- $1 \geq R_k \geq 0,95$ – реализуется целевой сценарий;
- $0,95 > R_k \geq 0,89$ – реализуется базовый сценарий;
- $0,89 > R_k \geq 0,80$ – реализуется консервативный сценарий;
- $0,80 > R_k$ – развитие проходит вне сценария.

Спрогнозируем развитие Петропавловского района на 2021–2025 гг. с применением экономико-математических моделей, описанных в научных трудах А.В. Улезько и А.П. Курносова [7, 15].

Для реализации данной задачи использовались возможности пакета прикладных программ MS Excel. В качестве основы построения функциональной взаимосвязи применена линейная функция $Y(X)$:

$$Y(X) = b_0 + b_1 X,$$

где X – независимая переменная;

b_0 – угловой коэффициент;

b_1 – свободный член.

Для прогноза были взяты целевые показатели развития Петропавловского муниципального района, которые не были достигнуты в 2020 г., что предопределило базовый сценарий развития сельской территории.

Исходя из прогноза, если продолжать развитие в рамках базового сценария, численность населения будет уменьшаться большими темпами, водоотведение не начнет развиваться за данный период, а количество малых и средних предпринимателей на 10 тыс. человек населения, даже при больших темпах миграции, будет неуклонно снижаться (табл. 2).

Таблица 2. Прогноз развития Петропавловского муниципального района по базовому сценарию

Показатели	Годы									
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Среднегодовая численность населения, чел.	17 793	17 429	17 064	16 827	16 792	16 400	16 140	15 879	15 618	15 358
Доля домовладений, подключенных к системе водоотведения и очистки воды	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Число субъектов малого и среднего предпринимательства в расчете на 10 тыс. населения, ед.	251,9	255,7	259,6	224,7	236,4	227,0	220,8	214,6	208,4	202,2

С нашей точки зрения, чтобы преломить негативные тенденции для Петропавловского муниципального района требуется разработать программы по стимулированию малого и среднего предпринимательства, что позволит обеспечить рабочими местами население и замедлить темпы оттока населения в города, а также муниципальную программу по оснащению системами водоотведения местных домовладений. Данные меры позволят прогнозировать развитие в рамках целевого сценария (табл. 3).

Таблица 3. Прогноз развития Петропавловского муниципального района по целевому сценарию

Показатели	Годы					
	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Среднегодовая численность населения, чел.	16792	16768	16743	16719	16694	16670
Доля домовладений, подключенных к системе водоотведения и очистки воды	0,4	2,9	5,3	7,8	10,2	12,7
Число субъектов малого и среднего предпринимательства в расчете на 10 тыс. населения, ед.	236,4	245,3	254,1	263,0	271,8	280,7

В рамках представленной нами концепции разработан механизм определения целевых ориентиров развития сельских территорий, который основывается на определении реализуемого сценария:

- если сельская территория развивается в рамках целевого сценария, то следует продолжить развитие в рамках разработанной стратегии. Если же нет, то, возможно, она развивается в рамках базового сценария;
- если сельская территория развивается в рамках базового сценария, то следует проанализировать и устранить отклонения в развитии. Если же нет, то, возможно, она развивается в рамках консервативного сценария;
- если сельская территория развивается в рамках консервативного сценария, то следует разработать план корректирующих мероприятий по реализации стратегии. Если же нет, то она развивается вне сценария;
- если сельская территория развивается вне сценария, то следует пересмотреть стратегию социально-экономического развития.

Предложенный нами концептуальный подход к разработке стратегических ориентиров развития сельских территорий направлен на обеспечение достижения целей в рамках сценарного подхода посредством мониторинга, позволяющего своевременно скорректировать траекторию развития. При этом предлагаемая методика его использования универсальна и может быть применена к сельской территории любого региона РФ.

Библиографический список

1. Агibalов А.В. Формирование методики оценки качества устойчивости развития сельских территорий / А.В. Агibalов, Л.А. Запорожцева, Ю.В. Ткачева // International Agricultural Journal. – 2020. – Т. 63, № 1. – С. 54–66. DOI: 10.24411/2588-0209-2020-10130.
2. Калугина З.И. Новая парадигма сельского развития / З.И. Калугина, О.П. Фадеева // Мир России. – 2009. – № 18 (2). – С. 34–49.
3. Костяев А.И. Концептуальные подходы к развитию сельских территорий с учетом европейского опыта / А.И. Костяев // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2018. – № 6 (67). – С. 141–148.
4. Лапыгин Ю.Н. Целевой сценарий реализации стратегии в регионе / Ю.Н. Лапыгин, Д.Ю. Лапыгин // Ученые записки. – 2019. – № 2. – С. 113–127.
5. Лапыгин Ю.Н. Инерционный сценарий реализации стратегии в регионе / Ю.Н. Лапыгин, Д.Ю. Лапыгин // Ученые записки. – 2019. – № 3. – С. 66–79.
6. Ломакин А.А. Устойчивое развитие сельских территорий как направление стратегии их функционирования: монография / А.А. Ломакин, М.Ю. Федотова. – Пенза : РИО ПГСХА, 2013. – 200 с.
7. Макаревич Л.О. Механизм обеспечения сбалансированности развития экономических систем / Л.О. Макаревич, А.В. Улезько // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 12, № 2 (61). – С. 208–215.
8. Мерзлов А.В. Переход к устойчивому развитию сельских территорий: теория, методология и практика / А.В. Мерзлов. – Москва : ИГ РАН, 2006. – 308 с.
9. О стратегии социально-экономического развития Воронежской области на период до 2035 года : Закон Воронежской области от 20.12.2018 № 168-ОЗ; ред. от 23.12.2019 № 165-ОЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/550300779> (дата обращения: 10.02.2021).
10. О стратегическом планировании в Российской Федерации : Федеральный закон от 28.06.2014 г. № 172-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_164841/ (дата обращения: 23.02.2021).
11. Петриков А.В. Обеспечить устойчивое развитие сельских территорий / А.В. Петриков // АПК: экономика, управление. – 2005. – № 6. – С. 13–19.
12. Стратегия социально-экономического развития Воробьевского муниципального района [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://vorob-gn.ru/strategiya-soc-razvitiya/> (дата обращения: 29.02.2021).
13. Терновых К.С. К вопросу о механизме институционального развития сельских территорий / К.С. Терновых, А.В. Агibalов, А.Л. Маркова // Вестник аграрной науки. – 2017. – № 6 (69). – С. 171–179.
14. Тимофеева Н.С. Стратегическое планирование как важнейший элемент менеджмента устойчивого развития сельских территорий / Н.С. Тимофеева // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: политические, социологические и экономические науки. – 2019. – № 4 (1). – С. 143–148.
15. Улезько А.В. Использование экономико-математических методов в исследовании агроэкономических систем / А.В. Улезько, А.П. Курносков // История, состояние и перспективы развития агроэкономической науки и образования : матер. международной науч.-практ. конф. (Россия, г. Воронеж, 03–04 июня 2016 г.). – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2016. – С. 130–138.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ**Принадлежность к организации**

Роман Олегович Толстолуцкий – ассистент кафедры финансов и кредита ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, Воронеж, e-mail: tolromol@mail.ru.

Людмила Анатольевна Запорожцева – доктор экономических наук, профессор кафедры финансов и кредита ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: ludan23@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию 25.08.2021

Дата принятия к печати 29.09.2021

AUTHOR CREDENTIALS**Affiliations**

Roman O. Tolstolutsky, Assistant, Finance and Credit Dept., Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: tolromol@mail.ru.

Lyudmila A. Zaporozhtseva, Doctor of Economic Sciences, Professor, Finance and Credit Dept., Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: ludan23@yandex.ru.

Received August 25, 2021

Accepted after revision September 29, 2021

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА РИСКОВ ОПТИМИЗАЦИИ НАЛОГООБЛОЖЕНИЯ ХОЗЯЙСТВУЮЩИХ СУБЪЕКТОВ

**Лариса Викторовна Брянцева
Андрей Сергеевич Оробинский
Вилсон Хосе Фонсека**

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Многочисленными исследованиями подтверждается необходимость оптимизации процессов налогообложения организаций, для чего целесообразно принимать во внимание мнения специалистов, предлагающих конкретные разработки в этих направлениях. Как правило, вопросы оптимизации налогообложения рассматриваются с позиции теории обоснования, совершенствования учетной политики для целей налогообложения, применения налоговых льгот, использования возможностей сокращения налогооблагаемой базы по конкретным налогам. Целью исследования является теоретическое обоснование и методическое обеспечение анализа и оценки рисков оптимизации налогообложения хозяйствующих субъектов малого и среднего предпринимательства. В качестве методологической основы исследования использованы общенаучные методы – дедуктивный, индуктивный, системный. Показано, что предприятия малого и среднего бизнеса выступают главным вектором развития экономики страны, и одним из способов оптимизации налоговой нагрузки, формирующим конкурентные качества таких хозяйствующих субъектов, является использование организациями налогового инвестиционного вычета. Выявлено, что помимо возникновения выездной налоговой проверки (риска усиления налогового контроля) стоит обратить внимание на риски усиления налогового бремени. Предложена методика анализа, оценки и контроля рисков налоговой оптимизации, позволяющая выявить ряд слабых мест налоговой политики хозяйствующих субъектов малого и среднего бизнеса и разработать комплекс мер по повышению эффективности с учетом индивидуальных особенностей ведения финансово-хозяйственной деятельности. Внедрение предложенных рекомендаций предполагает постоянный мониторинг меняющейся экономической ситуации, включающий анализ внешних и внутренних факторов, формирующих налоговую политику хозяйствующих субъектов малого и среднего предпринимательства и создаст дополнительные конкурентные преимущества для дальнейшего развития бизнеса.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: риски, налоговая оптимизация, налоговая нагрузка, налоговый инвестиционный вычет, субъекты малого и среднего бизнеса.

ANALYSIS AND RISK EVALUATION OF ECONOMIC ENTITIES TAX BURDEN MINIMIZATION

**Larisa V. Bryantseva
Andrei S. Orobinsky
Wilson Jose Fonseca**

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

Numerous studies confirm the need to optimize the processes of taxation of organizations, for which it is advisable to take into account the opinions of specialists offering specific developments in these areas. As a rule, the issues of tax minimization are considered from the standpoint of the theory of justification, improvement of accounting policy for tax purposes, the application of tax benefits, the use of opportunities to reduce the tax base for specific taxes. The purpose of the study is theoretical justification and methodological support for the analysis and assessment of risks of minimizing taxation of small and medium-sized businesses. General scientific methods, i.e. deductive, objective, systematic were used as the methodological basis of the study. It is shown that small and medium-sized businesses are the main vector of the development of the country's economy, and one of the ways to minimize the tax burden that forms the competitive qualities of such economic entities is the use of tax investment deduction. It is revealed that in addition to the occurrence of an on-site tax audit (the risk of strengthening tax control), it is worth paying attention to the risks of increasing the tax burden. The methodology of analysis, assessment and control of tax minimization risks is proposed, which allows identifying a number of

weak points of the tax policy of small and medium-sized businesses and developing a set of measures to improve efficiency, taking into account individual characteristics of financial and economic activities. The implementation of the proposed recommendations involves constant monitoring of the changing economic situation, including analysis of external and internal factors shaping the tax policy of small and medium-sized businesses and will create additional competitive advantages for further business development.

KEYWORDS: risks, tax minimization, tax burden, tax investment deduction, small and medium-sized businesses.

Налоги являются не только источником бюджетных поступлений, но и важнейшим инструментом управления экономикой. Налоги реализуют свои функции в налоговой системе, принятой в конкретном государстве. Налоговые системы разных стран различаются по своей структуре и комбинации тех или иных налогов, но преследуют одну цель – создание стабильной доходной налоговой системы. В странах с высоко развитой экономикой предпринимательские структуры малого бизнеса выступают главным источником формирования доходной части бюджета. Благодаря таким экономическим субъектам сдерживается рост цен на товары и услуги, улучшается качество продукции [11, 12].

С.С. Соколов [8] утверждает, что предприятия малого и среднего бизнеса выступают главным вектором развития экономики страны, где предусмотрен максимально комфортный выход на рынок, создание наилучших факторов деятельности, в том числе с помощью оптимизации налоговой нагрузки и снижения общего числа документов в обороте. Не требуя больших затрат со стороны национальной экономики, малый и средний бизнес не только приносит свой доход в экономические показатели государства, но и гармонизирует социальную напряженность в стране, решая вопросы, связанные с занятостью населения [6]. Кроме того, субъекты экономики малого и среднего бизнеса быстрее приспосабливаются и изменяются в перманентно волатильных рыночных условиях.

А.К. Мусаелян [4] справедливо отмечает, что для формирования конкурентных качеств мировые страны, ориентируясь на привлечение ресурсов, используют следующий дифференцированный инструментарий:

- снижение ставки налогов;
- отличающиеся виды налоговых вычетов из прибыли для налогообложения;
- инвестиционные налоговые кредиты;
- упрощенный порядок подачи отчетности;
- льготные возможности налогообложения в первые периоды после возникновения организации;
- перенос отрицательного финансового результата на прошлые периоды;
- специальные режимы налогообложения.

Одним из способов оптимизации налоговой нагрузки, формирующим конкурентные качества, является использование организациями налогового инвестиционного вычета.

Нормами ст. 284 НК РФ установлено следующее:

«Налоговая ставка устанавливается в размере 20 процентов, если иное не установлено НК РФ. При этом:

- сумма налога, исчисленная по налоговой ставке в размере 2% (3% в 2017–2024 гг.), зачисляется в федеральный бюджет;
- сумма налога, исчисленная по налоговой ставке в размере 18% (17% в 2017–2024 гг.), зачисляется в бюджеты субъектов Российской Федерации.

Налоговая ставка налога, подлежащего зачислению в бюджеты субъектов Российской Федерации, законами субъектов Российской Федерации может быть понижена для отдельных категорий налогоплательщиков».

Пониженные налоговые ставки по налогу на прибыль организаций, подлежащему зачислению в бюджеты субъектов Российской Федерации, установленные законами субъектов РФ, принятыми до дня вступления в силу Федерального закона от 3 августа 2018 г. № 302-ФЗ «О внесении изменений в части первую и вторую Налогового кодекса Российской Федерации», подлежат применению налогоплательщиками до даты окончания срока их действия, но не позднее 1 января 2023 г. При этом указанные пониженные налоговые ставки могут быть повышены законами субъектов Российской Федерации на налоговые периоды 2019–2022 гг. Вышеприведенные положения не применяются в отношении пониженных налоговых ставок по налогу на прибыль организаций, подлежащему зачислению в бюджеты субъектов Российской Федерации, установленных законами субъектов Российской Федерации для отдельных категорий налогоплательщиков в случаях, предусмотренных п. 1 ст. 284 НК РФ.

Инвестиционный вычет действует только в тех субъектах, на территории которых региональные власти приняли закон о его введении (подп. 1 п. 6 ст. 286.1 НК РФ).

В Воронежской области такой закон принят 22.05.2019 и вступил в силу с 01.01.2020 (№ 70-ОЗ). При этом нормы закона Воронежской области № 70-ОЗ [10] значительно уменьшают возможность использования данного инструментария в целях оптимизации в сравнении с Налоговым кодексом РФ по следующим причинам:

- за счет региональной части налога объем инвестиционного вычета снижен с 90 до 50% суммы расходов на покупку и модернизацию основных средств;
- добавлено, что инвестиционный проект должен соответствовать статусу особо значимого для региона проекта;
- при определении предельной величины инвестиционного налогового вычета увеличена в два раза (с 5 до 10%) величина ставки налога на прибыль организаций, подлежащая зачислению в областной бюджет;
- ограничен период, в котором может быть учтена сумма расходов, превышающая предельную величину инвестиционного вычета (не более трех последующих последовательных налоговых периодов).

Тем не менее с целью осуществления результативной оптимизации мы рекомендуем менеджменту организаций оценивать перспективность применения данного инструмента с учетом рассмотренных требований и ограничений.

Нами были выполнены расчеты, демонстрирующие специфику налогообложения прибыли в организациях-налогоплательщиках Воронежской области.

В январе 2020 г. приобретено и введено в эксплуатацию оборудование первоначальной стоимостью 400 тыс. руб., по которому возможно применение инвестиционного налогового вычета. При этом региональная часть налога на прибыль организаций дает право применять инвестиционный вычет в размере 200 тыс. руб. ($400 \text{ тыс. руб.} \times 50\%$), за счет федеральной части – 40 тыс. руб. ($400 \text{ тыс. руб.} \times 10\%$).

Считаем, что прибыль, подлежащая налогообложению за I квартал, составила 2000 тыс. руб.

Сумма налога на прибыль, подлежащая к уплате:

- в региональный бюджет с учетом инвестиционного вычета составит 140 тыс. руб. ($340\,000 - 200\,000$);
- в федеральный бюджет с учетом инвестиционного вычета составит 20 тыс. руб. ($60\,000 - 40\,000$).

При этом нормами Налогового кодекса Российской Федерации по итогам каждого отчетного или налогового периода предусмотрена необходимость контроля предельной величины инвестиционного вычета. Если расходы на покупку и модернизацию основных средств за I квартал превысили предельную величину, то инвестиционный вычет равен этой величине [5].

Чтобы рассчитать предельную величину вычета, пользуются формулой

$$Пв = Нп(d) - Нп(i),$$

где $Пв$ – предельная величина вычета;

$Нп(d)$ – налог на прибыль в региональный бюджет по действующей ставке,

$Нп(i)$ – налог на прибыль в региональный бюджет по ставке 5%.

Для расчета предельной величины используется сумма налога на прибыль без учета инвестиционного вычета. Вместо расчетной ставки 5% региональные власти вправе установить другую ставку налога (абзац третий п. 2 ст. 286.1 НК РФ). В частности, для Воронежской области ставка налога составляет 10%.

Деятельность предприятий малого и среднего бизнеса сопряжена с множеством рисков, в том числе финансовых и налоговых [3, 7]. Помимо возникновения выездной налоговой проверки (риска усиления налогового контроля) стоит обратить внимание на риски усиления налогового бремени. Для наглядности предлагается классифицировать их следующим образом (табл. 1).

Таблица 1. Классификация рисков усиления налогового бремени

Риски усиления налогового бремени		
Изменение действующего налогового законодательства	С этой точки зрения изменения в Налоговом кодексе Российской Федерации не являются заведомо негативными, так как могут инициировать положительные изменения. Негативные последствия возникнут в случае роста налогооблагаемых баз как следствие методики их начисления	
Смена режима налогообложения	Переход на ОСНО	Поступление доходов от деятельности, не относящейся к сфере торговли
Доначисление платежей	До начисления налога по результатам налоговой проверки	Начисление пеней и штрафов в случае невыполнения налогового законодательства

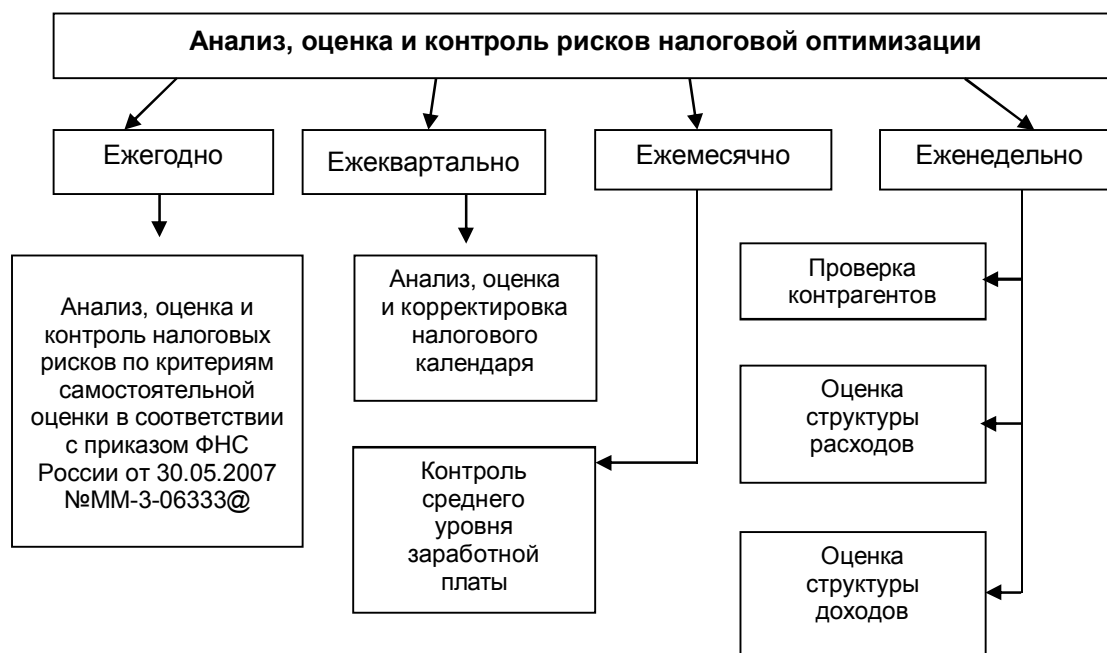
Проанализировав риски по представленной классификации, следует отметить: позиция изменения налогового законодательства является внешним фактором, поэтому разработка методики по снижению данного типа риска на данный момент невозможна и предполагает, скорее, оперативное реагирование, нежели разработку плана.

Доначисление налогов предполагается по результатам проведения налоговой проверки, вероятность которой оценивается по 12 критериям и отмечена как минимально рискованная. В то же время вероятность начисления пеней и штрафов всегда остается актуальной ввиду разных факторов, в том числе человеческого. Возникновение пеней и штрафов возможно не только в случае намеренного несоблюдения налогового законодательства (уклонение от уплаты налогов), но и при просроченных сроках уплаты налогов или сдачи отчетности. Кроме того, в случае применения УСН возможно увеличение налогооблагаемой базы при отсутствии обоснованности произведенных и принятых к учету расходов [1, 2].

Говоря о риске уголовного преследования, следует отметить, что на текущий момент он минимален, когда все операции совершаются в соответствии с действующим законодательством и не вызывают подозрений, о чем свидетельствует отсутствие соответствующих извещений из налоговых органов.

Для дальнейшей эффективной работы предприятия следует провести анализ налоговых рисков и разработать меры по организации комплекса для их минимизации.

Утвердить методику анализа, оценки и контроля рисков налоговой оптимизации предприятия предлагается по схеме, представленной на рисунке.



Методика анализа, оценки и контроля рисков налоговой оптимизации

Формируя налоговую политику на предстоящий календарный год, целесообразно, на наш взгляд, учитывать выявленные риски, разрабатывать и включать комплекс мер, направленных на их минимизацию.

На сегодняшний день ситуация складывается таким образом, что в России многие малые и средние предприятия не ведут налогового планирования, мотивируя это тем, что небольшие масштабы деятельности организаций малого бизнеса не требует такого же внимания к налоговой политике, как, например, крупные компании [10]. Соответствующий порядок налогового планирования чаще всего базируется на ситуационном анализе. Данная методика относительно проста и позволяет оценить выручку экономического субъекта, например, по конкретному хозяйственному договору. Кроме того, ситуационный метод отражает организацию бухгалтерского и налогового учета: выбранную форму, методологию, содержание и способы ведения, что позволяет учесть специфику и масштабы финансово-хозяйственной деятельности при разработке порядка налогового планирования. Недостаток ситуационного метода заключается в многовариантности, из-за чего использование его для крупных фирм с большим массивом всевозможных модификаций взаимодействий с внешней средой не столь эффективно, как, например, для коммерческой организации, имеющей небольшие объемы бизнеса.

Одним из основных элементов методики анализа, оценки и контроля рисков налоговой оптимизации, по нашему мнению, является еженедельный анализ и контроль контрагента, позволяющий заблаговременно избежать неблагоприятных ситуаций и финансовых потерь, которые могут быть связаны как с доначислением налогов и вопросов со стороны контролирующих органов, так и с уклонением от выполнения условий сделки недобросовестным поставщиком.

Включив в работу механизм контроля контрагента, организация сможет организовать рациональный учет всех совершаемых операций и с учетом дальнейшего роста объемов бизнеса. Стоит отметить, что такая методика будет лишь приобретать актуальность, потому что более крупная сделка предполагает более крупный налоговый риск, следовательно, требует тщательного контроля.

В целях повышения эффективности уже существующих основ организации налоговой политики организации следует уделить повышенное внимание отдельным мероприятиям, направленным на анализ налоговых рисков и разработку мероприятий, направленных на их минимизацию.

Для малых предприятий наиболее характерна ситуация, когда уровень заработной платы оказывается ниже среднеотраслевого по причине действующего штатного расписания, предполагающего неполную занятость сотрудников. Ежемесячный анализ и подготовка разъяснений на эту тему позволят не только быть в курсе текущей ситуации на рынке труда, но и избежать вероятных вопросов со стороны органов налоговой службы.

Посредством предложенной выше методики анализа, оценки и контроля рисков налоговой оптимизации возможно выявить ряд слабых мест налоговой политики хозяйствующих субъектов малого и среднего бизнеса и разработать комплекс мер по повышению эффективности с учетом индивидуальных особенностей ведения финансово-хозяйственной деятельности. Безусловно, все меры предполагают постоянный мониторинг меняющейся экономической ситуации, включающий анализ внешних и внутренних факторов, формирующих налоговую политику предприятия.

Библиографический список

1. Климкина И.В. Способы оптимизации налогообложения по упрощенной системе налогообложения малого и среднего бизнеса / И.В. Климкина // Экономика, управление, финансы : матер. VIII междунар. науч. конф. (Россия, Краснодар, февраль 2018 г.). – Краснодар : Новация, 2018. – С. 139–142.
2. Ковалев А.Ю. Проблемы налогообложения субъектов малого бизнеса: способы их решения / А.Ю. Ковалев // Проблемы управления, экономики, политики и права в глобализирующемся мире : сборник тезисов докладов Фестиваля науки ЮРИУ РАНХиГС (Россия, Ростов-на Дону, 17–22 апреля 2017 г.). – Ростов-на-Дону : ЮРИУ РАНХиГС, 2017. – Ч. I. – С. 48–50.
3. Меньшаева Л.И. Проблема выбора оптимальной системы налогообложения субъектами малого бизнеса / Л.И. Меньшаева // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2020. – Т. 5, № 9. – С. 96–100.
4. Мусаелян А.К. Оптимизация системы налогообложения субъектов малого и среднего бизнеса в современных условиях / А.К. Мусаелян // Ученые записки Института управления, бизнеса и права. Серия: Экономика. – 2017. – № 5. – С. 316–322.
5. Налоговый кодекс Российской Федерации. Ч. 2 : принята Государственной Думой 19 июля 2000 г. : одобрена Советом Федерации 26 июля 2000 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/10900200/> (дата обращения: 08.04.2021).
6. О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации : Федеральный закон от 24 июля 2007 № 209-ФЗ : принят Государственной Думой 6 июля 2007 года : одобрен Советом Федерации 11 июля 2007 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/12154854/> (дата обращения: 07.04.2021).
7. Проблемы налогообложения малого бизнеса в России / И.Н. Маслова, Н.Ю. Михайлова, Д.Н. Денисова, В.Н. Пилинчук // Финансовый вестник. – 2017. – № 4 (39). – С. 74–78.
8. Соколов С.С. Особенности льготного налогообложения малого бизнеса / С.С. Соколов // Современные гуманитарные исследования. – 2017. – № 2 (75). – С. 39–42.
9. Тищенко А.В. Налогообложение как основная проблема развития современного малого бизнеса / А.В. Тищенко, И.И. Цыпин // Актуальные проблемы права России и стран СНГ : матер. XV междунар. науч.-практ. конф. (Россия, Челябинск, 31 марта 2017 г.). – Челябинск : Цицеро, 2017. – С. 105–109.
10. Федеральная налоговая служба : официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nalog.ru/rn77/> (дата обращения: 07.04.2021).
11. Agibalov A. Formalization of the methodology for assessing the sustainability of rural development / A. Agibalov, L. Zaporozhtseva, Yu. Tkacheva // Међународни научни скуп ИОР-ИБ 2019 Иновативност и одрживи развој изазови будућности : Сборник радова (Косовска Митровица, 12–13 ноября 2019 г.). – Косовска Митровица : Изд-во Економски факултет Универзитета у Приштини, 2019. – С. 21.
12. Conceptual aspects of tax system development in cyclic economy/ T.L. Bezrukova, B.A. Bezrukov, L.V. Bryantseva, I.V. Orobinskaya, A.G. Kazmin, V.L. Pozdeev // Contributions to Economics. – 2017. – No. 9783319454610. – Pp. 287–303. DOI: 10.1007/978-3-319-45462-7_31.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ
Принадлежность к организации

Брянцева Лариса Викторовна – доктор экономических наук, профессор кафедры финансов и кредита ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: blv2466@mail.ru.

Андрей Сергеевич Оробинский – кандидат экономических наук, доцент кафедры финансов и кредита ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: orobinski@mail.ru.

Вилсон Хосе Фонсека – аспирант кафедры финансов и кредита ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: wilson.fonseca@mail.ru.

Дата поступления в редакцию 20.07.2021

Дата принятия к печати 28.08.2021

AUTHOR CREDENTIALS
Affiliations

Larisa V. Bryantseva, Doctor of Economic Sciences, Professor, Finance and Credit Dept., Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: blv2466@mail.ru.

Andrei S. Orobinsky, Candidate of Economic Sciences, Docent, Finance and Credit Dept., Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: orobinski@mail.ru.

Wilson Jose Fonseca, Postgraduate Student, Finance and Credit Dept., Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: wilson.fonseca@mail.ru.

Received July 20, 2021

Accepted after revision August 28, 2021

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МОЛОЧНОГО СКОТОВОДСТВА В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ ЦЧР

**Константин Семенович Терновых¹
Юрий Александрович Китаёв²**

¹Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

²Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина

В отрасли молочного скотоводства отмечается ряд тенденций, главной из которых является рост объема валового производства молока, обусловленный ростом молочной продуктивности коров. Данная тенденция характерна как для России в целом, так и для Центрально-Черноземного региона. Особенностью развития молочного скотоводства в ЦЧР является широкое распространение агропромышленной интеграции, позволяющей внедрять современные технологии в отрасли. С целью выявления ключевых факторов и параметров, определяющих эффективность молочного скотоводства в ЦЧР, была проведена организационно-технологическая и организационно-экономическая оценка деятельности АО МК «Зеленая Долина» (Белгородская область), ООО «ЭкоНиваАгро» (Воронежская область), ЗАО Агрокомплекс «Мансурово» (Курская область), ООО СХП «Мокрое» (Липецкая область), ООО «Молочная ферма «Жупиков» (Тамбовская область). Организационно-технологическая оценка включала анализ основных технологических параметров, характеризующих породный состав, и проблем, связанных с механизацией и автоматизацией технологических процессов. Организационно-экономическая оценка предполагала расчет удельных показателей эффективности отрасли. В результате анализа установлено, что применение современных технологий обеспечило высокую продуктивность коров – не ниже 8677 кг. При этом содержание жира составляет не менее 3,64% и белка – не менее 3,22%. Из пяти предприятий только одно достигло высокого уровня рентабельности – 19,1%. Данная ситуация связана с тем, что только в этом предприятии сложились низкие удельные затраты в расчете на одну корову. Следовательно, главным фактором, определяющим экономическую эффективность отрасли молочного скотоводства, является величина удельных материально-денежных затрат на 1 ц молока, 1 скотоместо, 1 голову крупного рогатого скота.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: молочное скотоводство, эффективность функционирования, Центрально-Черноземный регион, агрохолдинг, организационно-технологическая оценка, организационно-экономическая оценка.

ASSESSMENT OF PERFORMANCE EFFICIENCY OF DAIRY CATTLE BREEDING IN AGRICULTURAL ORGANIZATIONS OF THE CENTRAL CHERNOZEM REGION

**Konstantin S. Ternovych¹
Yuriy A. Kitaev²**

¹Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

²Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin

There are a number of trends in dairy cattle breeding, the main of which is the growth in the volume of gross milk production as a result of increasing milk productivity of cows. This trend is true both for Russia as a whole and for the Central Chernozem Region. A peculiarity of development of dairy cattle breeding in the Central Chernozem Region is that agro-industrial integration is widespread, which allows the implementation of modern technologies in the industry. In order to identify the key factors and parameters that determine the efficiency of dairy cattle breeding in the Central Chernozem Region, the author has performed an organizational and technological, as well as an organizational and economic assessment of activities of Zelenaya Dolina Milk Company (Belgorod Oblast), ООО EkoNivaAgro (Voronezh Oblast), Mansurovo Agrocomplex (Kursk Oblast), Mokroe Agricultural Enterprise (Lipetsk Oblast), and ООО Zhupikov Dairy Farm (Tambov Oblast). The organizational and technological assessment included analyzing the main technological parameters that characterize the breed composition and the problems associated with mechanization and automation of technological processes. The organizational and economic assessment involved calculating specific efficiency indicators for the industry. As a result of analysis, it was found that the use of modern technologies ensured high productivity of cows (not less than 8,677 kg) with fat

content being at least 3.64% and protein content being at least 3.22%. Of the five enterprises under consideration, only one has achieved a high level of profitability (19.1%). This is due to the fact that only this enterprise had low unit costs per cow. Consequently, the main factor determining the economic efficiency of dairy cattle industry is the value of material and monetary unit costs per 1 centner of milk, 1 livestock place, and 1 head of cattle.

KEYWORDS: dairy cattle breeding, performance efficiency, Central Chernozem Region, agricultural holding, organizational and technological assessment, organizational and economic assessment.

Введение

В масштабах Российской Федерации в последние десятилетия отмечается устойчивая тенденция роста производства молока за счет повышения молочной продуктивности коров во всех категориях хозяйств, которая компенсирует сокращение поголовья крупного рогатого скота, и прежде всего коров [6]. Для Центрально-Черноземного региона характерна аналогичная тенденция, однако, в отличие от Российской Федерации, в Черноземье с 2010 г. происходит активное наращивание объемов производства молока в сельскохозяйственных организациях, что обусловлено развитием в отдельных субъектах предприятий холдингового типа, которые при строительстве новых животноводческих комплексов широко внедряют инновационные технологии в молочном скотоводстве [3, 7, 8]. В рамках данных технологий проводится оптимизация поголовья и структуры стада крупного рогатого скота, ориентированная на интенсивное продуктивное использование коров. Данные меры в сельскохозяйственных организациях ЦЧР позволили достигнуть средней продуктивности 7072 кг в год, а в Белгородской области – 7829 кг [4, 5]. Следовательно, всесторонняя оценка эффективности молочного скотоводства в холдинговых формированиях Черноземья позволит выявить факторы и параметры, обеспечивающие поступательное развитие данной отрасли.

Материалы и методы

Оценка эффективности функционирования молочного скотоводства проводилась на основе информации, содержащей сведения об организационно-технологических особенностях функционирования крупных холдинговых формирований в различных субъектах ЦЧР, и основных экономических показателей их деятельности, представленных в открытом доступе, с применением экономико-статистических методов.

Результаты и их обсуждение

Особенностью организации производства молока в интегрированных агропромышленных формированиях является то, что они в своей практике используют современные достижения в области молочного скотоводства и передовые элементы технологии [10, 11]. Об этом свидетельствует проведенная организационно-технологическая оценка функционирования молочного скотоводства в различных хозяйствующих субъектах, приведенная в таблице 1.

В качестве объектов для сравнения были выбраны агропромышленные предприятия от каждого субъекта ЦЧР, входящие в состав агрохолдингов и имеющие высокую молочную продуктивность дойного стада.

Анализ организационно-технологических параметров функционирования молочного скотоводства в субъектах ЦЧР показал, что во всех исследуемых предприятиях поголовье КРС представлено голштинской породой как положительно зарекомендовавшей себя в молочных предприятиях мира [1]. Три из пяти анализируемых предприятий являются племенными хозяйствами по голштинской породе и организовали самостоятельное воспроизводство чистопородного поголовья. Во всех предприятиях используется беспривязная технология содержания крупного рогатого скота, которая получила широкое распространение в странах Западной Европы и США. Корм животным на всех комплексах дается в виде полноценной кормосмеси, прошедшей предварительную подготовку. Тип рациона основного дойного стада – постоянный, не изменяющийся в зависимости от времени года. Раздача кормов осуществляется на кормовые столы в кормовом проходе с помощью смесителей-кормораздатчиков (самоходных или прицепных) различных зарубежных производителей.

Таблица 1. Организационно-технологическая оценка функционирования молочного скотоводства в сельскохозяйственных организациях субъектов ЦЧР

Показатели	АО МК «Зеленая Долина», Белгородская область	ООО «ЭкоНиваАгро», Воронежская область	ЗАО Агрокомплекс «Мансурово», Курская область	ООО СХП «Мокрое», Липецкая область	ООО «Молочная ферма «Жуликов», Тамбовская область
Породный состав	Голштинская	Голштинская	Голштинская	Голштинская	Голштинская
Качество поголовья	Племенное хозяйство	Племенное хозяйство	–	–	Племенное хозяйство
Технология содержания	Беспривязная	Беспривязная	Беспривязная	Беспривязная	Беспривязная
Способ скормливания рациона	В виде кормосмеси	В виде кормосмеси	В виде кормосмеси	В виде кормосмеси	В виде кормосмеси
Тип рациона	Постоянный	Постоянный	Постоянный	Постоянный	Постоянный
Место раздачи кормов	Кормовой стол на кормовом проходе	Кормовой стол на кормовом проходе	Кормовой стол на кормовом проходе	Кормовой стол на кормовом проходе	Кормовой стол на кормовом проходе
Технические средства для смешивания и раздачи кормов	Трактор в сцепке с кормораздатчиком-смесителем VM 10-1 S C JF-Stoll	Трактор в сцепке с кормораздатчиком-смесителем Mayer V-Mix BvL	Трактор в сцепке с кормораздатчиком-смесителем	Трактор в сцепке с кормораздатчиком-смесителем	Самоходный смеситель-кормораздатчик Mayer Siloking
Дояние коров основного стада с помощью доильной установки	Доильный зал карусельного типа DeLaval	Доильные залы карусельного типа и типа «Елочка» GEA Farm Technologies	Доильный зал карусельного типа и типа параллель GEA Farm Technologies	Доильный зал карусельного типа и типа параллель BouMatic Xpressway Parallel	Доильный зал карусельного типа GEA Farm Technologies
Оборудование для поения животных	Групповая автопоилка	Групповая автопоилка	Групповая автопоилка	Групповая автопоилка	Групповая автопоилка
Технические средства для удаления навоза из помещений	Мини-погрузчик JCB + очиститель навозного прохода	Мини-погрузчик JCB + очиститель навозного прохода	Погрузчик + очиститель навозного прохода	Погрузчик + очиститель навозного прохода	Транспортер скребковый навозоуборочный
Персонализация поголовья	Метка радиочастотной идентификации	Метка радиочастотной идентификации	Метка радиочастотной идентификации	Метка радиочастотной идентификации	Метка радиочастотной идентификации
Система управления процессом кормления скота	DeLaval TMR Оптимат Менеджмент	GEA DairyPlan C21	GEA DairyPlan C21	Smart Dairy	TMR Tracker

Источник: составлено автором.

Доеение коров основного стада проводится в доильных залах, оборудованных установками таких производителей, как DeLaval, GEA Farm Technologies, BouMatic. Наибольшее распространение получили доильные залы «карусель», однако на отдельных фермах используются доильные залы типа «елочка» и «параллель». Поение животных осуществляется с помощью групповых автопоилок, навозоудаление – с применением погрузчиков, агрегированных с очистителями навозного прохода, в отдельных случаях с использованием скребкового навозоуборочного транспортера.

На всех предприятиях используются метки радиочастотной идентификации скота (чипы) и программы управления стадом, рекомендованные передовыми производителями средств механизации и автоматизации отрасли молочного скотоводства. Среди них GEA DairyPlan C21 от компании GEA Farm Technologies; программный продукт TMR Оптимат Менеджмент от компании DeLaval; система управления стадом Smart Dairy, разработанная американской компанией BouMatic; система управления кормлением скота TMR Tracker, представленная компанией НовАГРОтэк.

Применение современных технологий позволило исследуемым предприятиям в 2019 г. получить высокую продуктивность коров – не ниже 8677 кг (ООО «ЭкоНиваАгро», Воронежская область), что на 22,7% больше, чем в среднем по ЦЧР (табл. 2). При этом содержание жира составляет не менее 3,64% (ЗАО Агрокомплекс «Мансурово», Курская область) и белка – не менее 3,22% (АО МК «Зеленая Долина», Белгородская область) [2]. Выход телят в расчете на 100 коров в исследуемых предприятиях соответствует мировому уровню – 84 гол.

Таблица 2. Организационно-экономическая оценка функционирования молочного скотоводства в сельскохозяйственных организациях субъектов ЦЧР в 2019 г.

Показатели	АО МК «Зеленая Долина», Белгородская область	ООО «ЭкоНиваАгро», Воронежская область	ЗАО Агрокомплекс «Мансурово», Курская область	ООО СХП «Мокрое», Липецкая область	ООО «Молочная ферма «Жуиков», Тамбовская область
Общее поголовье КРС, гол.	2 622	74 600	2 836	7 300	1 687
Количество дойных коров, гол.	1 950	40 400	1 127	2 570	1 165
Производство молока, т	17 400	369 600	10 813	29 080	10 901
Надой на одну корову, кг	8 923	8 677	9 800	11 315	9 260
Содержание жира в молоке, %	3,83	3,67	3,64	3,69	3,73
Содержание белка в молоке, %	3,22	3,29	3,24	3,27	3,28
Выход телят на 100 голов, ед.	84	84	84	84	84
Сервисный период, дней	138	102	106	98	112
Сухостойный период, дней	60	64	60	60	60
Выручка, млн руб.	691,3	13658,8	1228,7	1381,7	344,7
Себестоимость реализованной продукции, млн руб.	659,3	13486,8	1488,7	1160,7	364,7
Затраты в расчете на 1 голову КРС, тыс. руб.	251,4	180,8	524,9	159,0	216,2
Прибыль (убыток), млн руб.	32,0	172,0	-260,0	221,0	-20,0
Рентабельность (убыточность), %	4,9	1,3	-17,5	19,1	-5,5

Источник: составлено автором.

Вместе с тем экономическая эффективность производственно-хозяйственной деятельности рассматриваемых предприятий неодинакова. Из пяти предприятий только ООО СХП «Мокрое» Липецкой области по итогу 2019 г. добилось высокого уровня экономической эффективности – рентабельность составила 19,1%.

Еще два предприятия получили положительный экономический эффект: АО МК «Зеленая Долина» Белгородской области получило прибыль в размере 32,0 млн руб. и ООО «ЭкоНиваАгро» Воронежской области – 172,0 млн руб. Однако их уровень рентабельности невысок: соответственно 4,6 и 1,3%. Два оставшихся предприятия получили убыток, о чем свидетельствует уровень убыточности; в ООО «Молочная ферма «Жупиков» (Тамбовская область) в размере 5,5% и в ЗАО Агрокомплекс «Мансурово» Курской области – 17,5%. Данная ситуация связана с тем, что в этих предприятиях сложились высокие удельные затраты в расчете на одну корову. В частности, в ЗАО Агрокомплекс «Мансурово» затраты составили 524,9 тыс. руб. на голову КРС, а в ООО «Молочная ферма «Жупиков» – 216,2 тыс. руб. Для сравнения, в ООО СХП «Мокрое» Липецкой области, показавшем высокую экономическую эффективность, величина затрат в расчет на одну корову составила всего 159,0 тыс. руб., что в 3,3 раза меньше, чем в ЗАО Агрокомплекс «Мансурово», и на 35,0% меньше, чем в ООО «Молочная ферма «Жупиков».

Выводы

В процессе исследования было установлено, что в условиях организации производства молока и молокопродуктов на базе крупных агропромышленных формирований холдингового типа возникают организационно-экономические структуры, обеспечивающие производство молока по полному циклу «от поля до прилавка» [9].

При проектировании молочных комплексов данного типа широкое применение находят инновационные технологии, позволяющие обеспечить интенсивное продуктивное использование коров.

Оценка организационно-технологических и организационно-экономических параметров функционирования холдинговых формирований молочной направленности показала, что применение современных технологий в отрасли молочного скотоводства позволяет добиться высокого уровня молочной продуктивности коров.

Однако главным фактором, определяющим экономическую эффективность отрасли, становится величина удельных материально-денежных затрат на 1 ц молока, 1 скотоместо, 1 голову крупного рогатого скота.

Библиографический список

1. Карта производителей и переработчиков молока DIA. Центр изучения молочного рынка (Dairy Intelligence Agency) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.dairynews.ru/company/> (дата обращения: 12.03.2021).
2. Китаёв Ю.А. Экономическая эффективность молочного скотоводства в холдинговых формированиях Белгородской области / Ю.А. Китаёв // Экономика АПК региона в условиях внешних и внутренних угроз: вызовы, задачи и тенденции развития : материалы Национальной (Всероссийской) науч.-практ. конф. (Россия, Уссурийск, 19–20 октября 2020 г.) ; отв. ред. И.В. Жуплей. – Уссурийск : Приморская ГСХА, 2020. – С. 202–207.
3. Макаревич Л.О. Особенности организации интеграционных процессов в агропродовольственных системах / Л.О. Макаревич, А.В. Улезько // Новые технологии. – 2019. – № 4. – С. 257–265.
4. Надоено молока на 1 корову // Единая межведомственная информационно-статистическая система (статистика и показатели: региональные и федеральные) : официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fedstat.ru/indicator/31223> (дата обращения: 13.03.2021).
5. Производство молока в хозяйствах всех категорий // Единая межведомственная информационно-статистическая система (статистика и показатели: региональные и федеральные) : официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fedstat.ru/indicator/40694> (дата обращения: 13.03.2021).
6. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2019 год : статистический сборник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/bgd/regl/b19_14p/Main.htm (дата обращения: 14.03.2021).
7. Терновых К.С. Организационно-экономические аспекты развития молочного скотоводства : монография / К.С. Терновых, Ю.А. Пименов. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2018. – 186 с.
8. Терновых К.С. Прогнозирование параметров развития молочного скотоводства в регионе / К.С. Терновых, И.И. Дубовской, Ю.А. Пименов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2017. – № 4 (55). – С. 193–201.
9. Ужик В.Ф. Экономико-технологические аспекты повышения эффективности молочного скотоводства : монография / В.Ф. Ужик, О.В. Китаёва, Ю.А. Китаёв. – Белгород : Белгородский ГАУ, 2020. – 104 с.
10. Четвертаков И.М. Организационные проблемы производства молока и пути их решения / И.М. Четвертаков, В.П. Четвертакова, И.И. Лапенко // Организатор производства. – 2012. – № 3 (54). – С. 35–36.
11. Шеховцева Е.А. Стратегии инновационного развития организаций молочной отрасли Саратовской области / Е.А. Шеховцева, И.П. Глебов, И.Н. Меркулова // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2014. – № 7. – С. 96–100.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Константин Семенович Терновых, доктор экономических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, зав. кафедрой организации производства и предпринимательской деятельности в АПК ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: organiz@agroeco.vsau.ru.

Юрий Александрович Китаёв – кандидат экономических наук, зав. кафедрой экономики ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», Россия, г. Белгород, e-mail: Kitaev_YA@bsaa.edu.ru.

Дата поступления в редакцию 21.06.2021

Дата принятия к печати 28.07.2021

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Konstantin S. Ternovykh, Doctor of Economic Sciences, Professor, Meritorious Scientist of the Russian Federation, Head of the Dept. of Farm Production Management and Entrepreneurial Business in Agro-Industrial Complex, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: organiz@agroeco.vsau.ru.

Yuriy A. Kitaev, Candidate of Economic Sciences, Head of the Department of Economics, Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin, Russia, Belgorod, e-mail: Kitaev_YA@bsaa.edu.ru.

Received June 21, 2021

Accepted July 28, 2021

ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОДДЕРЖКА И РАЗВИТИЕ УЧЕТНО-ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В САДОВОДСТВЕ

**Зинаида Петровна Меделяева
Владимир Григорьевич Ширококов
Раиса Григорьевна Ноздрачева
Наталья Петровна Шилова
Наталья Викторовна Леонова**

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Существенная государственная поддержка во многом обусловила высокие темпы развития садоводства в последние годы в России. В связи с тем что размер выделяемых средств бюджетных субсидий зависит от величины капитальных вложений, связанных с посадкой и выращиванием многолетних насаждений, возникает необходимость правильной организации бухгалтерского учета всех расходов по формированию первоначальной стоимости инвентарных объектов. В качестве такого объекта выступает плодоносящий сад. Организации учета должна обеспечить выполнение информационной, контрольной и аналитической функций за размером затрат во время закладки сада, в период его выращивания, когда многолетние насаждения еще не достигли эксплуатационного возраста. В условиях развитой системы нормативного регулирования бухгалтерского учета, включающей федеральные и отраслевые стандарты по бухгалтерскому учету, а также методические рекомендации профессионального сообщества, возникают затруднения при разработке учетной политики в садоводческих организациях. Порядок учета специфических капитальных вложений, связанных с формированием затрат на закладку и выращивание многолетних насаждений, в федеральных стандартах по бухгалтерскому учету не оговорен, отраслевые стандарты в сельском хозяйстве отсутствуют; методические рекомендации по бухгалтерскому учету Министерства финансов и Министерства сельского хозяйства неоднозначно трактуют ведение финансового учета в этой отрасли. В этой связи требуются научные разработки, которые позволят выбрать хозяйствующим субъектам конкретный способ учета, закрепляемый учетной политикой, т. к. бухгалтер должен обосновать один из возможных способов учета формирования первоначальной стоимости многолетних насаждений. Раскрыты преимущества и недостатки рекомендуемых способов бухгалтерского учета капитальных затрат в садоводстве (на примере фактических расходов конкретного садоводческого предприятия). Сделаны выводы о направлениях развития учета затрат по формированию первоначальной стоимости многолетних насаждений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: государственные субсидии, садоводство, выращивание многолетних насаждений, бухгалтерский учет, амортизация, основные средства.

STATE FINANCING BACKING AND FURTHER DEVELOPMENT OF ACCOUNTING AND INFORMATION SUPPORT IN HORTICULTURE

**Zinaida P. Medelyaeva
Vladimir G. Shirobokov
Raissa G. Nozdracheva
Natalia P. Shilova
Natalia V. Leonova**

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

Substantial state support has largely determined the high rates of horticulture development in recent years in Russia. Due to the fact that the amount of budget subsidies allocated depends on the amount of capital investments associated with planting and growing perennial plantations, there is a need for proper accounting of all expenses for the formation of the historical cost of inventory objects. A fruit-bearing garden acts as a sample of such objects. The accounting should be organized in order to ensure the implementation of information, control and analytical functions for the amount of costs during the laying of the garden, during its cultivation, and when perennial plantings have not yet reached exploitable age. In the conditions of the developed system of statutory regulation of accounting, including Russian and industry accounting standards, as well as methodological recommendations of the

professional community, difficulties arise in the development of accounting policies in horticultural organizations. The procedure for accounting for specific capital investments related to the formation of costs for laying and growing perennial plantings is not specified in Russian accounting standards, there are no industry standards in agriculture; methodological recommendations on accounting of the Ministry of Finance and the Ministry of Agriculture do not unambiguously interpret financial accounting in this branch of agriculture. In this regard, scientific developments are required that will allow economic entities to choose a specific accounting method, fixed by accounting policy, because the accountant must justify one of the possible ways of accounting for the formation of the historical cost of perennial plantings. The advantages and disadvantages of the recommended methods of accounting for capital expenditures in horticulture are disclosed (using the example of actual expenses of a specific horticultural enterprise). Conclusions are drawn about the directions of development of cost accounting for the formation of the historical cost of perennial plantings.

KEYWORDS: government subsidies, horticulture, cultivation of perennial plantings, accounting, amortization, fixed assets.

Введение
Садоводство в Российской Федерации в современных условиях развивается высокими темпами. Площадь плодоносящих садов в 2018 г. по сравнению с 2012 г. уменьшилась на 11 тыс. га за счет раскорчевки старых деревьев (с 108 до 97 тыс. га). В то же время наблюдается резкое увеличение площадей, занятых неплодоносящими (вновь заложеными) садами – увеличение произошло почти на 60% – с 50,0 до 79,3 тыс. га, что свидетельствует о динамичном развитии отрасли.

Возросшие темпы закладки садов обусловлены многими обстоятельствами:

во-первых, санкциями, как со стороны европейских стран, так и ответными мерами со стороны России, что привело к значительному сокращению импорта яблок;

во-вторых, организационно-управленческими решениями сельскохозяйственных товаропроизводителей, предпринимающих меры по диверсификации производства с целью поиска более эффективных направлений вложения средств (производство яблок в настоящее время рентабельно);

в третьих, существенностью сумм государственной поддержки отрасли в последние годы со стороны федеральных и региональных органов власти.

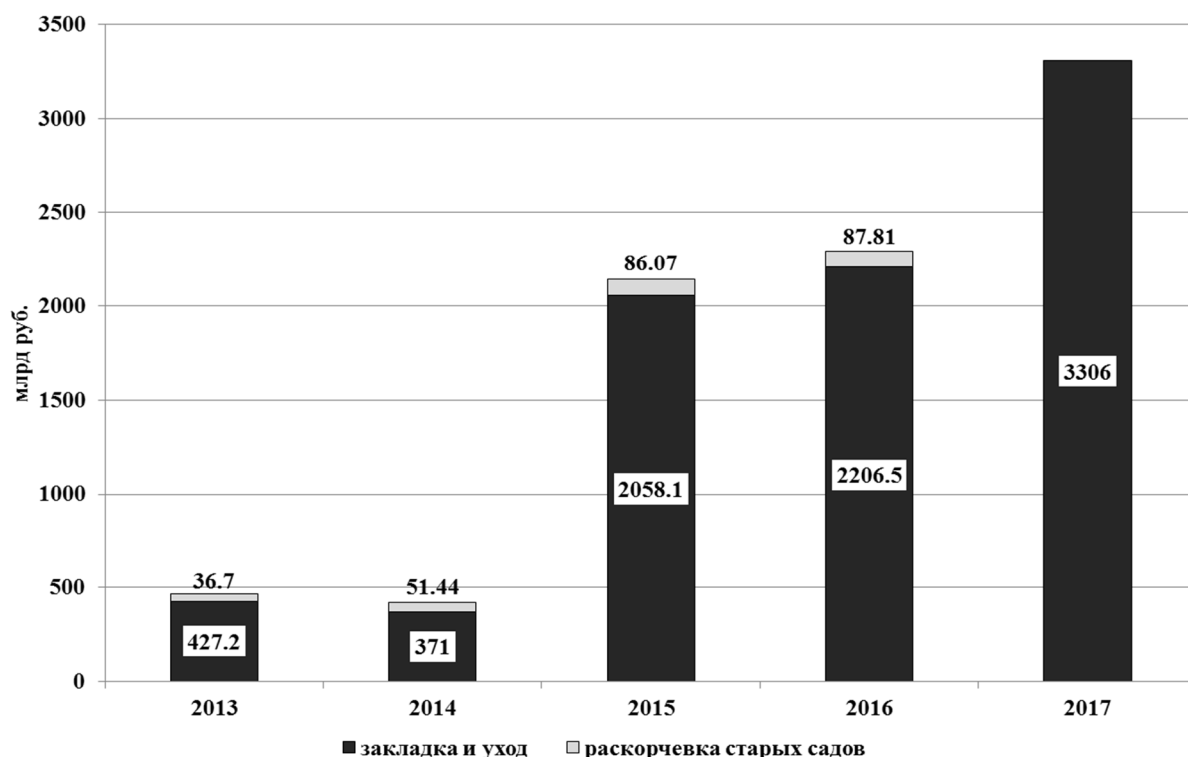
Особенностью садоводства является использование на одном предприятии продукции различных подразделений, наличие больших объемов незавершенных капитальных вложений на закладку и выращивание молодого сада в период отсутствия плодоношения. Это обусловлено длительностью подготовительного цикла: сеянец, полученный в школе сеянцев, передается в питомник; саженец из питомника передается на закладку сада. Затраты по закладке и уходу за молодым садом составляют значительные объемы капитальных вложений и должны обоснованно включаться в себестоимость продукции садоводства. От правильного отражения на счетах бухгалтерского учета зависит возможность получения субсидий, расчет налоговой базы, определение уровня эффективности отрасли и т. п. Это обусловило необходимость разработки научно обоснованных подходов к отражению капиталовложений в садоводстве и получаемой государственной поддержки на развитие отрасли.

Материалы и методы

В процессе исследования использовались такие общенаучные методы исследования, как системность и комплексность, анализ и синтез, обобщение, аналогия, классификация, конкретизация, индукция и дедукция, сравнение, описание объектов исследования и полученных результатов. Для изучения применялись элементы монографического, статистико-экономического и расчетно-конструктивного методов экономического исследования. Разработка методики учета затрат по закладке и выращиванию многолетних насаждений, а также предоставляемых субсидий базировалась на применении методов сравнительного анализа и бухгалтерского моделирования в системе счетов.

Результаты и их обсуждение

С начала реализации Государственной программы развития сельского хозяйства на садоводство за 2013–2017 гг. выделено около 9 млрд руб., из них 298,8 млн руб. на раскорчевку старых садов и 8667,5 млн руб. на закладку новых (см. рис.) [4].



Освоение средств федерального бюджета на развитие садоводства, млрд руб.

В период 2015–2017 гг. было заложено более 50 тыс. га новых площадей. Государственные субсидии выделяются в садоводстве по различным направлениям в соответствии с нормативами в расчете на 1 га. Основные виды господдержки садоводов – средства в рамках единой субсидии на возмещение части затрат на закладку и уход за многолетними плодовыми и ягодными насаждениями; поддержка льготного инвестиционного и краткосрочного кредитования; поддержка в виде компенсации прямых понесенных затрат на создание и модернизацию объектов АПК. Наибольшие суммы возмещений предназначены для выплат по закладке питомников и значительно меньшие объемы средств предоставляются для погашения части затрат товаропроизводителя при закладке сада. При закладке и выращивании сада субсидии также различны: более высокие – при закладке сада и в меньшем объеме предусмотрены по уходу за молодым и плодоносящим садом. Субсидии при закладке сада дифференцированы в зависимости от густоты насаждения: 50 тыс. руб. при размещении саженцев на 1 га от 800 до 1250 шт., 100 тыс. руб. при размещении от 1251 до 2500, 275 тыс. руб. при размещении от 2501 до 3500 шт./га (данные за 2020 г. Воронежская область) [2]. С 2021 г. при определении размера ставок применяются условия, повышающие или понижающие ставки субсидий. Это зависит от выполнения или невыполнения получателем субсидий условий за предшествующий год:

- применяется коэффициент в размере, равном среднему отношению фактических значений к установленным, но не выше 1,2 при выполнении условий;
- применяется коэффициент в размере, равном среднему отношению фактических значений к установленным при невыполнении условий (на 2021 г. данный коэффициент установлен равным 0,9).

Размер субсидии не должен превышать 80% фактических затрат получателя субсидии без налога на добавленную стоимость.

Результатом предоставления субсидии является достижение получателем субсидий следующих показателей результата предоставления субсидий:

- площадь закладки многолетних насаждений, а также питомников;
- площадь ухода за многолетними насаждениями (до вступления в товарное плодоношение, но не более 3 лет для садов интенсивного типа), включая питомники [2];
- площадь раскорчевки выбывших из эксплуатации многолетних насаждений (в возрасте 20 лет и более начиная от года закладки).

Субсидии покрывают только часть произведенных товаропроизводителем затрат, которые были и остаются высокими как при закладке питомников, так и при закладке садов. Расчеты показывают, что в условиях Центрального Черноземья закладка 1 га питомников требует вложений при разных технологиях выращивания саженцев от 3 до 5 млн руб.; закладка сада при покупке саженцев – 1,5–1,7 млн руб.; уход за плодоносящим садом – до 700 тыс. руб. [4, 8].

В ситуации, когда требуются значительные вложения собственных и государственных средств, важно правильно организовать ведение финансового и управленческого учета, не допускающих, с одной стороны, перерасхода средств, с другой, – обеспечивающих прозрачность и понятность при определении стоимости инвентарного объекта, а следовательно, и принятии решений о выделении средств государственной поддержки и контроле за эффективностью использования субсидий.

Методика учета объектов, стоящих на балансе предприятия, регламентируется нормативными документами различного уровня: федеральными стандартами бухгалтерского учета; отраслевыми стандартами бухгалтерского учета; рекомендациями в области бухгалтерского учета; стандартами экономического субъекта. При разработке учетной политики применение федеральных и отраслевых стандартов обязательно. В настоящее время применительно к учету основных средств (в составе которых учитываются сады и другие многолетние насаждения) действует положение по бухгалтерскому учету «Учет основных средств» ПБУ 6/01 [12]. В связи с реформированием системы бухгалтерского учета приказом Минфина России от 17 сентября 2020 г. № 204н вводятся новые федеральные стандарты бухгалтерского учета ФСБУ 6/2020 «Основные средства» и ФСБУ 26/2020 «Капитальные вложения», применение которых обязательно с 01.01.2022 г. [14]. Новые стандарты разработаны в соответствии с программой реформирования бухгалтерского учета, их содержание гармонизировано с международным стандартом МСФО (IAS) 16 «Основные средства» [5, 13].

В международной практике многолетние насаждения не относятся к основным средствам, а квалифицируются как биологические активы, порядок учета которых регламентируется международным стандартом финансовой отчетности (IAS) 41 «Сельское хозяйство» [6]. Поэтому в новых федеральных стандартах не предусмотрен порядок учета многолетних насаждений. Отраслевые стандарты по учету основных средств в сельском хозяйстве и учету биологических активов пока не разработаны. В этой связи возникают затруднения при разработке учетной политики садоводческой организации как одного из важнейших стандартов экономического субъекта.

Бухгалтер при разработке учетной политики принимает во внимание методические рекомендации, разработанные различными ведомствами и профессиональными объединениями. В частности, при разработке учетной политики садоводческой организации руководствуются Методическими рекомендациями по бухгалтерскому учету основных средств сельскохозяйственных организаций, утвержденными приказом Минсельхоза России от 19 июня 2002 г. № 559. Кроме того, Министерством финансов Российской Федерации опубликовано письмо от 14 августа 2006 г. № 03-06-01-02/33, в котором оговорен порядок принятия к учету многолетних насаждений в качестве основных средств [16].

В соответствии с существующей в отечественной практике методикой учета плодоносящий сад относится к основным средствам производства и учитывается на счете 01 «Основные средства» по первоначальной стоимости. Методическими рекомендациями Министерства сельского хозяйства Российской Федерации для отражения стоимости садов к этому счету предусмотрен субсчет 5 «Многолетние насаждения» [7]. Первоначальная стоимость формируется исходя из фактических затрат предприятия по закладке сада и до наступления плодоношения. По разным сортам плодовых деревьев этот период составляет 4–5 лет. Затраты, связанные с закладкой сада, определяются затратами на подготовку почвы и затратами по посадке сада. Затраты по уходу за молодым садом определяются затратами на полив, обработку от вредителей и болезней, стоимостью минеральных и органических удобрений и т.д. Затраты на закладку сада существенны: для закладки одного гектара сада, возделываемого по интенсивной технологии (шпалера, капельное орошение), необходимо вырастить или закупить 3200 шт. саженцев. Затраты на приобретение саженцев составят 800,0 тыс. руб. (250 руб. за саженец).

Порядок учета затрат по выращиванию многолетних насаждений регламентирован пунктами 162, 163 Методических рекомендаций по бухгалтерскому учету основных средств сельскохозяйственных организаций, утвержденных приказом Минсельхоза России от 19 июня 2002 г. № 559 [9]. Формирование затрат по закладке и выращиванию садов производится на счете 08 «Вложения во внеоборотные активы», субсчет 8 «Закладка и выращивание многолетних насаждений». На этом счете отражают расходы на приобретение саженцев, другие материальные затраты; начисленные суммы оплаты труда; отчисления на заработную плату по элементам и статьям затрат, установленным для растениеводства.

Способы учета принятия молодого сада в качестве основных средств регламентируются как этими рекомендациями, так и письмом Минфина. Вместе с тем положения этих нормативных документов противоречивы. Так, согласно п. 164 Методических рекомендаций вложения в многолетние насаждения отражаются на счете 08-8 «Закладка и выращивание многолетних насаждений» только в пределах одного календарного года. По итогам года затраты по закладке и выращиванию многолетних насаждений на основании промежуточного акта приема многолетних насаждений и передачи их в эксплуатацию (форма № 404-АПК) списываются со счета 08-8 «Закладка и выращивание многолетних насаждений» на счет 01-5 «Многолетние насаждения», где присоединяются к стоимости молодых насаждений, еще не принятых в эксплуатацию. При этом амортизация по молодым насаждениям не начисляется. Другой порядок, оговоренный в письме Минфина, предусматривает, что вложения в многолетние насаждения отражаются на счете 08-8 «Закладка и выращивание многолетних насаждений» в течение всего срока выращивания насаждений вплоть до достижения ими эксплуатационного возраста. Только после достижения насаждениями эксплуатационного возраста они переводятся в состав основных средств [17].

В сложившейся ситуации бухгалтер вправе сам выбрать способ учета многолетних насаждений исходя из профессионального суждения и закрепить его в учетной политике [3].

Вариант учета, предусмотренный рекомендациями Минсельхоза, приводит к раннему сроку отражения молодых садов в составе основных средств. Следовательно, при анализе фондоотдачи и фондоемкости садоводческой организации при таком подходе эти показатели будут ниже, чем при варианте учета, рекомендованном Минфином. Кроме того, могут возникнуть споры с контролирующими органами по поводу исчисления налога на имущество. В то же время при получении кредита отражение молодых насаждений, не достигших плодоносящего возраста, в составе основных средств повышает уровень обеспеченности обязательств по заемным суммам. Вариант, предусмотренный Минфином, позволяет избежать отрицательных моментов, но может приводить к необоснованным выводам о размере незавершенных капитальных вложений.

Необходимо отметить, что с 2013 г. все унифицированные формы имеют рекомендательный характер (информация Минфина России №ПЗ-10/2012). Поэтому организации вправе самостоятельно разрабатывать формы первичных документов, в т. ч. на основе предложенных государственными органами. Основное условие, чтобы собственные формы имели все необходимые для первичного учетного документа реквизиты. Выбор форм применяемых бланков предприятие должно закрепить в обязательном порядке в учетной политике приказом руководителя [15].

Расходы на закладку и выращивание садов, виноградников, полезащитных лесных полос и других многолетних насаждений группируются по следующим статьям затрат:

- оплата труда с отчислениями на социальные нужды;
- семена и посадочный материал;
- удобрения минеральные и органические;
- средства защиты многолетних насаждений;
- содержание основных средств: амортизация основных средств; ремонт основных средств; нефтепродукты;
- работы и услуги;
- организация производства и управления;
- прочие затраты.

Аналитический учет затрат по закладке и выращиванию многолетних насаждений ведется по видам и времени посадок, их местонахождению и присвоенным инвентарным номерам (например, «Сад яблоневый № 1, закладки 2020 г.» и т. д.) [7].

Рассмотрим оба способа отражения затрат по формированию многолетних насаждений.

Первый способ – ежегодное перенесение расходов со счета 08-8 «Закладка и выращивание многолетних насаждений» на внутренний счет 01-5 «Многолетние насаждения»

В соответствии с этим способом затраты на закладку сада, отраженные в таблице 1, будут отнесены на счет 08 «Вложения во внеоборотные активы», субсчет «Закладка и выращивание многолетних насаждений» следующими записями:

Дебет счета 08 «Вложения во внеоборотные активы»

Кредит счета 10 «Материалы» – стоимость саженцев на сумму 800,0 тыс. руб.

Таблица 1. Затраты на закладку 1 га сада, тыс. руб.

Статьи затрат	Сумма		
	Подготовка почвы	Посадка сада	Всего
Стоимость саженцев		800,0	800,0
Заработная плата	3,9	78,8	82,7
Отчисления на социальное страхование	1,2	25,2	26,4
Удобрения	90,5	-	90,5
Средства защиты растений	3,6	15,4	19,0
Вода	0,5	3,1	3,6
Содержание основных средств			
а) амортизация	2,7	14,5	17,2
б) текущий ремонт	2,1	11,3	13,4
в) нефтепродукты	7,2	139,2	146,4
Электроэнергия	0,2	0,1	0,3
Прочие затраты	0,9	13,4	14,3
Итого прямых затрат	112,8	1101,0	1213,8
Затраты по организации производства и управлению	11,3	110,1	121,4
Всего затрат	124,1	1211,1	1335,5

Саженьцы списываются по фактической себестоимости их покупки, которая складывается из всех фактических затрат, непосредственно связанных с их приобретением, включая цену, уплаченную продавцу, расходы на доставку. В настоящее время большинство сельскохозяйственных товаропроизводителей являются плательщиками налога на добавленную стоимость (НДС) и поэтому вправе сразу произвести зачет «входного» НДС по приобретенным саженцам к вычету, не дожидаясь ввода многолетних насаждений в эксплуатацию. Это возможно при правильном оприходовании саженцев на счет 10 «Материалы» (наличие счета-фактуры). С 01.01.2009 г. НДС можно предъявлять к вычету уже после перечисления предоплаты в счет предстоящей поставки саженцев (на основании счета-фактуры, выставленного поставщиком, и при условии, что договором предусмотрено осуществление предоплаты) [17].

Обязательным условием является то обстоятельство, что поставщик также должен быть плательщиком НДС и суммы НДС должны быть выделены в счет-фактуре. Вычетом по НДС не смогут воспользоваться индивидуальные предприниматели, находящиеся на упрощенном режиме налогообложения и не уплачивающие НДС. Поэтому сельскохозяйственная организация, приобретающая саженцы у таких субъектов бизнеса, не вправе предъявить НДС к зачету, что приведет к увеличению капитальных затрат.

Если саженцы приобретены по импорту, необходимо учитывать требования таможенного и валютного законодательства, и в бухгалтерском учете руководствоваться нормами ПБУ 3/2006 [11]. Ставки ввозных таможенных пошлин на посадочный материал установлены в группе 06 раздела II Таможенного тарифа РФ на уровне 5 или 15% в зависимости от вида посадочного материала. При определении стоимости импортных саженцев в отечественной оценке расходы на покупку посадочного материала принимаются в оценке в рублях по курсу ЦБ РФ, действовавшему на дату совершения операции в иностранной валюте (в дальнейшем пересчет стоимости по мере изменения курса ЦБ РФ не производится). В случае если договором с иностранными партнерами предусматривается внесение предоплаты, «рублевая» стоимость предоплаты также оценивается по курсу ЦБ РФ на дату перечисления предоплаты. Предоплата определяет только стоимость того количества саженцев, за которое вносилась сумма предоплаты.

Саженьцы, выращенные в собственном питомнике, также следует списывать со счета 10, субсчет «Семена и посадочный материал». В дебет счета 10, субсчет «Семена и посадочный материал» саженцы приходятся с кредита счета 43, субсчет «Производство растениеводства». Стоимость саженцев определяется фактическими затратами на выращивание и отражается следующими записями:

Дебет счета 08 «Вложения во внеоборотные активы»

Кредит счета 70 «Расчеты с персоналом по оплате труда» – сумма начисленной заработной платы 82,7 тыс. руб.;

Дебет счета 08 «Вложения во внеоборотные активы»

Кредит счета 69 «Расчеты по социальному страхованию и обеспечению» – сумма начислений на заработную плату 26,4 тыс. руб.;

Дебет счета 08 «Вложения во внеоборотные активы»

Кредит счета 10 «Материалы» – стоимость израсходованных удобрений, средств защиты растений в сумме 109,5 тыс. руб.;

Дебет счета 08 «Вложения во внеоборотные активы»

Кредит счета 23 «Вспомогательные производства» – стоимость израсходованной воды 3,6 тыс. руб.;

Дебет счета 08 «Вложения во внеоборотные активы»

Кредит счета 60 «Расчеты с поставщиками и подрядчиками» – стоимость потребленной электроэнергии на сумму 0,3 тыс. руб.

Услуги собственного машинно-тракторного парка отражают Дебит счета 08 «Вложения во внеоборотные активы»

Кредит счета 23 «Вспомогательные производства» – стоимость израсходованных нефтепродуктов, начисленной амортизации и затрат на их ремонт 177,2 тыс. руб.

Прочие прямые затраты списываются в дебет счета 08 «Вложения во внеоборотные активы» с кредита различных счетов и отражаются по конкретным детализированным статьям затрат (например, при списании стоимости вспомогательных материалов и быстроизнашивающихся предметов кредитуют счет 10 «Материалы»).

Затраты по организации производства и управлению, первоначально формируемые на счетах 25 «Общепроизводственные расходы» и 26 «Общехозяйственные расходы», списываются в соответствующей доле в дебет счета 08 «Вложения во внеоборотные активы» – сумма 121,4 тыс. руб.

При подготовке почвы и посадке в один год (осенняя посадка) затраты по посадке сада составляли 1335,5 тыс. руб.; при весенней закладке многолетних насаждений при подготовке почвы в прошлом году затраты на начало года посадки составили 124,1 тыс. руб. (увеличение за счет стоимости осенних работ до 1335,5 тыс. руб.).

Затраты по уходу за молодыми насаждениями также отражаются по дебету счета 08 «Вложения во внеоборотные активы» с кредита соответствующих счетов. Продолжительность ухода за молодым садом будет зависеть от возраста посадочного материала, сортовых особенностей саженцев. В период выращивания ежегодно вносятся минеральные удобрения, выполняется обработка молодого сада средствами защиты (малообъемное и многообъемное опрыскивание), другие работы (удаление дикой поросли, вспашка и дискование междурядий). При выращивании интенсивного низкорослого сада прямые затраты по уходу за молодым садом за 2 года в расчете на 1 га в нашем примере составили 355,6 тыс. руб. (соответственно в первый год 186,5 тыс. руб.; во второй год – 169,1 тыс. руб.). Эти расходы увеличили затраты по формированию плодовых насаждений (табл. 2). С учетом затрат по организации и управлению производством они достигли величины 205,1 тыс. руб. в первый год и 186,0 тыс. руб. во второй год.

Таблица 2. Определение затрат по уходу за молодым садом в течение двух лет, в расчете на 1 га, тыс. руб.

Статьи затрат	Годы	
	1-й год	2-й год
Оплата труда	67,8	64,6
Отчисления на социальное страхование	22,1	20,3
Удобрения	53,6	35,7
Средства защиты растений	25,1	25,2
Содержание основных средств:		
а) амортизация	2,8	3,0
б) текущий ремонт	2,2	2,3
в) нефтепродукты	5,3	4,7
Вода	8,1	8,1
Электроэнергия	0,1	0,1
Прочие затраты	4,7	5,1
Итого затрат	186,5	169,1
Затраты по организации производства и управлению	18,6	16,9
Всего затрат	205,1	186,0

Таким образом затраты по закладке сада и уходу за молодым садом учитываются нарастающим итогом и капитализируются, а в последующие годы (после достижения садом плодоносящего возраста) включаются в себестоимость плодов и ягод. В отличие от общей практики формирования первоначальной стоимости основных средств, методическими указаниями предполагается по итогам каждого года затраты по закладке и выращиванию многолетних насаждений списывать со счета 08 «Вложения во внеоборотные активы» на счет 01 «Основные средства» и присоединять к стоимости молодых насаждений, еще не принятых в эксплуатацию. По расчетам затраты на счете 01 «Основные средства», субсчет «Многолетние насаждения», субсчет 2-го уровня «Неплодоносящий сад» (аналитические счета открывают по видам многолетних насаждений) формировались нарастающим итогом: в результате закладки сада их размер составил 1335,5 тыс. руб.; после первого года выращивания молодого сада они увеличились до 1540,6 тыс. руб. (1335,5 + 205,1 тыс. руб.); после второго выращивания молодого сада – до 1726,6 тыс. руб. (1540,6 + 186,0 тыс. руб.). Ежегодное списание проводится на основании промежуточного акта приема многолетних насаждений и передачи их в эксплуатацию (форма №404-АПК) корреспонденцией:

Дебет счета 01 «Основные средства»

Кредит счета 08 «Вложения во внеоборотные активы».

По мере наступления плодоношения составляется итоговый акт приема многолетних насаждений и передачи их в эксплуатацию, в котором указывают название или номер участка, площадь в га, вид и назначение насаждений, сорт, год закладки сада, год перевода в эксплуатацию, количество деревьев, процент изреженности, стоимость плодовых многолетних насаждений. К акту прикладывают план насаждений (схему насаждений). Итоговый акт подписывает комиссия [18].

Согласно акту производятся внутренние записи на счете по учету основных средств:

Дебет счета 01 «Основные средства», субсчет «Многолетние насаждения», субсчет 2-го уровня «Многолетние насаждения в эксплуатации»

Кредит счета 01 «Основные средства», субсчет «Многолетние насаждения», субсчет 2-го уровня «Неплодоносящий сад».

Суммарные затраты по закладке сада и уходу за молодым садом, которые сформировались к моменту плодоношения сада, отражены в таблице 3.

Таблица 3. Затраты по закладке сада и уходу за молодым садом, в расчете на 1 га, тыс. руб.

Статьи затрат	Периоды		Всего
	Закладка сада	Уход за молодым садом (2 года)	
Стоимость саженцев	800,0		800,0
Оплата труда	82,7	132,4	215,1
Отчисления на социальное страхование	26,4	42,4	68,8
Удобрения	90,5	81,0	171,5
Средства защиты растений	19,0	50,3	69,3
Содержание основных средств:			
а) амортизация	146,4	5,8	152,2
б) текущий ремонт	3,6	4,5	8,1
в) нефтепродукты	17,2	10,0	27,2
Вода	13,4	19,2	32,6
Электроэнергия	0,3	0,2	0,5
Прочие затраты	14,3	9,8	24,1
Итого прямых затрат	1213,8	355,6	1569,4
Затраты по организации производства и управлению	121,4	35,5	156,9
Всего затрат	1335,2	391,1	1726,3

В нашем примере после достижения насаждениями эксплуатационного возраста и перевода их в состав основных средств на счете 01, субсчет 5 «Многолетние насаждения» сформировалась сумма 1726,3 тыс. руб. В дальнейшем по мере эксплуатации сада эта сумма будет включаться в затраты отрасли растениеводства путем начисления амортизации.

Второй способ – списание расходов со счета 08-8 «Закладка и выращивание многолетних насаждений» на счет 01 «Основные средства» после наступления плодоносящего возраста

При данном способе списание расходов в течение всего периода закладки сада и уходу за молодым садом осуществляется аналогично первому способу с той лишь разницей, что накопление расходов отражается на счете 08 «Вложения во внеоборотные активы», субсчет 8 «Закладка и выращивание многолетних насаждений» до приема многолетних насаждений в эксплуатацию и составления итогового акта. На основании акта, подписанного членами комиссии и утвержденного руководителем организации, составляется корреспонденция:

Дебет счета 01 «Основные средства»

Кредит счета 08-8 «Закладка и выращивание многолетних насаждений» – сумма 1726,3 тыс. руб.

Второй способ отражения в составе основных средств принятого сада менее громоздкий и может быть рекомендован в практической деятельности сельскохозяйственных организаций, не претендующих на получение кредитов для осуществления инвестиционной деятельности. Этого мнения придерживаются и другие специалисты [14].

Независимо от способа отражения факта хозяйственной жизни, обусловленного приемом многолетних насаждений в эксплуатацию, при организации аналитического учета на каждый вид и породу многолетних насаждений, принятых в эксплуатацию, открывается инвентарная карточка, в которой указывается местоположение, площадь, схема посадки, количество деревьев и кустарников, возраст (год) посадки, дата и номер акта приемки, год сдачи в эксплуатацию, первоначальная стоимость и другие необходимые данные.

В случае, когда с молодых многолетних насаждений получают продукцию, то стоимость ее в оценке возможной продажи или использования относят на дебет счета 43 «Готовая продукция» с кредита счета 08 «Вложения во внеоборотные активы» в уменьшение затрат по выращиванию насаждений, а расходы, связанные с уборкой и транспортировкой этой продукции, также относят в дебет этого счета [1]. Принятая к учету готовая продукция, полученная от насаждений, не достигших стадии плодоношения, уменьшает объем капитальных вложений, а следовательно, и суммы амортизации, исчисляемой по мере эксплуатации сада.

Амортизация по неплодоносящему саду не начисляется. На принятые в эксплуатацию многолетние насаждения начисляются амортизационные отчисления по установленным нормам в соответствии с выбранным способом расчета амортизации и утвержденным учетной политикой. На сумму начисленных амортизационных отчислений дебетуется счет 20 «Основное производство», субсчет «Растениеводство», аналитический счет «Садоводство» (в специализированных организациях – аналитические счета открывают по видам и сортам насаждений) и кредитруется счет 02 «Амортизация основных средств» (плодоносящий яблоневый сад №1).

Месячная норма амортизационных отчислений определяется, исходя из срока эксплуатации сада, который по традиционным садам составляет не менее 25 лет, а по интенсивным – 17–18 лет, по общему алгоритму:

$$N = 100\% / \text{срок эксплуатации в месяцах} (100\% / 17 \text{ лет} \times 12 \text{ месяцев в нашем примере}).$$

При норме амортизации 0,49% в месяц ежемесячные суммы амортизации составят 8,5 тыс. руб., или 102,0 тыс. руб. в год, которые будут отражены записью:

Дебет счета 20 «Основное производство»

Кредит счета 02 «Амортизация основных средств».

Для более точного определения срока эксплуатации многолетних насаждений каждому саду присваивается инвентарный номер, по которому в соответствии с кодом ОКОФ по Классификатору основных фондов можно определить амортизационную группу (постановление Правительства от 01.01.2002 № 1). Если многолетние насаждения сформированы из различных сортов, то установить срок полезного использования сада организация имеет право самостоятельно (п. 20 ПБУ 6/01) [10].

Остальные затраты по соответствующим статьям также записываются в дебет счета 20 «Основное производство», согласно произведенным расходам (табл. 4). В неспециализированных предприятиях учет затрат ведут в целом по саду в виде следующих записей по счету:

Дебет счета 20 «Основное производство»

Кредит счета 10 «Материалы» – стоимость удобрений и средств защиты 44,2 тыс. руб.;

Дебет счета 20 «Основное производство»

Кредит счета 70 «Расчеты с персоналом по оплате труда» – начисленная заработная плата 86,1 тыс. руб.;

Дебет счета 20 «Основное производство»

Кредит счета 69 «Расчеты по социальному страхованию» – 27,5 тыс. руб. (начисления на заработную плату);

Дебет счета 20 «Основное производство»

Кредит счета 23 «Вспомогательные производства» – стоимость воды 3,6 тыс. руб.;

Дебет счета 20 «Основное производство»

Кредит счета 60 «Расчеты с поставщиками» – стоимость потребленной электроэнергии и др. 0,2 тыс. руб.

Таблица 4. Сводные данные по определению затрат по уходу за плодоносящим садом, в расчете на 1 га

Статьи затрат	В среднем на год, тыс. руб.
Оплата труда	86,1
Отчисления на социальное страхование	27,5
Удобрения	17,0
Средства защиты растений	27,2
Содержание основных средств	
а) амортизация:	10,6
б) текущий ремонт	8,2
в) нефтепродукты	84,6
Электроэнергия	0,2
Вода	13,0
Амортизация сада	102,0
Прочие затраты	10,9
Итого прямых затрат	387,3

При определении себестоимости готовой продукции по плодоносящему саду сопряженную продукцию (некондиционную) оценивают по ценам реализации; оставшаяся сумма затрат распределяют между основной продукцией различных плодовых и ягодных насаждений пропорционально стоимости товарной продукции.

Многолетние насаждения списываются с баланса предприятия при утрате ими производственного назначения согласно «Акту на списание многолетних насаждений» (форма №405-АПК).

При этом запись проводится по дебету субсчета 01-11 «Выбытие основных средств» и кредиту счета 01 «Основные средства».

На сумму начисленных амортизационных отчислений в период эксплуатации по списываемым многолетним насаждениям делается проводка

Дебет счета 02 «Амортизация основных средств»

Кредит субсчета 01-11 «Выбытие основных средств».

Расходы по раскорчевке предварительно могут собираться на счете 23 «Вспомогательное производство», а затем списываются в дебет счета 91 «Прочие доходы и расходы».

В соответствии с федеральными стандартами ФСБУ 6/2020 «Основные средства» и ФСБУ 26/2020 «Капитальные вложения», вступающими в действие с 01.01.2022 г., предполагается предварительное создание резервов на покрытие затрат, связанных с ликвидацией основных средств.

Важной составляющей системы учета в садоводческих организациях является правильное отражение полученных субсидий из федерального и регионального бюджетов.

Средства, выделенные в виде субсидий, необходимо не только правильно использовать строго по целевому назначению, но и адекватно отразить на счетах бухгалтерского учета и раскрыть в отчетности.

Отражение в бухгалтерском учете получения предприятием субсидий на возмещение или финансирование расходов зависит от принятого в учетной политике способа их признания:

- по мере появления уверенности организации в получении этих средств;
- по мере фактического получения бюджетных средств.

В связи с тем, что расходы по закладке и выращиванию садов относятся к капитальным расходам, подлежащим ежемесячной амортизации, то отражение полученных субсидий на эти цели на счетах бухгалтерского учета осуществляется в несколько этапов.

Этап 1 – принятие решения о сумме предоставляемой субсидии на закладку или выращивание сада:

Дебет счета 76 «Расчеты с разными дебиторами и кредиторами»

Кредит счета 86 «Целевое финансирование» (по видам финансирования).

Этап 2 – получение денежных средств на расчетные счета:

Дебет счета 51 «Расчетные счета»

Кредит счета 76 «Расчеты с разными дебиторами и кредиторами».

Этап 3 – списание денежных средств с расчетного счета на оплату расходов, связанных с закладкой и выращиванием многолетних насаждений (покупка саженцев, оплата труда и др.):

Дебет счета 60, 70, 69 и др.

Кредит счета 51 «Расчетные счета»,

и одновременное отражение израсходованных средств в составе доходов будущих периодов до введения сада в эксплуатацию:

Дебет счета 86 «Целевое финансирование» (по видам финансирования)

Кредит счета 98 «Доходы будущих периодов».

Этап 4 – по мере введения садов в эксплуатацию и последующем начислении амортизации производят следующие записи.

1. Введение сада в эксплуатацию:

Дебет счета 01 «Основные средства»

Кредит счета 08 «Вложения во внеоборотные активы».

2. Начисление амортизации (ежемесячно):

Дебет счета 20 «Основное производство»

Кредит счета 02 «Амортизация основных средств».

3. Включение соответствующей доли доходов будущих периодов (доходов от субсидий) в состав прочих доходов отчетного периода (ежемесячно):

Дебет счета 98 «Доходы будущих периодов»

Кредит счета 91 «Прочие доходы».

Если субсидируются уже произведенные расходы по закладке и выращиванию сада, то полученные от государства субсидии оформляются записями:

Дебет счета 51 «Расчетные счета»

Кредит счета 86 «Целевое финансирование» (по видам финансирования)
и одновременно

Дебет счета 86 «Целевое финансирование» (по видам финансирования)

Кредит счета 98 «Доходы будущих периодов».

В дальнейшем производятся следующие записи:

- по мере введения садов в эксплуатацию и последующим начислением амортизации производят записи:

а) введение сада в эксплуатацию –

Дебет счета 01 «Основные средства»

Кредит счета 08 «Вложения во внеоборотные активы»;

б) начисление амортизации (ежемесячно) –

Дебет счета 20 «Основное производство»

Кредит счета 02 «Амортизация основных средств»;

в) включение соответствующей доли доходов будущих периодов (доходов от субсидий) в состав прочих доходов отчетного периода (ежемесячно) –

Дебет счета 98 «Доходы будущих периодов»

Кредит счета 91 «Прочие доходы».

Таким образом, во всех случаях в отчете о финансовых результатах суммы полученных субсидий на закладку и выращивание многолетних насаждений будут отражаться на протяжении всего срока его эксплуатации.

Выводы

В связи с реформированием системы бухгалтерского учета возникает необходимость разработки отраслевых стандартов, содержащих положения, регулирующие порядок учета многолетних насаждений.

При отсутствии в федеральных стандартах по бухгалтерскому учету положений, адекватно отражающих особенности учета многолетних насаждений, целесообразно стоимость садов, не достигших эксплуатационного возраста, учитывать в качестве вложений во внеоборотные активы. В этой связи отпадает необходимость формирования бухгалтерских записей по счету 01 «Основные средства».

Более обоснованно в течение всего срока выращивания насаждений вплоть до достижения ими эксплуатационного возраста затраты, возникающие при их выращивании с момента их закладки, учитывать на счете 08, субсчет «Закладка и выращивание многолетних насаждений» и отражать по отдельной статье актива баланса. Такой порядок будет способствовать исключению споров с фискальными органами по поводу определения налогооблагаемой базы и позволит производить точные расчеты показателей эффективности использования основных средств и субсидий.

Библиографический список

1. Бухгалтерский учет в сельском хозяйстве : учебник / А.П. Михалкевич, П.Я. Папковская, С.К. Маталыцкая и др. – 3-е изд., перераб. и доп. ; под общ. ред. А.П. Михалкевича. – Минск : БГЭУ, 2004. – 612 с.
2. Информационный справочник о мерах и направлениях государственной поддержки агропромышленного комплекса Российской Федерации. Воронежская область [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gp.specagro.ru/region/document/id/3513472/day/18> (дата обращения: 20.01.2021).
3. Как списать расходы на выращивание сада при ЕСХН? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.26-2.ru/qa/250581-kak-spisat-rashody-na-vyrashchivanie-sada-pri-eshn> (дата обращения: 09.01.2021).
4. Меделяева З.П. Экономическая эффективность закладки сада и производства яблок в условиях Воронежской области / З.П. Меделяева, Р.Г. Ноздрачева // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 12, № 2 (61). – С. 216–223.
5. Международный стандарт финансовой отчетности (IAS) 16 «Основные средства» (введен в действие на территории Российской Федерации приказом Минфина России от 28.12.2015 № 217н) (ред. от 17.02.2021) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_193590/ (дата обращения: 20.03.2021).
6. Международный стандарт финансовой отчетности (IAS) 41 «Сельское хозяйство» (введен в действие на территории Российской Федерации приказом Минфина России от 28.12.2015 № 217н) (ред. от 17.02.2021) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_193593/ (дата обращения: 20.03.2021).
7. Методические рекомендации по бухгалтерскому учету затрат и выхода продукции в растениеводстве (утв. Минсельхозом РФ 22.10.2008) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93409/ (дата обращения: 09.01.2021).
8. Ноздрачева Р.Г. Эффективность производства посадочного материала яблони в условиях ЦЧР / Р.Г. Ноздрачева, З.П. Меделяева, Ю.С. Микулина // Селекция и сорторазведение садовых культур. – 2018. – Т. 5, № 1. – С. 82–86.
9. Об утверждении Методических рекомендаций по бухгалтерскому учету основных средств сельскохозяйственных организаций : Приказ Минсельхоза РФ от 19.06.2002 № 559 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_66684/ (дата обращения: 20.01.2021).
10. Об утверждении Плана счетов бухгалтерского учета финансово-хозяйственной деятельности предприятий и организаций агропромышленного комплекса и Методических рекомендаций по его применению : Приказ Минсельхоза России от 13.06.2001 № 654 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_66752/ (дата обращения: 20.04.2021).
11. Об утверждении Положения по бухгалтерскому учету «Учет активов и обязательств, стоимость которых выражена в иностранной валюте» (ПБУ 3/2006) (Зарегистрировано в Минюсте России 17.01.2007 № 8788) : Приказ Минфина России от 27.11.2006 № 154н (ред. от 09.11.2017) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_65496/ (дата обращения: 20.01.2021).
12. Об утверждении Положения по бухгалтерскому учету «Учет основных средств» ПБУ 6/01 (Зарегистрировано в Минюсте России 28.04.2001 № 2689) : Приказ Минфина России от 30.03.2001 № 26н [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_65496/ (дата обращения: 20.01.2021 г.).

13. Об утверждении Программы реформирования бухгалтерского учета в соответствии с международными стандартами финансовой отчетности : Постановление Правительства РФ от 06.03.1998 № 283 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_18125/ (дата обращения: 20.01.2021).

14. Об утверждении Федеральных стандартов бухгалтерского учета ФСБУ 6/2020 «Основные средства» и ФСБУ 26/2020 «Капитальные вложения» (Зарегистрировано в Минюсте России 15.10.2020 № 60399) : Приказ Минфина России от 17 сентября 2020 № 204н [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_365338/ (дата обращения: 20.01.2021).

15. О вступлении в силу с 1 января 2013 г. федерального закона от 6 декабря 2011 г. № 402-ФЗ «О бухгалтерском учете» : Информация Минфина России № ПЗ-10/2012 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_138570/ (дата обращения: 20.01.2021).

16. О доведении письма Минфина России от 14.08.2006 № 03-06-01-02/33 (вместе с Письмом Минфина РФ от 14.08.2006 № 03-06-01-02/33) : Письмо ФНС РФ от 04.09.2006 № ШС-6-02/886@ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_62594/ (дата обращения: 20.01.2021).

17. Приобретаем и выращиваем многолетние насаждения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.audit-it.ru/articles/account/otrasl/a91/191175.html> (дата обращения: 08.03.2021).

18. Форма 404-АПК. Акт приема многолетних насаждений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://assistentus.ru/forma/404-apk-akt-priema-mnogoletnih-nasazhdenij/> (дата обращения: 08.01.2021).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Зинаида Петровна Меделяева – доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой экономики АПК ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: medelaeva@mail.ru.

Владимир Григорьевич Широбоков – доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой бухгалтерского учета и аудита ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: ssn3@bk.ru.

Раиса Григорьевна Ноздрачева – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, зав. кафедрой плодородства и овощеводства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: r.nozdracheva@mail.ru.

Наталья Петровна Шилова – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики АПК ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: shilova_np@mail.ru.

Наталья Викторовна Леонова – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики АПК ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», г. Воронеж, e-mail: natalya-demcheva@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию 24.08.2021

Дата принятия к печати 28.09.2021

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Zinaida P. Medelyaeva, Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of the Dept. of Economics in Agro-Industrial Complex, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: medelaeva@mail.ru.

Vladimir G. Shirobokov, Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of the Dept. of Accounting and Auditing, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: ssn3@bk.ru.

Raisa G. Nozdracheva, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Dept. of Fruit and Vegetable Growing, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: r.nozdracheva@mail.ru.

Natalia P. Shilova, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Economics in Agro-Industrial Complex, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: shilova_np@mail.ru.

Natalia V. Leonova, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Economics in Agro-Industrial Complex, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: natalya-demcheva@yandex.ru.

Received August 24, 2021

Accepted after revision September 28, 2021

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЭКСПОРТА ЗЕРНА

Александр Леонидович Севостьянов

Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина

Раскрывается место зернового подкомплекса как ключевого элемента агропродовольственного комплекса Российской Федерации, определяющего устойчивость и эффективность его функционирования. Делается вывод о том, что темпы роста объемов производства зерна существенно превышают темпы развития производственной инфраструктуры, обеспечивающей реализацию функций хранения и транспортировки зерна, что существенно влияет на уровень логистических затрат, снижение качества продукции, ограничение экспортного потенциала. Отмечается, что в настоящее время процессы функционирования зернового комплекса страны регулируются положениями, закрепленными в «Долгосрочной стратегии развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 года», в которой особое внимание уделяется совершенствованию системы инфраструктуры и логистического обеспечения этого ключевого элемента АПК. Представлена динамика развития зерновой отрасли и изменений структуры ресурсов зерна и их использования; приводятся данные о крупнейших импортерах российского зерна в 2018 г. и прогнозный баланс ресурсов зерна и их использования при оптимистическом сценарии, приведенном в Долгосрочной стратегии развития зернового комплекса ..., предусматривающей существенное увеличение ресурсов зерна и его экспорта при незначительном росте внутреннего потребления. Раскрываются особенности организации перевозки зерна автомобильным, железнодорожным и морским транспортом. Делается вывод о том, что решения транспортных проблем остаются в ведении производителей зерна и носят ситуационный характер, то есть принимаются в зависимости от урожая, доступности конкретного транспорта, заключенных экспортно-импортных контрактов, своевременной законтрактованности отношений с перевозчиками и т. д. Системного, алгоритмизированного решения, обеспечивающего оптимизацию и эффективность функционирования транспортной инфраструктуры зернового комплекса, пока нет.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: зерновой подкомплекс, стратегия развития, баланс зерна, инфраструктурное обеспечение, транспортная инфраструктура.

PROBLEMS OF GRAIN EXPORT TRANSPORT INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT

Aleksandr L. Sevostyanov

Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin

The place of grain subcomplex as a key element of the agro-food complex of the Russian Federation which determines the stability and efficiency of its functioning is revealed. It is concluded that the growth rates of grain production significantly exceed the development rates of the production infrastructure that ensures the implementation of grain storage and transportation functions, which significantly affects the level of logistics costs, product quality reduction, and export potential limitation. It is noted that at present, the processes of functioning of the country's grain subcomplex are regulated by the provisions formalized in the Long-term Strategy for the Development of Grain Subcomplex of the Russian Federation until 2035, in which special attention is paid to improving the infrastructure and logistical support of this key element of the Agro-Industrial Complex. The author presents the dynamics of the development of grain industry, changes in the structure of grain resources and their use; data on the largest importers of Russian grain in 2018, as well as forecast balance of grain resources and their use under the optimistic scenario given in the Long-term Strategy for the Development of Grain Subcomplex ..., which provides for a significant increase in grain resources and its exports with a slight increase in domestic consumption. The peculiarities of the organization of grain transportation by road, rail and sea transport are revealed. It is concluded that solutions to transport problems remain in the jurisdiction of grain producers and are situational in nature, that is, they are taken depending on the harvest, availability of specific transport, awarded export-import contracts, timely contracting of relations with carriers, etc. There is no systematic, algorithmic solution that ensures optimization and efficiency of the functioning of the transport infrastructure of grain subcomplex.

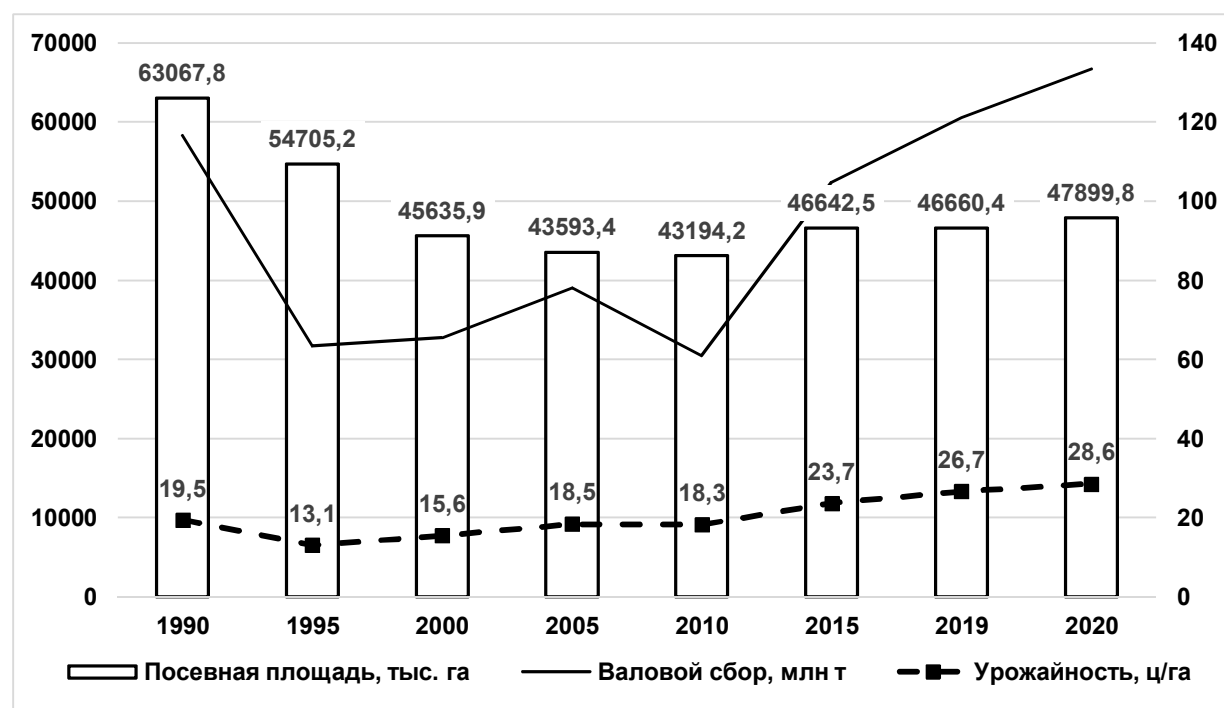
KEYWORDS: grain subcomplex, development strategy, grain balance, infrastructure support, transport infrastructure.

Зерновой подкомплекс является одним из ключевых в агропродовольственном комплексе страны и определяет устойчивость и эффективность его функционирования. Зерновые и зернобобовые культуры занимают наибольший удельный вес в структуре посевных площадей сельскохозяйственных производителей, а устойчивый рост урожайности зерновых обеспечивают возможность не только полного обеспечения потребностей страны в зерне и продуктах его переработки, но и увеличения объемов его экспорта. При этом темпы роста объемов производства зерна существенно превышают темпы развития производственной инфраструктуры, обеспечивающей реализацию функций хранения и транспортировки зерна, что существенно влияет на уровень логистических затрат, снижение качества продукции, ограничение экспортного потенциала.

Задача повышения эффективности управления развитием зернового подкомплекса как важнейшего элемента агропродовольственного комплекса относится к ключевым проблемам государственного регулирования системы аграрного производства и рационального использования продовольственных ресурсов страны [1, 3, 4, 5, 11, 12, 17]. При этом проблема рационального использования ресурсов зерна и минимизации трансакционных и логистических издержек, связанных с обеспечением его движения, может быть решена при обеспечении адекватного уровня развития рыночной инфраструктуры [6, 10, 13, 14, 16, 18, 19, 20, 21].

В настоящее время процессы функционирования зернового комплекса страны определяются «Долгосрочной стратегией развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 года» (утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации от 10 августа 2019 г. № 1796-р) [7], в которой особое внимание уделяется совершенствованию системы инфраструктуры и логистического обеспечения этого ключевого элемента АПК.

О качестве развития зернового подкомплекса свидетельствуют темпы роста производства зерна в последние десять лет. Несмотря на существенное сокращение посевных площадей зерновых и зернобобовых объем их производства не только превысил уровень 1990 г., но продолжает расти (см. рис.).



Основные показатели зерновой отрасли в РФ

Рост объемов производства зерна сопровождался ростом его экспорта и развитием инфраструктуры экспорта (табл. 1).

Таблица 1. Показатели развития зернового подкомплекса РФ, млн т

Показатели	2015 г.	2018 г.	2018 г. к 2015 г., %
Валовой сбор зерновых и зернобобовых	104,3	113,3	108,6
в т. ч. пшеница	61,8	72,1	116,7
ячмень	17,5	17,0	97,1
Посевные площади зерновых и зернобобовых	46,6	46,3	99,4
Урожайность зерновых и зернобобовых, ц/га	23,6	25,4	107,6
Объем внутреннего потребления зерна	69,4	77,1	111,1
Объем экспорта зерновых и зернобобовых	30,0	56,2	187,3
Объем экспорта продуктов переработки зерна	1,1	1,7	154,5
Мощности морских портов по перевалке зерна	36	53,2	147,8
Объем морской портовой перевалки зерна	34,4	48,1	139,8
Мощности по хранению зерновых культур	115,0	156,9	136,4

Источник: составлено автором по данным [8, 9].

Только с 2015 по 2018 г. валовой сбор пшеницы, являющейся основной экспортируемой зерновой культурой, вырос на 16,7%, а всех зерновых и зернобобовых культур – на 8,6%. При этом объем экспорта увеличился на 87,3% и достиг 56,2 млн т. Достаточно высокими темпами продолжалось развитие инфраструктуры хранения зерновых и наращивание мощностей морских портов по перевалке зерна.

Крупнейшими импортерами российского зерна в 2018 г., по данным ФТС РФ, были Египет (9,6% от экспортируемого Россией зерна), Турция (6,8%), Вьетнам и Иран (по 2,6%), Судан и Саудовская Аравия (по 2,1%).

Одним из важнейших показателей развития зернового подкомплекса является структура использования зерна и динамика ее изменения (табл. 2).

Таблица 2. Ресурсы зерна и их использование (без продуктов переработки) в Российской Федерации, млн т

Показатели	1990 г.	2000 г.	2010 г.	2015г.	2020 г.	2020 г. к 1990 г., %
Ресурсы						
Запасы на начало года	60,4	31,6	69,5	60,2	76,9	127,3
Производство	116,7	65,4	61,0	104,7	133,4	114,3
Импорт	16,9	4,7	0,4	0,8	0,4	2,4
Итого ресурсов	194,0	101,7	130,9	165,7	210,7	108,6
Использование ресурсов						
Производственное потребление	30,5	22,3	20,4	20,9	24,6	80,7
в т. ч. на семена	17,0	11,5	10,1	10,7	11,3	66,5
на корм	13,5	10,8	10,3	10,2	13,3	98,5
Переработано	94,7	40,6	43,9	48,1	53,8	56,8
Потери	2,3	0,8	0,9	1,1	1,1	47,8
Экспорт	2,0	1,3	13,9	30,7	48,7	2435,0
Личное потребление	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	-
Запасы на конец года	64,5	36,6	51,7	64,8	82,4	127,8

Источник: составлено автором по данным Росстата [8].

Несмотря на рост производства зерна, произошло существенное снижение объемов его переработки и производственного потребления, при этом объем ресурсов зерна увеличился в исследуемом периоде всего на 8,6%.

Долгосрочная стратегия развития зернового комплекса РФ до 2035 года предусматривает существенное увеличение ресурсов зерна и его экспорта при незначительном росте внутреннего потребления (табл. 3).

Таблица 3. Прогнозный баланс ресурсов зерна и их использования при оптимистическом сценарии, млн т

Показатели	2021 г.	2025 г.	2030 г.	2035 г.
Ресурсы				
Запасы на начало года	76,6	77,4	79,6	81,8
Производство	131,0	141,9	145,5	150,3
Импорт	0,3	0,3	0,3	0,3
Ресурсы всего	207,9	219,6	225,4	232,4
Использование ресурсов				
На пищевые цели	15,1	15,2	15,2	15,2
На корм	48,5	48,7	50,4	52,3
На семена	11,5	11,7	11,8	12,0
Прочая переработка	4,2	5,0	5,5	5,6
Потери	1,2	1,3	1,3	1,4
Экспорт	50,9	59,9	61,0	63,6
Запасы на конец года	76,5	77,8	80,1	82,2

Источник: составлено автором по данным [7].

Согласно данной стратегии и федеральному проекту «Экспорт продукции АПК», стоимость экспорта зерновых уже к 2024 г. планируется нарастить до 11,4 млрд долларов США к 2024 г. [9].

Вместе с тем реализация данной стратегии требует принципиального повышения качества инфраструктуры хранения и перевозки зерна.

По мнению И.И. Афанасьева и Ф.А. Гадойбоева [2], переход на модель экспортоориентированного зернового производства требует, в первую очередь, совершенствования таких технологических операций как:

- приемка зерновых ресурсов у зернопроизводителей и их консолидация для реализации на внешнем и внутреннем рынке;
- создание «буферных» запасов зерновых ресурсов, которые при неблагоприятной конъюнктуре рынка обеспечат восполнение дефицита при отгрузке;
- формирование стандартизованных по количеству и качеству товарных партий зерновых ресурсов для дальнейшей реализации;
- транспортировка и логистическое обслуживание производителей и потребителей зерновых ресурсов;
- организация крупнотоннажных ритмичных экспортных отгрузок зерновых ресурсов.

Каждый вид транспорта, задействованного на перевозке зерна, имеет свои преимущества и недостатки. Автомобильные транспортные перевозки зерна как внутри страны, так и за ее пределы осуществляются с использованием специализированной техники тарным или бестарным способом. Здесь и заключается первая особенность: перевозка зерна влажностью выше 15% в таре запрещена, так как это может привести к порче груза и развитию в нем патогенной микрофлоры. Для междугородних автомобильных перевозок зерна допустимо применять только транспортные средства определенного типа и вида, установленные нормативными документами: бортовые зерновозы, самосвальные автопоезда, зерновозы-цистерны. Главное, чтобы в процессе перевозки не происходило изменений основных параметров сырья, и соблюдались действующие в этой сфере санитарно-эпидемиологические нормы. Перед организацией перевозки

зерна транспортное средство должно проходить обязательный осмотр на предмет соответствия санитарно-эпидемиологическим требованиям и технического состояния. Поскольку зерно является гигроскопичным материалом и способно «набирать» влагу из окружающей среды (что зачастую становится причиной его порчи), при загрузке необходимо обеспечить сохранность груза от воздействия внешних условий.

По итогам 2017/18 сельскохозяйственного года около 65% отгруженного из России на экспорт зерна было доставлено в портовые терминалы автотранспортом. Ряд терминалов полностью зависит от поставок зерна автомобильным транспортом.

Расценки на перевозку зерна автомобильным транспортом высоки в силу особенностей самого этого вида транспорта. Поэтому большие партии на дальние расстояния оптимально перевозить по железнодорожным путям. Сегодня на долю железнодорожного транспорта приходится менее 40% от общего объема экспортных поставок зерна. При транспортировке такого груза используют специализированные вагоны, в которые зерно загружается насыпью.

Морская перевозка зерновых грузов составляет подавляющее большинство от общего объема торговли зерном. Такая популярность объясняется невысокими тарифами на морские перевозки, из-за чего стоимость транспортировки на единицу массы груза здесь минимальная. Кроме того, международные морские перевозки зерновых грузов – это возможность доставить большой объем товара на большие расстояния. Использование морского транспорта предъявляет более жесткие требования к условиям длительного хранения, поскольку, в отличие от услуг грузовых автомобильных перевозок, морские – более продолжительные по срокам.

Следует отметить, что современная транспортная инфраструктура зернового производства далека от оптимальной и эффективной. Несмотря на то что в перевозке зерна участвует мощная система транспортных компаний, объединяющая разнообразные виды транспортных средств, проблема снижения затрат именно на эту инфраструктурную составляющую остается нерешенной.

Решения транспортных проблем остаются в ведении производителей зерна и носят ситуационный характер, то есть принимаются в зависимости от урожая, доступности конкретного транспорта, заключенных экспортно-импортных контрактов, своевременной законтрактованности отношений с перевозчиками и т. д. Системного, алгоритмизированного решения, обеспечивающего оптимизацию и эффективность функционирования транспортной инфраструктуры зернового комплекса, пока нет.

Библиографический список

1. Алтухов А.И. Совершенствование организационно-экономического механизма устойчивого развития агропромышленного производства / А.И. Алтухов // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2016. – № 7. – С. 2–11.
2. Афанасьева И.И. Направления расширения экспортного потенциала национальной экономической системы в условиях глобализации : монография / И.И. Афанасьева, Ф.А. Гадойбоев. – Москва : Перо. – 2017. – 175 с.
3. Баутин В.М. Парадигма развития технологий АПК / В.М. Баутин, В.А. Панфилов // Экономика сельского хозяйства России. – 2017. – № 6. – С. 18–31.

4. Белокопытова Л.Е. Методологический подход к исследованию организационно-экономических механизмов рыночных отношений в АПК региона / Л.Е. Белокопытова, Н.Р. Сучкова, Г.Г. Крючков // Научное обозрение: теория и практика. – 2017. – № 1. – С. 43–50.
5. Буздалов И.Н. Обеспечение приоритетного развития сельского хозяйства – главное в стратегии аграрной политики / И.Н. Буздалов // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2015. – № 4. – С. 2–13.
6. Дементьева Ю.М. Развитие рынка продовольственного зерна в Российской Федерации : автореф. дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Ю.М. Дементьева. – Москва, 2013. – 174 с.
7. Долгосрочная стратегия развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 года : утверждена Распоряжением Правительства РФ от 10 августа 2019 г. №1796-р [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72522534/> (дата обращения: 12.04.2021).
8. Единая межведомственная информационно-аналитическая система : официальный сайт Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gks.ru/emiss> (дата обращения: 12.04.2021).
9. Зерно держит график – объемы экспорта сельскохозяйственной продукции в контейнерах будут расти [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.zol.ru/n/30a4f> (дата обращения: 09.04.2021).
10. Зюкин Д.А. Значение государственного регулирования в развитии зернового хозяйства / Д.А. Зюкин, И.И. Стёпкина // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 5. – С. 23–26.
11. Коваленко Ю.Н. Управление развитием агропродовольственного комплекса : монография / Ю.Н. Коваленко, А.В. Улезько. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2020. – 194 с.
12. Крылатых Э. Структура АПК и система моделей его планирования / Э. Крылатых, С. Ильющенок // Экономика и математические методы. – 1979. – № 3. – С. 528–538.
13. Лексина А.А. Механизм хозяйственного взаимодействия инфраструктуры и организаций агропроизводственного рынка зерна / А.А. Лексина, Г.Н. Ермакова // Аграрный научный журнал. – 2017. – № 10. – С. 84–87.
14. Нечаев В.И. Экономика сельского хозяйства : учебник / В.И. Нечаев, Е.И. Артемова, Д.А. Белова. – Москва : КолосС, 2010. – 383 с.
15. Основные направления размещения и специализации сельского хозяйства России : монография / А.Г. Папцов, А.И. Алтухов, А.А. Шутьков и др. – Москва : ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ, 2020. – 346 с.
16. Папцов А.Г. Транснациональные компании в зерновом хозяйстве России / А.Г. Папцов, Г.Е. Быков, А.Н. Осипов // Экономика сельского хозяйства России. – 2015. – № 9. – С. 39–44.
17. Петриков А.В. Основные направления и механизмы реализации современной агропродовольственной политики / А.В. Петриков // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2016. – № 1. – С. 11–18.
18. Серков А.Ф. Повышение доходности как главный фактор устойчивости и ускорения развития сельского хозяйства / А.Ф. Серков // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2015. – № 10. – С. 8–12.
19. Смирнов О.А. Мировой рынок перевозки зерна морским транспортом: возможности и ограничения интеграции России / О.А. Смирнов, В.В. Селиванов // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2016. – № 3. – С. 102–110.
20. Сучкова Н.Р. Анализ современного состояния инфраструктуры агропроизводственного рынка зерна / Н.Р. Сучкова, Г.Г. Крючков // Научное обозрение: теория и практика. – 2017. – № 6. – С. 44–52.
21. Чарыкова О.Г. Зарубежный опыт формирования складской инфраструктуры зернового рынка / О.Г. Чарыкова, Д.С. Латынин // Проблемы современных экономических, правовых и естественных наук в России : сб. матер. международной науч.-практ. конф. (Россия, г. Воронеж, 15–17 марта 2013 г.). – Воронеж : ФЭС, 2013. – С. 147–152.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ **Принадлежность к организации**

Александр Леонидович Севостьянов, кандидат технических наук, доцент, и. о. зав. кафедрой эксплуатации машинно-тракторного парка и тракторы ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», Россия, г. Орел, e-mail: sewostya@list.ru.

Дата поступления в редакцию 23.06.2021

Дата принятия к печати 05.08.2021

AUTHOR CREDENTIALS **Affiliations**

Aleksandr L. Sevostyanov, Candidate of Engineering Sciences, Docent, Acting Head of the Dept. of Machine-Tractor Fleet Operation and Tractors, Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin, Russia, Orel, e-mail: sewostya@list.ru.

Received June 23, 2021

Accepted after revision August 05, 2021

МОДЕЛИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ АГРАРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Алексей Алексеевич Кузубов¹
Нина Владимировна Шашло²

¹Донской государственный технический университет

²Владивостокский государственный университет экономики и сервиса

Обосновано, что в настоящее время эффективное использование органических отходов для дальнейшей переработки является предпосылкой развития аграрных предприятий, получения ими конкурентных преимуществ и обеспечения энергетической и экологической безопасности. Определены основные принципы утилизации отходов предприятий, которые включают: максимальное использование внутрихозяйственных ресурсов, обеспечения экономической эффективности применяемых технологий, соблюдения ветеринарно-санитарных требований. Исследованы наиболее распространенные методы переработки органических отходов аграрных предприятий, которые включают энергетическое и неэнергетическое направления. Отходы отрасли растениеводства можно использовать на энергетические цели в двух направлениях: прямое сжигание с целью получения тепловой и электрической энергии, а также для производства твердого биотоплива. Отходы животноводства можно использовать для производства другого вида биотоплива – биогаза. Неэнергетическое направление использования органических отходов аграрных предприятий предусматривает производство различных видов вторичной продукции (целлюлозы, бумаги, картона), кормов, подстилки, компоста. Направления использования отходов растениеводства, которым сегодня отдают предпочтение аграрные предприятия, преимущественно являются энергетическими и малоэффективными. Проанализированы различные методы переработки отходов (вторичной продукции) отрасли животноводства: компостирование, вермикомпостирование, компостирование с применением гуматов, настаивание, получение биогаза. Проведено сравнение экономической эффективности традиционной и биоэнергетической утилизации навоза на условном предприятии. Современные способы утилизации навоза с производством биогаза имеют преимущества, поскольку дают экологический эффект, могут обеспечить энергетическую автономизацию благодаря отказу от закупки топлива, электроэнергии, есть возможность увеличить эффективность деятельности благодаря продаже или собственному использованию биоудобрений, реализации другой побочной товарной продукции.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: аграрные предприятия, энергетическая безопасность, экологическая безопасность, биоудобрение, эффективность.

EXPLOITATION PATTERN OF AGRICULTURAL ENTERPRISES WASTE IN ENSURING ENERGY AND ENVIRONMENTAL SAFETY

Alexey A. Kuzubov¹
Nina V. Shashlo²

¹Don State Technical University

²Vladivostok State University of Economics and Service

The authors prove that the effective use of organic waste for further processing today is a prerequisite for the development of agricultural enterprises, obtaining competitive advantages and ensuring energy and environmental safety. The basic principles of waste disposal of enterprises are defined, which include: maximum use of on-farm resources; ensuring the economic efficiency of the technologies used; compliance with veterinary and sanitary requirements. The most common methods of processing organic waste of agricultural enterprises, which include energy and non-energy directions, are studied. Waste from the crop production industry can be used for energy purposes in two ways: direct combustion to produce heat and electricity, as well as for the production of solid biofuels. Animal waste can be used to produce another type of biofuel – biogas. The non-energy direction of using organic waste of agricultural enterprises provides for the production of secondary products (pulp, paper, cardboard), feed, litter, compost. It is proved that the directions of crop production waste use, which are currently preferred by agricultural enterprises, are mainly energy (as coarse feed, for bedding, as fertilizers) and ineffective (such feed is of little value for highly productive animals, enterprises do not comply with the technology of plowing residues, which minimizes the positive effect). Various methods of processing waste (secondary products) of the livestock industry are analyzed: composting, vermicomposting, composting with the

use of humites, infusion, and biogas production. A comparison of the economic efficiency of traditional and bioenergetic manure utilization at a conventional enterprise is made. It is proved that modern methods of manure utilization with the production of biogas have advantages, since they give an ecological effect, can provide energy autonomy due to the refusal to purchase fuel, electricity, it is possible to increase the efficiency of activities through the sale or own use of biofertilizers, the sale of other by-products.

KEYWORDS: agricultural enterprises, energy security, environmental safety, biofertilizer, efficiency.

Введение
Основными стратегическими задачами развития сельскохозяйственных предприятий в настоящее время являются повышение рентабельности и прибыльности, а также соблюдение норм экологии производства. Решение этих задач возможно только через формирование эффективных рыночных отношений и постоянное совершенствование механизма и технологий хозяйствования через призму уменьшения влияния на окружающую среду и получение в результате этого экономической выгоды.

Обращение с отходами аграрных предприятий при применении прогрессивных технологий способно превратиться из экологической проблемы в потенциально прибыльное направление деятельности – производство ценной вторичной продукции, в том числе и биотоплива.

Традиционные аграрные предприятия, развивающие отрасли растениеводства и животноводства, имеют значительный потенциал для производства биологического топлива, в частности биогаза. Этому способствует наличие:

- животноводческих ферм, на которых животными постоянно производится навоз, что требует дальнейшей переработки и эффективной утилизации;
- растительных отходов: соломы, ботвы сельскохозяйственных культур, которые в большинстве случаев используются неэффективно (применяют в виде подстилки, запахивают в почву без значительного эффекта);
- пищевых отходов;
- посевных площадей, на которых необходимо поддерживать высокий уровень плодородия почвы, в том числе за счет использования биоудобрений для повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

Учитывая то, что в настоящее время Россия не выполняет в полном объеме взятые на себя экологические обязательства по уменьшению выбросов вредных веществ, исследования перспектив использования отходов предприятий в качестве биотоплива являются актуальными.

Материалы и методы

Методологической базой исследования послужили фундаментальные положения отечественной и зарубежной теории в области организации использования отходов аграрных предприятий, используемых современными компаниями для эффективного управления и реализации энергетической и экологической безопасности.

Поскольку мир сегодня все больше переходит на «зеленые» технологии, вопросы повторного использования ресурсов и ресайклинг, а также эффективного обращения с отходами активно рассматриваются учеными как с позиции экологии, так и с экономической точки зрения (Г.Н. Колесников, Т.А. Гаврилов, Т.Б. Станкевич [2]; С.В. Мартынов [3]; К.С. Дектярев, М.М. Сангаджиев, Д.В. Егоров, Х.Р. Анджаев [8] и др.).

Отходы аграрного сектора имеют свои особенности, в частности, они являются преимущественно органическими и имеют значительный энергетический потенциал. В работах Г.Д. Демёхина [1], М.М. Нафикова и А.Р. Нигматзянова [5], И.А. Свистулы, Н.В. Белой и А.Е. Свистулы [11] нашли свое отражение вопросы использования сельскохозяйственных отходов в качестве сырья для производства биотоплива. Несмотря на значительный вклад ученых в исследования проблематики эффективного обращения с отходами, необходим комплексный анализ направлений эффективного использования органических отходов аграрных предприятий, получаемых от отраслей растениеводства и животноводства.

Целью научного исследования является обоснование направлений эффективной организации использования органических отходов аграрных предприятий, учитывая их потенциал в обеспечении экономической и экологической безопасности.

Результаты и их обсуждение

Отходы являются неотъемлемой частью любого производства, однако, в нашем государстве есть свои особенности. Россия является масштабным ресурсопользователем и характеризуется устаревшими технологиями почти во всех отраслях экономики, а специализацию национальной экономики можно охарактеризовать как сырьевую энергетическую, что обуславливает стабильно высокие показатели как образования, так и накопления отходов.

Органическими являются отходы природного происхождения, которые испытывают биологическому разложению. К ним относят органические городские отходы (пищевые отходы, сухие овощи, опавшие листья, органическую часть осадка сточных вод), садово-парковые отходы (обрезки деревьев и кустарников), сельскохозяйственные отходы биологического происхождения (солома, стебли, початки, ботва, навоз, помет и тому подобное).

Большой вклад в образование органических отходов делают отрасли растениеводства и животноводства, поэтому перед аграрными предприятиями стоит важная задача эффективного обращения с ними. В России достаточно часто солому зерновых культур используют на сельскохозяйственных предприятиях как грубый корм и на подстилку. Для подготовки соломы к скармливанию применяют механические, химические, термические, термохимические, биологические, баротермические и другие методы повышения питательности соломы. Для этого используют солорезки, дозаторы, смесители, запариватели и др. Однако для высокопродуктивных животных солома является малоценным кормом, и использовать ее целесообразно только как добавку, которая при определенных рационах кормления может обеспечить потребности животных в клетчатке.

Еще одним традиционным направлением обращения с отходами растениеводства в отечественных аграрных предприятиях является использование соломы и растительных остатков сельскохозяйственных культур в качестве удобрения. В России в настоящее время наблюдается тенденция к сокращению поголовья животных, которая влияет на количество получаемых и внесенных органических удобрений, а также рост стоимости минеральных удобрений, что делает их недоступными для сельскохозяйственных товаропроизводителей. Поэтому запахивание растительных остатков остается едва ли не единственным доступным способом предотвращения процессов деградации и повышения плодородия почв.

Как отмечает С.Э. Неберикутя, просто внесенная в почву солома еще не является органическим удобрением в буквальном смысле, им она станет позже, после того как произойдет процесс гумификации, и солома перестанет оказывать депрессивное воздействие на следующую сельскохозяйственную культуру. Для устранения депрессивного действия соломы на рост и развитие растений следующей культуры на каждую тонну соломы перед ее заделкой в почву нужно внести не менее 10–12 кг действующего вещества аммонийных форм азотных удобрений. Если перечисленные условия будут соблюдены, то через 6–8 месяцев 40–50% внесенной в почву соломы пройдет гумификацию и превратится в органическое удобрение. Остальная солома превратится в удобрение несколько позже [6]. Таким образом, сев целесообразно проводить не ранее 6–8 месяцев после того, как солому внесут в почву для получения максимального эффекта. Это предопределяет использование соломы в качестве органического удобрения преимущественно под яровые культуры.

Еще одним условием эффективного использования соломы в качестве удобрения является ее измельчение при сборе культуры, а также внесение азотных удобрений при заделке в почву. Для организации этого процесса зерноуборочные комбайны нужно

оснащать измельчителями, которые наряду с основным процессом – измельчением соломой также обеспечат равномерное распределение остатков на поле. К сожалению, в большинстве сельскохозяйственных предприятий России нет специализированной техники для качественного измельчения растительных остатков, а также не соблюдаются требования о внесении азотных удобрений при запахивании для обеспечения максимального эффекта от заделки.

Выбор оптимальной технологии переработки / утилизации отходов является ключевым фактором обеспечения эффективности системы обращения с органической частью отходов аграрных предприятий. Многие ученые [4, 9, 13] выделяют два основных направления: с целью энергетического использования и переработку на энергетические цели.

В частности, методы переработки отходов растениеводства для энергетического использования предусматривают:

- 1) сжигание отходов растениеводства с производством тепловой и электрической энергии, пригодной для использования как на производстве, так и в быту;
- 2) прессование и брикетирование отходов растениеводства с производством твердого биотоплива (паллеты, брикеты), которые используются для сжигания в пиролизных котлах;
- 3) технологии гидролиза и дистилляции – производство гидролизного спирта (биоэтанола второго поколения);
- 4) пиролиз (больше касается отходов древесного происхождения) – производство горючих газов, смол, древесного угля (полукокс).

Таким образом, отходы растительного происхождения являются потенциальным сырьем для производства тепловой и электрической энергии, различных видов биотоплива, других энергетических ресурсов. Однако стоимость практической реализации технологий различна и не всегда доступна для большинства аграрных предприятий; некоторые технологии требуют наличия в штате квалифицированных работников; также сдерживают внедрение этих технологий сложности в получении разрешений.

Сжигание отходов (биомассы) растительного происхождения является самым простым способом получения энергии, который чаще всего практикуют сельскохозяйственные предприятия. Однако эта технология имеет ряд недостатков (табл. 1).

Таблица 1. Недостатки использования первичной биомассы для сжигания и преимущества использования твердого биотоплива (пеллет и брикетов) в теплоэнергетике

Недостатки	Преимущества
Первичная биомасса – прямое сжигание	Твердое биотопливо (пеллеты и брикеты) – прессование и сжигание
Ограниченный перечень отходов растениеводства, которые можно использовать	Более широкий диапазон биомассы, которую можно использовать
Быстрая потеря потребительских качеств при хранении	Потребительские качества при хранении практически не теряются
Сложности в транспортировке и хранении из-за низкой насыпной плотности, разный размер кусков	Стандартизированные размеры и упаковки, что делает транспортировку и логистику хранения удобными
Высокая зольность	Низкая зольность – 0,3–2%
Высокая влажность из-за пористости биомассы – 30–50%	Низкая влажность: пеллеты – 6–8%, брикеты – 4–8%
Низкий уровень механизации технологического процесса сжигания	Автоматизированный процесс загрузки твердого биотоплива и его сжигания, регулировка температуры
Проведение предварительной подготовки биомассы к сжиганию	Готовность к использованию
Низкая эффективность сжигания: для получения 1 ГВт – год энергии необходимо 200–1800 м ³ измельченной биомассы	Высокая эффективность сжигания: для получения 1 ГВт – год энергии необходимо 385 м ³ пеллет

К основным недостаткам следует отнести:

- сложность хранения и транспортировки;
- разный размер кусков;
- необходимость предварительной подготовки топлива к сжиганию;
- наличие примесей и неорганических загрязнений;
- высокая зольность сжигания;
- низкая эффективность.

Преимуществами использования растительных остатков для производства твердого биотоплива с последующим сжиганием для получения тепловой энергии являются:

- высокая эффективность;
- экологическая чистота сжигания;
- удобство и длительный срок хранения;
- широкий спектр сырья для производства;
- полная готовность к использованию, которое может быть полностью автоматизировано и требует минимум ручного труда.

Анаэробная ферментация с получением биогаза является еще одним энергетическим направлением использования отходов растениеводства (свекольного жома; отходов садоводства, зерновых, овощей и т. д.). На практике чаще используют смесь отходов растениеводства и животноводства с целью увеличения выхода биогаза.

Кроме энергетического направления есть и другие, экономически выгодные способы утилизации органических отходов растениеводства (соломы зерновых, корзинок подсолнечника, кукурузных початков и стеблей), а также отходов масложировой, спиртовой и сахарной промышленности. Такие отходы используют в качестве корма для животных или птицы, а также производят из них полезную продукцию (целлюлозу, бумагу, картон, масло, дрожжи или лимонную кислоту).

Для аграрных предприятий важным является индивидуальный расчет с целью определения, какую часть растительной биомассы следует оставлять на полях для сохранения плодородия почв. Он должен базироваться на данных о качестве земель, внесении предприятием минеральных и / или органических удобрений, выносе питательных веществ культурами и тому подобное. В исследованиях О.В. Савина, В.А. Макарова, О.В. Макаровой, С.В. Гаспаряна отмечается, что необходимо оставлять на полях до 70% соломы зерновых и 60% отходов производства подсолнечника и кукурузы на зерно [7].

Обзор проектов, показывающий возможности производства вторичной продукции из органических отходов, продуцируемых отраслями растениеводства и животноводства, представлен в таблице 2.

Несмотря на достаточные объемы доступных для переработки органических отходов, а также многочисленные потенциальные преимущества повторного использования побочных продуктов растениеводства, предприятия аграрного сектора России почти не используют ресурсный потенциал этого вторичного сырья.

На примере условного аграрного предприятия, занимающегося молочным и мясным скотоводством, исследуем экономико-экологическую эффективность воплощения проекта производства биотоплива из отходов. Целью проекта является использование отходов от существующих мощностей отрасли животноводства для производства биогаза с помощью современных технологий, который будет применяться в качестве альтернативного источника энергии. Это обеспечит максимизацию использования существующих ресурсов и минимизацию объема отходов.

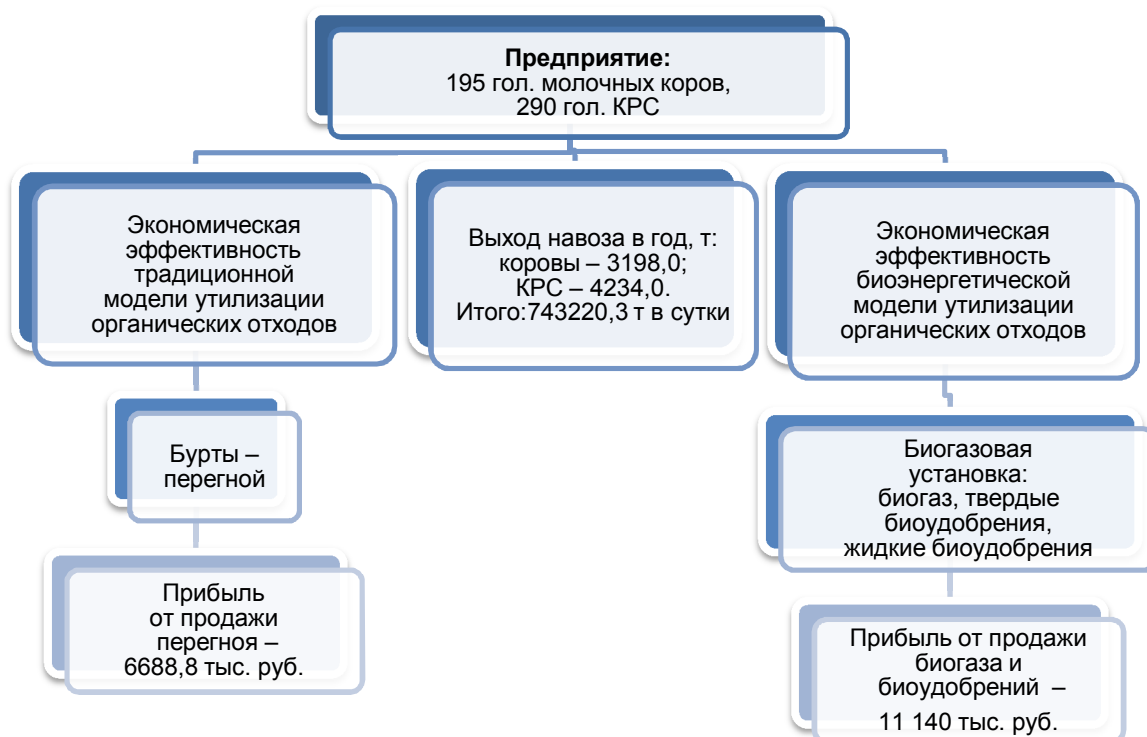
Таблица 2. Примеры использования отдельных видов органических отходов растительного происхождения при производстве вторичной продукции

Вид отходов отрасли растениеводства и др. отраслей	Технология переработки	Продукция / выход продукции при переработке 1 т отходов	Затраты на внедрение технологий (€ на 1 т отходов за сутки)	Стоимость продукции / срок окупаемости проектов
Солома зерновых, рапса; стебли кукурузы, подсолнечника	Производство материалов	Целлюлоза (400–500 кг), бумага, картон	От 1500	5–7 лет
Свекольный жом	Производство корма для животных	Сушеный, консервированный жом, белково-витаминные комплексы (300–400 кг)	Нет данных	€ 200 за 1 т
	Производство пектина	Пектин (100–200 кг)	Нет данных	€ 14500 за 1 т
Меласса	Производство корма для животных	Лизин	1200–1460	До 7 лет
	Производство материалов	Лимонная кислота	Нет данных	Нет данных
		Дрожжи (600–700 кг)	Нет данных	Нет данных
		Ферменты	Нет данных	Нет данных
		Пластмасса	Нет данных	Нет данных
Шелуха	Производство корма для животных ферментация	Кормовые дрожжи, добавки к грубым кормам (200–300 кг)	8000–12000	1–2 года
	Производство материалов	Тепло- и звуко-изоляционные плиты	2500–2900	1–1,5 года
	Производство растворителей для нефтехимии	Фурфурол	Нет данных	Нет данных
	Производство компонентов или готовых субстратов	Субстрат для выращивания грибов	56–60	До 1 года
Жмых	Производство продукции	Масло (15–100 кг)	9000–12000	1 год
	Производство корма для животных	Высокобелковая добавка в комбикормах	Нет данных	Нет данных
Шрот	Производство корма для животных	Белковая, углеводная и липидная добавка в комбикормах	2000–4000	1–3 года
	Производство корма для птицы, рыбы	Белковая и углеводная добавка	2500–4000	1,5–3 года
Обрезка сада	Производство строительных материалов	Строительные плиты	2700–3100	1–1,5 года

Источник: составлено авторами по данным [2, 3, 12].

Производство биогаза потребует значительных финансовых инвестиций для реализации инновационных проектов, однако ожидаемая выгода от применения продуктов биогазового производства преобладает [10, 12]. Преимущества проекта включает сокращение выбросов парниковых газов благодаря более эффективной утилизации отходов и улавливания метана с помощью анаэробного сбраживания для его дальнейшего сжигания вместо природного газа для нужд предприятия, а также получения органических удобрений.

Сравнение традиционной модели утилизации навоза и биоэнергетической утилизации (с получением биогаза и биоудобрений) представлено на рисунке.



Сравнительная экономическая эффективность традиционной и биоэнергетической утилизации навоза на сельскохозяйственном предприятии

При выборе аграрным предприятием традиционной модели утилизации органических отходов животноводства можно получить 6688,8 тыс. руб. при реализации перегноя. Биоэнергетическая модель утилизации органических отходов животноводства предусматривает их анаэробную переработку с получением биогаза и биоудобрений. Прибыль от продажи указанной продукции составляет 11 140 тыс. руб., что значительно превышает прибыль от традиционной технологии. Таким образом, экономическая выгода от переработки отходов (побочной продукции) животноводства с использованием современных биоэнергетических методов очевидна.

При проведении расчетов учитывались только прямые выгоды – получение биогаза и биоудобрений, но при биоконверсии отходов существует и ряд косвенных предпочтений, которые увеличивают экономическую эффективность биопроизводства, но пока не учтены:

- отработанный остаток можно использовать для производства белково-витаминного концентрата, богатый витамином B12, и бактериальные протеины. Его экономически выгодно использовать в качестве добавки к кормам, поскольку экономия последних может достигать до 25%;

- использование биоудобрения из биогазовой установки позволяет снизить затраты на прополку сорняков благодаря уменьшению их количества, снизить объемы применения гербицидов, поскольку при биоконверсии происходит бактериальная стерилизация, уничтожается патогенная флора, а семена сорняков теряют всхожесть;

- есть возможность получить дополнительный доход от реализации побочных продуктов производства биогаза, в частности серы;

- использование биоудобрений позволяет предприятию организовать производство органической продукции растениеводства, цены на которую выше, а спрос – постоянно увеличивается;

- не учтены в денежном выражении экологический эффект, заключающийся в уменьшении выбросов метана и устранении неприятного запаха по сравнению с хранением сырья для производства биогаза (навоза молочных коров и КРС в нашем случае)

под открытым небом, а также уменьшение выбросов CO_2 при использовании биогаза по сравнению с традиционными видами топлива.

Биоэнергетическая модель утилизации органических отходов обеспечивает значительный экологический эффект:

- на локальном уровне решается проблема загрязнения как подземных вод, так и водных бассейнов вообще патогенами и химикатами; происходит улучшение качества питьевой воды непосредственно у животноводческих ферм или птицефабрик; исчезает неприятный запах вблизи объектов животноводства;

- с использованием биоудобрений, полученных в результате производства биогаза, решается проблема повышения плодородия земель и предотвращения их деградации; уменьшается засоренность, кислотность, засоленность почв; получают экологически чистые органические продукты питания, которые положительно влияют на здоровье населения;

- на глобальном уровне происходит уменьшение выбросов парниковых газов, осуществляется вклад в выполнение государством взятых на себя экологических обязательств.

В настоящее время отсутствует методика экономической оценки экологического эффекта от организации производства биогаза, но есть возможность рассчитать уменьшение объемов выбросов вредных веществ в количественном выражении. Так, замена жидкого (твердого) топлива биогаза на условном предприятии, которое имеет молочно-товарную ферму (195 гол. молочных коров) и ферму по откорму КРС (290 гол.), позволит предотвратить вредные выбросы в атмосферу в следующих объемах:

- несгоревшее топливо – 9,7 л/год;
- оксиды серы – 84,7 кг/год;
- оксиды углерода – 199,9 кг/год;
- диоксиды азота – 39,4 кг/год.

Эти мероприятия позволят улучшить экологическое состояние животноводческого хозяйства и внесет свой вклад в уменьшение рисков возникновения парникового эффекта, кислотных дождей и тому подобное.

Проведенные расчеты подтверждают, что биоэнергетическая модель утилизации органических отходов является выгодной для аграрных предприятий, экономически и экологически эффективным направлением обращения с отходами и побочной продукцией животноводства.

Перспективным направлением дальнейших исследований является разработка инвестиционного проекта и определение экономической эффективности биоэнергетической утилизации навоза в деятельности крупных животноводческих комплексов на основе разработанной нами модели рационального использования органических отходов в животноводстве с учетом оценки всех циклов переработки.

Выводы

В аграрных предприятиях образуется значительный объем отходов органического происхождения, которые можно превратить в ценный вторичный продукт, в частности, в биоэнергетической продукции. Выбор оптимального направления использования отходов зависит от многих факторов, среди которых потребности самого предприятия в той или иной продукции (удобрениях, энергетических ресурсах и т. д.).

Перспективными технологиями утилизации отходов в настоящее время являются энергетические, среди которых:

- прямое сжигание отходов растениеводства с целью получения энергии;
- производство топливных гранул и брикетов из растительной органики; анаэробная ферментация и др.

Производство биогаза из органических отходов, продуцируемых в сельском хозяйстве, имеет значительные преимущества над другими направлениями их использования.

Весомым фактором является то, что биогазовые технологии – это не только путь к энергетической автономизации аграрных предприятий, но и способ решения экологических, агрохимических и других вопросов, и в этом заключается их высокая рентабельность и конкурентоспособность.

Таким образом, эффективное обращение с отходами аграрных предприятий, их использование на энергетические цели является залогом эффективного хозяйствования и весомым вкладом в формирование энергетической и экологической безопасности.

Библиографический список

1. Демёхин Г.Д. Биоэнергетика как сегмент аграрного сектора экономики, основанной на преобразовании энергии органических отходов / Г.Д. Демёхин // Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2019. – № 4 (92). – С. 46–51.
2. Колесников Г.Н. Повышение эффективности переработки органических отходов сельского и лесного хозяйства / Г.Н. Колесников, Т.А. Гаврилов, Т.Б. Станкевич // Journal of Advanced Research in Technical Science. – 2020. – № 21. – С. 89–94.
3. Мартынов С.В. Экономические эффекты вторичного использования отходов промышленных подсистем АПК / С.В. Мартынов // Закономерности развития региональных агропродовольственных систем. – 2018. – № 1. – С. 62.
4. Митрофанова А.А. Обращение с отходами сельского хозяйства (проблемы и решения) / А.А. Митрофанова // Аллея науки. – 2020. – № 2 (41). – С. 305–307.
5. Нафиков М.М. Особенности производства продукции и переработки сырья агропромышленного комплекса по безотходной технологии / М.М. Нафиков, А.Р. Нигматзянов // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2019. – Т. 15, № 3. – С. 55–61.
6. Неберикутя С.Э. Переработка отходов в органические удобрения / С.Э. Неберикутя // Теория и практика современной науки. – 2018. – № 5 (35). – С. 582–587.
7. Органические удобрения как фактор повышения плодородия почвы и эффективности растениеводства / О.В. Савина, В.А. Макаров, О.В. Макарова, С.В. Гаспарян // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2019. – № 4 (44). – С. 53–59.
8. Отходы сельскохозяйственного сектора экономики в Калмыкии как альтернативный источник получения энергии / К.С. Дектярев, М.М. Сангаджиев, Д.В. Егоров, Х.Р. Анджаев // Земля. – 2017. – № 2. – С. 30–36.
9. Оценка степени физической деградации и пригодности черноземов к минимизации основной обработки почвы / Т.А. Трофимова, С.И. Коржов, В.А. Гулевский, В.Н. Образцов // Почвоведение. – 2018. – № 9. – С. 1125–1131.
10. Пташкина-Гирин О.С. Переработка отходов животноводства для использования их в качестве удобрения / О.С. Пташкина-Гирин, Ж.Б. Телюбаев, С.К. Шерьязов // Вестник ИРГСХА. – 2017. – № 80. – С. 184–190.
11. Свистула И.А. Применение биотоплив в АПК в условиях экономической интеграции : монография / И.А. Свистула, Н.В. Белая, А.Е. Свистула. – Барнаул : Си-пресс, 2017. – 182 с.
12. Тумаланов Н.В. Внедрение безотходного производства в сфере животноводства региона как условие создания замкнутого производственного цикла / Н.В. Тумаланов, В.В. Иванов // Oeconomia et Jus. – 2020. – № 2. – С. 36–42.
13. Kuzubov A.A. Implementation of monitoring subsystem in the regulation system of Agro-food sector on regional level / A.A. Kuzubov, N.V. Shashlo // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. – 2017. – Vol. 2 (62). – Pp. 33–41.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ
Принадлежность к организации

Алексей Алексеевич Кузубов – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Россия, г. Ростов-на-Дону, e-mail: alexceyk@gmail.com.

Нина Владимировна Шашло – кандидат экономических наук, зав. отделом аспирантуры и докторантуры ФГБОУ ВО «Владивостокский государственный университет экономики и сервиса», Россия, г. Владивосток, e-mail: ninellssss@gmail.com.

Дата поступления в редакцию 21.06.2021

Дата принятия к печати 28.07.2021

AUTHOR CREDENTIALS
Affiliations

Alexey A. Kuzubov, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Economics, Don State Technical University, Russia, Rostov-on-Don, e-mail: alexceyk@gmail.com.

Nina V. Shashlo, Candidate of Economic Sciences, Head of Postgraduate and Doctoral Studies Department, Vladivostok State University of Economics and Service, Russia, Vladivostok, e-mail: ninellssss@gmail.com.

Received June 21, 2021

Accepted after revision July 28, 2021

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФСБУ 5/2019 «ЗАПАСЫ» И МСФО 2 «ЗАПАСЫ» КАК ОСНОВА ПОСТРОЕНИЯ УЧЕТНОГО ПРОЦЕССА ОРГАНИЗАЦИЙ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

**Светлана Николаевна Коваленко
Юлия Николаевна Коваленко**

Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова

Представлена сравнительная характеристика ФСБУ 5/2019 «Запасы» и МСФО (IAS) 2 «Запасы», выполненная с целью выявления сходств и отличительных черт. Анализируются структура и содержание международного и российского стандартов бухгалтерского учета, определена цель исследуемых документов и основания для их разработки, а также правила ведения учетного процесса в организациях агропромышленного сектора экономики в разрезе учета материально-производственных запасов. Сравнение проводится посредством изучения основной структуры содержания международного и российского стандартов для организаций агропромышленного сектора. В частности, рассматривается метод оценки запасов по каждому из приведенных стандартов и представляется сравнительная характеристика, приводятся сходства и отличия в принципах формирования себестоимости материально-производственных запасов, анализируется порядок формирования чистой возможной цены продажи в отношении материальных запасов. Также формируется состав расходов относительно Международного стандарта финансовой отчетности 2 «Запасы» и ФСБУ 5/2019 «Запасы». Приводится определение различий и по части применения стандартов организациями агропромышленного сектора экономики. Представлены определенные случаи, в рамках которых ФСБУ 5/2019 «Запасы» дает возможность аграрному экономическому субъекту самостоятельно решать, стоит ли применять данный стандарт или нет, в то время как МСФО (IAS) 2 не дает такой возможности выбора. Затрагиваются вопросы, связанные с применением учетной политики экономических субъектов. В частности, в учетной политике необходимо будет скорректировать состав материально-производственных запасов, правила их оценки при признании и последующей оценки с учетом утвержденных изменений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: запасы, агропромышленный комплекс, материальные запасы, себестоимость, чистая цена возможной продажи, метод оценки запасов, активы.

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF RAS 5/2019 INVENTORIES AND IAS 2 INVENTORIES AS A BASIS FOR DEVELOPMENT OF THE ACCOUNTING PROCEDURES OF ORGANIZATIONS WITHIN AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

**Svetlana N. Kovalenko
Yulia N. Kovalenko**

Plekhanov Russian University of Economics

The authors present a comparative characteristic of RAS 5/2019 Inventories and IAS 2 Inventories, performed in order to identify similarities and distinctive features. The structure and content of international and Russian accounting standards are analyzed, the purpose of the documents under study and the grounds for their development are determined, as well as the rules for conducting the accounting process in organizations of the agro-industrial sector of the economy in the context of inventory accounting. The comparison is carried out by studying the basic structure of the content of international and Russian standards for organizations of the agro-industrial sector. In particular, the method of estimating inventories for each of the above standards is considered, and a comparative characteristic is presented, similarities and differences in the principles of forming the cost of inventories are given, the procedure for forming net realisable value in relation to inventories is analyzed. The composition of expenses in relation to the International Accounting Standard 2 Inventories and RAS 5/2019 Inventories is also being formed. The definition of differences in the application of standards by organizations of the agro-industrial sector of the economy is also given. Certain cases are presented in which

RAS 5/2019 Inventories allows an agricultural economic entity to independently decide whether to apply this standard or not, while IAS 2 Inventories does not give such a choice. The issues related to the application of accounting policies of economic entities are touched upon. In particular, the accounting policy will need to adjust the composition of inventory, the rules for their evaluation at recognition and subsequent evaluation, taking into account the approved changes.

KEYWORDS: inventories, Agro-Industrial Complex, material inventories, cost, net realisable value, inventory valuation, assets.

В современных условиях ведения хозяйственной деятельности возникла необходимость приведения российской системы бухгалтерского учета в соответствие с международными стандартами финансовой отчетности (МСФО).

Следует указать на тот факт, что вступление в действие ФСБУ 5/2019 «Запасы», по сути, приводит к отмене нормативно-методических документов, которые до настоящего времени вместе с Положением по бухгалтерскому учету 5/01 использовались для ведения учетного процесса материальных запасов, в том числе в организациях агропромышленного сектора. Указанный факт предполагает, на наш взгляд, серьезную корректировку внутренней распорядительной документации организаций агропромышленного сектора.

При этом сама идея формируется в установлении, по большому счету, новых параметров учетного процесса запасов в агропромышленном секторе экономики, в наибольшей степени соответствующих требованиям Международного стандарта бухгалтерского учета 2 «Запасы», что в конечном итоге должно привести к повышению достоверности бухгалтерской (финансовой) отчетности агропромышленных организаций. Вместе с тем в налоговом учете сырья, материалов, комплектующих, канцелярских принадлежностей и прочих активов в связи со вступлением в силу ФСБУ 5/2019 ничего не меняется [7].

В ходе исследования рассмотрен ФСБУ 5/2019 «Запасы», разработанный на основе МСФО (IAS) 2 «Запасы», который был введен в действие на территории Российской Федерации в декабре 2015 года. ФСБУ 5/2019 «Запасы» является заменой Положению по бухгалтерскому учету (ПБУ 5/01) «Учет материально-производственных запасов» и нацелен на сближение российского и зарубежного способов учета по части запасов в установлении, по большому счету, новых параметров учетного процесса запасов в агропромышленном секторе экономики.

Проанализированы законодательные и нормативные акты [3, 6, 7, 8], а также научные труды отечественных экономистов разных областей, затрагивающие вопросы учета материально-производственных запасов в агропромышленном секторе экономических взаимодействий, в частности, стандартизации учетного процесса [2, 5, 9, 10], понимания порядка формирования учетной политики [4].

Запасы являются самой значительной статьей оборотных активов как производственных, так и коммерческих компаний, которые представляют собой второй по важности раздел полного бухгалтерского баланса.

ФСБУ 5/2019 «Запасы» устанавливает требования к формированию в бухгалтерском учете информации о запасах организации. Запасами в данном случае считаются активы, потребляемые или продаваемые в рамках обычного операционного цикла организации, либо используемые в течение периода не более одного года.

Запасами, в частности, являются:

а) сырье, материалы, топливо, запасные части, комплектующие изделия, покупные полуфабрикаты, предназначенные для использования при производстве продукции, выполнении работ, оказании услуг;

б) инструменты, инвентарь, специальная одежда, специальная оснастка (специальные приспособления, специальные инструменты, специальное оборудование), тара и другие аналогичные объекты, используемые при производстве продукции, продаже то-

варов, выполнении работ, оказании услуг, за исключением случаев, когда указанные объекты считаются для целей бухгалтерского учета основными средствами;

в) готовая продукция (конечный результат производственного цикла, активы, законченные обработкой (комплектацией), технические и качественные характеристики которых соответствуют условиям договора или требованиям иных документов, в случаях, установленных законодательством), предназначенная для продажи в ходе обычной деятельности организации;

г) товары, приобретенные у других лиц и предназначенные для продажи в ходе обычной деятельности организации;

д) готовая продукция, товары, переданные другим лицам в связи с продажей до момента признания выручки от их продажи;

е) затраты, понесенные на производство продукции, не прошедшей всех стадий (фаз, переделов), предусмотренных технологическим процессом, изделия неукomплектованные, не прошедшие испытания и техническую приемку, а также затраты, понесенные на выполнение работ, оказание услуг другим лицам до момента признания выручки от их продажи;

ж) объекты недвижимого имущества, приобретенные или созданные (находящиеся в процессе создания) для продажи в ходе обычной деятельности организации;

з) объекты интеллектуальной собственности, приобретенные или созданные (находящиеся в процессе создания) для продажи в ходе обычной деятельности организации.

Разработка ФСБУ 5/2019 основывалась на положениях МСФО 2 с целью сближения международных и российских стандартов [5]. Этим и обусловлено наличие у обоих стандартов схожих характеристик, которые следует рассмотреть прежде, чем перейти к основным различиям. Первой наиболее очевидной общей чертой ФСБУ и МСФО является идентичный объект для применения, а именно запасы.

Однако МСФО 2 обращает внимание на рассмотрение не только материальных запасов, но и незавершенного производства, в связи с чем в российский стандарт ФСБУ была также внесена данная поправка.

Если говорить о принципах формирования себестоимости материально-производственных запасов, то можно заметить, что в данных стандартах указаны схожие правила формирования ее величины. Так, согласно международному стандарту в себестоимости запасов учитываются далеко не все расходы. Все скидки, различные уступки, торговые уценки и другие подобные статьи, как правило, не включены в состав себестоимости, поскольку не связаны с производством [2]. Их учет осуществляется отдельно. Сравнивая ФСБУ 5/2019 и МСФО 2, можно заметить схожее представление о себестоимости запасов по ФСБУ. В частности, стандарт не предусматривает включение в себестоимость материально-производственных запасов абсолютно всех понесенных затрат. Так, например, в расчет не берутся управленческие расходы организации [1].

В МСФО 2 «Запасы» отражается порядок учета всех запасов, за исключением следующих:

- незавершенное производство, возникающее по договорам на строительство;
- финансовые инструменты;
- биологические активы, относящиеся к сельскохозяйственной деятельности, и сельскохозяйственная продукция в момент ее сбора.

Целью стандарта МСФО 2 «Запасы» является определение порядка учета запасов, при этом основным вопросом при учете запасов является определение суммы затрат, которая признается в качестве актива и переносится на будущие периоды до признания соответствующей выручки. Настоящий стандарт содержит указания по опреде-

лению первоначальной стоимости и ее последующему признанию в качестве расходов, включая любое списание до чистой возможной цены продажи. Он также содержит указания относительно формул расчета себестоимости, которые используются для отнесения затрат на запасы.

Основополагающий принцип данного стандарта – оценка запасов производится по наименьшей из двух возможных величин – себестоимости и чистой возможной цене продажи [4]. Чистая возможная цена продажи относится к чистой сумме, которую рассчитывает выручить организация от продажи запасов в ходе обычной деятельности. Справедливая стоимость отражает цену таких запасов, по которой проводилась бы обычная сделка по продаже этих же запасов на основном (или наиболее выгодном) рынке между участниками рынка на дату оценки. Первая представляет собой стоимость, специфичную для организации, последняя – нет. Чистая возможная цена продажи запасов может отличаться от справедливой стоимости за вычетом затрат на их продажу.

В рассматриваемом стандарте МСФО 2 отражается включение в себестоимость запасов некоторых затрат, в частности имеются в виду расходы на заемные средства, однако в этом случае экономический субъект должен гарантировать использование запасов в течение длительного времени или же должен впоследствии их реализовать. В свою очередь, при определении себестоимости запасов по ФСБУ 5/2019 важно также ориентироваться на долгосрочную перспективу при приобретении (создании) запасов, поэтому в себестоимость запасов, которые были приобретены или созданы, необходимо включить затраты по возможной ликвидации и затраты по эксплуатации.

Что касается последующей оценки запасов, то в обоих стандартах отмечаются схожие положения (трактовки). По рассматриваемым документам осуществлять оценку запасов необходимо либо по величине себестоимости материальных запасов, либо по чистой возможной цене продажи. Формулировка данного определения характерна, скорее, для международных стандартов. В российской практике определение было адаптировано и видоизменено в ФСБУ 5/2019 на понятие «чистая стоимость продажи». Таким образом, в обоих стандартах прописано применение правила наименьшей величины для оценки запасов [7].

В рамках рассмотрения темы стоит упомянуть создаваемый резерв под обесценение запасов. Данный резерв необходим организации в случае, когда фактическая себестоимость становится больше чистой стоимости запасов. Поэтому как ФСБУ 5/2019, так и МСФО 2 обязывают создавать необходимый резерв под обесценение материальных запасов в организациях агропромышленного сектора.

Существенным аспектом при сравнении МСФО и ФСБУ является рассмотрение способов оценки запасов. Для удобства могут использоваться такие методы оценки стоимости запасов, как метод учета по нормативным затратам или метод учета по розничным ценам, если результаты их применения примерно соответствуют значению себестоимости. Нормативные затраты учитывают нормальные уровни потребления сырья и материалов, труда, эффективности и производительности. Они регулярно анализируются и при необходимости пересматриваются с учетом текущих условий. Метод розничных цен часто используется в розничной торговле для оценки запасов, состоящих из большого количества быстро меняющихся статей с одинаковой нормой прибыли, в отношении которых практически неосуществимо использовать прочие методы определения себестоимости. Себестоимость единицы запасов определяется путем уменьшения цены продажи данной единицы запасов на соответствующий процент валовой маржи. При определении величины используемого процента учитываются запасы, стоимость которых была уменьшена до уровня ниже их первоначальной цены продажи. Часто используется среднее значение процента для каждого отдела розничной торговли.

Особое внимание в стандартах уделено методам оценки себестоимости.

Себестоимость статей запасов, которые обычно не являются взаимозаменяемыми, а также товаров или услуг, произведенных и выделенных для конкретных проектов, должна определяться по себестоимости каждой единицы. Метод себестоимости каждой единицы предполагает, что понесенные затраты относятся на установленные единицы запасов. Этот порядок учета подходит для единиц, выделенных для конкретных проектов, вне зависимости от того, были ли они куплены или же произведены.

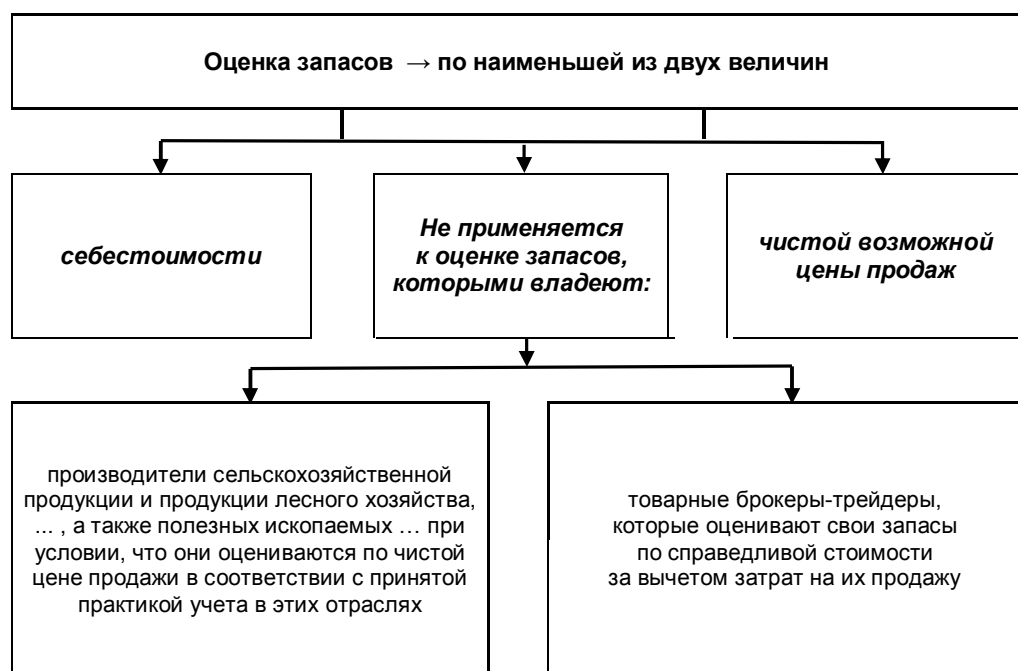
Себестоимость запасов может определяться по формуле «первое поступление – первый отпуск» (ФИФО) или средневзвешенной стоимости. Организация должна использовать одну и ту же формулу расчета себестоимости для всех запасов, имеющих сходные свойства и характер использования организацией. Применительно к запасам с несходными свойствами или характером использования может быть оправданно применение разных формул расчета себестоимости.

Формула ФИФО исходит из допущения, что те единицы запасов, которые были куплены или произведены первыми, будут проданы первыми, и что, соответственно, те статьи, которые остаются в запасах на конец периода, были куплены или произведены последними. Согласно формуле расчета по средневзвешенной стоимости себестоимость каждой статьи определяется на основе средневзвешенного значения себестоимости аналогичных статей на начало периода и себестоимости аналогичных статей, купленных или произведенных в течение периода. Среднее значение может рассчитываться на периодической основе или при получении каждой новой партии в зависимости от специфики деятельности организации.

Тем не менее, несмотря на то что ФСБУ 5/2019 «Запасы» был разработан на основе МСФО (IAS) 2 «Запасы», наблюдаются некоторые различия.

Метод оценки запасов по-разному влияет на конечную стоимость запасов, стоимость проданных товаров, финансовое положение организаций (в том числе и агропромышленного сектора) и показатели отчета о финансовых результатах. Что касается применения ФСБУ 5/2019, то нет никаких исключений, действие стандарта распространено на оценку всех запасов.

Однако следует добавить, что в отличие от ФСБУ 5/2019 МСФО 2 не применяется к оценке запасов в двух случаях, которые описаны в п. 3 (а) и (b) (см. рис.).



Оценка запасов по МСФО (IAS) 2 «Запасы»

Также важно отметить, что затраты, которые не учитываются в себестоимости запасов, в ФСБУ и МСФО различаются.

В соответствии с МСФО 2 прочие затраты включаются в себестоимость запасов только в той мере, в какой они были понесены для обеспечения текущего местонахождения и состояния запасов. Например, может быть целесообразным включение в себестоимость запасов непроизводственных накладных расходов или затрат по разработке продуктов для конкретных клиентов. В российском стандарте это определено иначе, то есть включены необходимые затраты, которые влияют на поддержание запасов в пригодном состоянии [8].

Примерами затрат, не включаемых в себестоимость запасов и признаваемых в качестве расходов в период возникновения, в соответствии с МСФО 2, являются:

- сверхнормативные потери сырья, затраченного труда или прочих производственных затрат;
- затраты на хранение, если только они не требуются в процессе производства для перехода к следующей стадии производства;
- административные накладные расходы, которые не способствуют обеспечению текущего местонахождения и состояния запасов; и
- затраты на продажу.

В себестоимость приобретаемых (создаваемых) запасов, в соответствии с ФСБУ 5/2019, не включаются:

- затраты, возникшие в связи со стихийными бедствиями, пожарами, авариями и другими чрезвычайными ситуациями;
- управленческие расходы, кроме случаев, когда они непосредственно связаны с приобретением (созданием) запасов;
- расходы на хранение запасов, за исключением случаев, когда хранение является частью технологии подготовки запасов к потреблению (продаже, использованию) или обусловлено условиями приобретения (создания) запасов;
- иные затраты, осуществление которых не является необходимым для приобретения (создания) запасов.

Кроме того, в соответствии с ФСБУ 5/2019 в фактическую себестоимость незавершенного производства и готовой продукции не включаются:

- затраты, возникшие в связи с ненадлежащей организацией производственного процесса (сверхнормативный расход сырья, материалов, энергии, труда, потери от простоев, брака, нарушений трудовой и технологической дисциплины);
- затраты, возникшие в связи со стихийными бедствиями, пожарами, авариями и другими чрезвычайными ситуациями;
- обесценение других активов независимо от того, использовались ли эти активы в производстве продукции, выполнении работ, оказании услуг;
- управленческие расходы, кроме случаев, когда они непосредственно связаны с производством продукции, выполнением работ, оказанием услуг;
- расходы на хранение, за исключением случаев, когда хранение является частью технологии производства продукции (выполнения работ, оказания услуг);
- расходы на рекламу и продвижение продукции;
- иные затраты, осуществление которых не является необходимым для осуществления производства продукции, выполнения работ, оказания услуг.

Следует отметить различия в связи с применением стандартов агропромышленными организациями. В определенных случаях (микропредприятия, за исключением микропредприятий, которые не вправе применять упрощенные способы ведения бух-

галтерского учета, включая упрощенную бухгалтерскую (финансовую) отчетность), а также предприятия, которые приняли решение не использовать стандарт по отношению к материальным запасам, предназначенным для управленческих нужд в рамках условий, прописанных в ФСБУ. ФСБУ 5/2019 дает возможность предприятию самостоятельно решать, стоит ли применять данный стандарт или нет, а МСФО (IAS) 2, в свою очередь, обязывает к применению и не дает такой возможности.

В соответствии с ФСБУ 5/2019 себестоимость запасов рассчитывается одним из следующих способов:

- а) по себестоимости каждой единицы;
- б) по средней себестоимости;
- в) по себестоимости первых по времени поступления единиц (способ ФИФО).

Себестоимость запасов, которые не могут обычным образом заменять друг друга, а также запасов, учитываемых в специальном порядке, рассчитывается в отношении каждой единицы учета запасов. Способ по средней себестоимости предполагает расчет себестоимости единицы учета запасов путем деления общей себестоимости вида запасов на их количество, складывающихся соответственно из себестоимости и количества остатка на начало периода (месяц или другой, определенный организацией период) и поступивших запасов в течение данного периода. Средняя себестоимость может рассчитываться периодически через равные интервалы времени либо по мере поступления каждой новой партии запасов. Способ ФИФО основан на допущении, что запасы используются в последовательности их поступления, то есть запасы, первыми поступающие в производство (продажу), должны быть оценены по себестоимости первых по времени приобретений. При применении этого способа оценка имеющихся в наличии на отчетную дату запасов соответствует оценке последних по времени поступивших запасов (ФСБУ 5/2019) [9].

Выводы

В настоящее время система бухгалтерского учета в России претерпевает существенные изменения. Образцом для разработки новых ФСБУ стали международные стандарты, что позволило заметно приблизить отечественную систему учета с международной.

Анализ рассмотренных ФСБУ 5/2019 «Запасы» и МСФО 2 «Запасы» выявил сходства и различия приведенных стандартов в разрезе формирования себестоимости запасов, оценки запасов и их учета. При этом следует констатировать максимальную адаптацию ФСБУ под МСФО по учету материальных запасов агропромышленными организациями.

Однако международный стандарт подразумевает более детальное отражение запасов в бухгалтерском учете и дает больше рекомендаций по вопросам восстановления списанных запасов. Применение нового ФСБУ, ориентированного на международные стандарты, позволит хозяйствующим субъектам наиболее точно и достоверно отразить информацию о запасах, а также выявить возможные ошибки в учете и составить наиболее точную финансовую отчетность.

Поэтому в силу относительно недавнего утверждения ФСБУ сотрудникам бухгалтерских служб во всех отраслях на предприятиях любого масштаба рекомендуется относиться с должной ответственностью к нововведению и внимательно изучить процесс учета материальных запасов, особенно это относится к формированию правильного понимания, какие статьи затрат можно включить в себестоимость, а какие нельзя, как корректно оценить запасы и в каких случаях разрешено не применять МСФО и ФСБУ сотрудникам агропромышленных организаций.

Библиографический список

1. Долгова Ю.В. Материально-производственные запасы (МПЗ): учет и оценка / Ю.В. Долгова // Молодой ученый. – 2017. – № 1 (135). – С. 159–161.
2. Ивановская А.В. Концепция формирования учетной информации о материально-производственных запасах в системе российских и международных стандартов финансовой отчетности / А.В. Ивановская, Е.В. Ершова // Вектор экономики. – 2020. – № 11 (53). – С. 3.
3. Международный стандарт финансовой отчетности (IAS) 2 «Запасы» : Приказ Минфина России от 28.12.2015 г. № 217н [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.minfin.ru/common/upload/library/no_date/2013/ias_02.pdf (дата обращения: 01.04.2021).
4. Меняем учетную политику под новый стандарт запасов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://xn--7sbrkkdieibj5b1g.xn--p1ai/bukhgalterskaya-praktika/884-menyaem-uchetnuyu-politiku-pod-novyy-standart-zapasov> (дата обращения: 08.04.2021).
5. Никитина Н.Н. Сравнительная характеристика МСФО (IAS) 2 «Запасы», ПБУ 5/01 «Учет материально-производственных запасов» и ФСБУ «Запасы» / Н.Н. Никитина, В.А. Шангин // Аллея науки – 2019. – Т. 2, № 2 (29). – С. 258–262.
6. Об утверждении Федерального стандарта бухгалтерского учета ФСБУ 5/2019 «Запасы» : Приказ Минфина России от 15.11.2019 № 180н (вместе с ФСБУ 5/2019 ...) (Зарегистрировано в Минюсте России 25.03.2020 № 57837) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_348523/ (дата обращения: 01.04.2021).
7. О признании расходов при методе начисления для целей налогообложения прибыли : Письмо Департамента налоговой политики Минфина России от 30 октября 2020 г. № 03-03-06/1/95824 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74783938/> (дата обращения: 08.04.2021).
8. Проект федерального стандарта бухгалтерского учета «Запасы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://bmcenter.ru/Files/proekt_FSBU_Zapasy (дата обращения: 01.04.2021).
9. Разъяснения по обязательному применению ФСБУ 5/2019 «Запасы» с 2021 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://buhexpert8.ru/obuchenie-1s/1s-buhgalteriya-8-3/razyasneniya-po-obyazatelnomu-primeneniyu-fsbu-5-2019-zapasy-s-2021-goda.html> (дата обращения: 08.04.2021).
10. Солдаткина О.А. Актуальные вопросы формирования информации о запасах по российским и международным требованиям / О.А. Солдаткина // Вестник Хабаровского государственного университета экономики и права. – 2020. – № 1–2 (102–103). – С. 37–43.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ
Принадлежность к организации

Светлана Николаевна Коваленко – кандидат экономических наук, доцент базовой кафедры финансового контроля, анализа и аудита Главного контрольного управления города Москвы ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», Россия, г. Москва, e-mail: Kovalenko.SN@rea.ru.

Юлия Николаевна Коваленко – кандидат экономических наук, доцент базовой кафедры финансового контроля, анализа и аудита Главного контрольного управления города Москвы ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», Россия, г. Москва, e-mail: yuliya.severina@gmail.com.

Дата поступления в редакцию 27.08.2021

Дата принятия к печати 29.09.2021

AUTHOR CREDENTIALS
Affiliations

Svetlana N. Kovalenko, Candidate of Economic Sciences, Docent, Academic Department of Financial Control, Analysis and Audit of the Office of the Controller General of Moscow, Plekhanov Russian University of Economics, Russia, Moscow, e-mail: Kovalenko.SN@rea.ru.

Yulia N. Kovalenko, Candidate of Economic Sciences, Docent, Academic Department of Financial Control, Analysis and Audit of the Office of the Controller General of Moscow, Plekhanov Russian University of Economics, Russia, Moscow, e-mail: yuliya.severina@gmail.com.

Received August 27, 2021

Accepted after revision September 29, 2021

ПРОБЛЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ НА ЭТАПЕ РЕФОРМИРОВАНИЯ

**Наталья Викторовна Ершова¹
Валерий Николаевич Баринов²
Наталья Игоревна Трухина²
Геннадий Алексеевич Калабухов^{2, 3}
Сергей Андреевич Галкин⁴**

¹Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

²Воронежский государственный технический университет

³Управление Федеральной службы государственной регистрации,
кадастра и картографии по Воронежской области (Росреестр)

⁴Центр государственной кадастровой оценки Воронежской области

Государственная кадастровая оценка земель проводится с целью внедрения экономических методов управления земельными ресурсами и повышения эффективности их использования, поскольку пополнение доходной части бюджета налогами на имущество возможно лишь при реализации одного из принципиальных положений системы управления земельными ресурсами – платности землепользования. В настоящее время в Российской Федерации проходит очередной процесс реформирования расчета налогооблагаемой базы объектов недвижимости. Он связан с введением государственного института кадастровых оценщиков. В субъектах РФ созданы и приступили к работе государственные бюджетные учреждения (ГБУ), наделенные полномочиями осуществлять кадастровую оценку. Проведены первые этапы работы по определению кадастровой стоимости земель населенных пунктов, водного и лесного фондов. Она проводится методом массовой оценки, которая опирается на единую методологию с использованием стандартизированного программного обеспечения. Единство технологии государственной кадастровой оценки на территории страны позволит обеспечивать преемственность, непредвзятость, эффективность, сопоставимость результатов в целом. Анализ законодательства и результатов работ, проведенных в Воронежской области, свидетельствуют о существовании целого ряда проблем, влияющих на достоверность результатов кадастровой оценки. При этом все проблемы, возникающие при определении кадастровой стоимости, сводятся к основной и наиболее острой – информационному обеспечению процесса государственной кадастровой оценки. Основным источником данных для оценки служит кадастр недвижимости, к полноте и актуальности которого есть вопросы. Такая ситуация порождает судебные разбирательства в части оспаривания результатов государственной кадастровой оценки. Решать проблемы необходимо комплексно, в тесной связи с Росреестром, функцией которого является ведение единого государственного реестра объектов недвижимости.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: государственная кадастровая оценка, государственные бюджетные учреждения, земельный фонд, категории земель, виды разрешенного использования.

PROBLEMS OF STATE CADASTRAL VALUATION OF LAND PLOTS AT THE STAGE OF REFORMS

**Natalia V. Ershova¹
Valeriy N. Barinov²
Natalia I. Trukhina²
Gennadiy A. Kalabukhov^{2, 3}
Sergey A. Galkin⁴**

¹Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

²Voronezh State Technical University

³Department of the Federal Service for State Registration,
Cadastre and Cartography of Voronezh Oblast (Rosreestr)

⁴Center of State Cadastral Valuation of Voronezh Oblast

State cadastral valuation of land is performed in order to implement the economic methods of land management and increase their efficiency, since the replenishment of revenues to the budget with property taxes is possible only when one of the fundamental provisions of land management system (i.e. payment for land use) is realized. At present the Russian Federation is undergoing another process of reforming the calculation of taxable base of real estate objects. It is associated with the introduction of state institute of cadastral assessors. Constituent entities of the Russian Federation have created and launched State Budgetary Institutions (SBI) authorized to perform cadastral valuation. They have carried out first stages of works to determine the cadastral value of land in populated places, under water and forest resources. Cadastral valuation is performed by the mass assessment method, which is based on a unified methodology using standardized software. The unity of technology of state cadastral valuation on the territory of the country will ensure continuity, impartiality, efficiency, and comparability of results in general. The analysis of legislation and results of work performed in Voronezh Oblast indicate the existence of a number of problems that affect the reliability of results of cadastral valuation. At the same time, all the problems that arise when determining the cadastral value can be reduced to the main and most acute problem of information support of the state cadastral valuation process. The main source of data for valuation is the real estate cadastre, the completeness and relevance of which is debatable. This situation gives rise to litigation cases in respect of appealing the results of state cadastral valuation. Problems should be solved comprehensively, in close connection with Rosreestr (the Federal Service for State Registration, Cadastre and Cartography), the function of which is to maintain the unified state register of real estate objects.

KEYWORDS: state cadastral valuation, State Budgetary Institutions, land fund, land categories, types of permitted use.

Система государственной кадастровой оценки в Российской Федерации с момента ее создания уже претерпела большие изменения и по-прежнему находится на этапе становления, о чем свидетельствуют масштабные реформы законодательства в этой сфере.

Процесс совершенствования самой процедуры государственной кадастровой оценки сегодня идет полным ходом. С учетом правоприменительной практики в действующее законодательство постоянно вносятся поправки, призванные обеспечить прозрачность любых процедур, относящихся к определению справедливой кадастровой стоимости объектов недвижимости, принадлежащих как юридическим, так и физическим лицам.

Анализируя нормативно-правовое обеспечение процесса государственной кадастровой оценки, условно можно выделить четыре группы законодательных актов (рис. 1).



Рис. 1. Нормативно-правовое обеспечение процесса государственной кадастровой оценки

Законодательные акты, отнесенные к первой группе (Земельный, Градостроительный, Гражданский и Налоговый кодексы), определяют:

- правовой статус объектов недвижимости;
- значение основных сведений объектов недвижимости, таких как форма собственности, категория земель, угодья, вид разрешенного использования;
- технологию обеспечения оборота объектов недвижимости;
- порядок налогообложения объектов недвижимости.

К нормативным документам второй группы относятся Федеральный закон «О государственной регистрации недвижимости» от 13.07.2015 № 218-ФЗ [7] и законодательные акты Правительства РФ, Минэкономразвития РФ и Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии, в ведении которой находятся функции по государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним.

В третьей группе находятся законодательные акты в области оценочной деятельности, так называемые стандарты оценки. Среди них есть документы общего характера, определяющие общие понятия, цели, задачи и подходы к оценке, а также отдельный стандарт, посвященный кадастровой оценке (ФСО № 4 «Определение кадастровой стоимости», утвержденный Приказом Минэкономразвития РФ от 22.07.2015 № 388) [9].

Четвертая группа – это федеральные законы, нормативные документы Правительства и ведомственные материалы, определяющие порядок проведения государственной кадастровой оценки, утверждение и использование ее результатов, методические указания по государственной кадастровой оценке. К данной группе можно отнести нормативные документы, регламентирующие процесс оспаривания результатов оценки.

Самые существенные изменения за последнее десятилетие произошли в нормативных документах второй и четвертой групп. Последним, наиболее масштабным событием в этой сфере стало принятие Федерального закона от 03.07.2016 № 237-ФЗ «О государственной кадастровой оценке» [6]. Это говорит о том, что предыдущая система оценки, находящаяся в руках частных оценщиков, не гарантировала доверие к ней со стороны физических и юридических лиц, и законодатель продолжает искать новые правила и формы, которые бы обеспечили надежность, эффективность и прозрачность проведения кадастровой оценки. Основной новеллой данного закона стало ведение в Российской Федерации института государственной кадастровой оценки. Также, учитывая огромное количество споров по вопросу соответствия кадастровой и рыночной стоимости, Минэкономразвития России издал Приказ от 07.06.2016 № 358 «Об утверждении методических указаний о государственной кадастровой оценке» [8].

Принятие федерального закона «О государственной кадастровой оценке» и новых методических указаний, а также их реализация, к сожалению, не решили всех проблем, связанных с подготовительным этапом, сопровождением и согласованием списков объектов и результатов государственной кадастровой оценки и проблем оспаривания кадастровой стоимости.

Анализ правоприменительной практики и правовой базы, которая применяется при оспаривании результатов кадастровой стоимости объектов недвижимости, включая земельные участки, выявил наличие противоречий в содержании действующего законодательства и существующей практики оспаривания кадастровой стоимости. Преобладающей причиной, по которой правообладателям земельных участков приходится оспаривать результаты кадастровой оценки в специальных комиссиях, а чаще в суде, является несоответствие результатов рыночной и кадастровой оценки, что определяется существенными различиями в способах оценки. Если в первом случае речь идет об индивидуальном определении стоимости, то во втором, известно, что определение кадастровой стоимости носит массовый характер.

Правообладатель земельного участка имеет право подать заявление о пересмотре кадастровой стоимости в Комиссию по рассмотрению споров о результатах определения кадастровой стоимости во временной отрезок начиная с даты внесения в Единый государственный реестр недвижимости данных результатов до даты внесения в реестр результатов, проведения очередной оценки или ее актуализации, но не позднее чем в течение 5 лет с даты внесения в ЕГРН оспариваемых результатов. То есть, чтобы оспорить результат, у юридических и физических лиц есть срок в 5 лет. Однако на практике два года из этого срока теряются: год, в который проводится оценка, и год, в который налоговая база еще не пересчитана, поскольку налог на недвижимое имущество будет пересчитываться только через год после утверждения [4]. При этом не стоит забывать, что с 1 января 2022 г. периодичность проведения государственной кадастровой оценки составит 4 года, а города федерального значения смогут сократить этот срок вдвое.

Кроме того, как показывает практический опыт, нередко возникает следующая ситуация. Собственники земельных участков обращаются с заявлением об установлении кадастровой стоимости в размере рыночной. Например, в отношении земельного участка с кадастровым номером, согласно решению областного суда, кадастровая стоимость установлена в размере его рыночной стоимости, согласно сведениям Публичной кадастровой карты [12] указанная кадастровая стоимость внесена в сведения ЕГРН.

Государственная кадастровая оценка земельного участка с кадастровым номером проведена по состоянию на 01.01.2020 г. Прилагаемое к заявлению решение суда вступило в силу после 01.01.2020 г., т. е. после даты, по состоянию на которую проводилась государственная кадастровая оценка, следовательно, оно не могло быть учтено при оценке.

Для пересчета объектов недвижимости, в сведения ЕГРН о которых внесены изменения с 1 января года проведения ГКО, до даты начала применения кадастровой стоимости (в течение 2020 г.), в ГБУ передается перечень вновь учтенных, ранее учтенных объектов недвижимости. Однако в соответствии с п. 10 Приказа Росреестра от 06.08.2020 № П/0283 «Об утверждении порядка формирования и предоставления перечней объектов недвижимости» и с п. 1 ч. 5 ст. 8 Федерального закона от 13.07.2015 г. № 218-ФЗ «О государственной регистрации недвижимости» [8] в перечень вновь учтенных, ранее учтенных объектов недвижимости не включаются объекты, в отношении которых за указанный период изменилась кадастровая стоимость. В связи с этим в предоставленных ФГБУ «ФКП Росреестра» перечнях объектов недвижимости, характеристики которых изменились, сведения о земельном участке отсутствуют. Таким образом, основания для пересчета кадастровой стоимости отсутствуют. Кроме проблем оспаривания результатов оценки существует и ряд других, частично унаследованных из периода, когда кадастровой оценкой занимались частные оценочные фирмы [5, 13].

Отметим наиболее, по нашему мнению и мнению исследователей и практиков в этой области [1, 2, 14, 15], существенные проблемы.

1. Проблемы, связанные с организацией ГБУ в субъектах Российской Федерации, штатной численностью, отсутствием требований к сотрудникам, недостаточным уровнем финансирования работы ГБУ.

2. Проблемы, связанные с информационным обеспечением оценки:

- недостаток рыночной информации;
- отсутствие информации в отношении инженерного обеспечения объектов, подлежащих оценке;
- противоречивость сведений ЕГРН;
- отсутствие взаимодействия с органами местного самоуправления в части предоставления сведений.

3. Проблемы методического обеспечения процесса оценки.

4. Проблемы неразвитости рынка недвижимости в ряде регионов.
5. Проблемы определения вида фактического использования объектов недвижимости.
6. Проблемы, связанные с формированием и согласованием Перечня объектов недвижимости, подлежащих государственной кадастровой оценке.
7. Проблемы, связанные с определением кадастровой стоимости вновь учтенных объектов недвижимости, ранее учтенных объектов недвижимости и объектов недвижимости, кадастровая стоимость которых была установлена в соответствии с Федеральным законом №135-ФЗ после проведения кадастровой оценки в соответствии с Федеральным законом № 237-ФЗ.
8. Проблемы оспаривания результатов кадастровой оценки.

Департамент имущественных и земельных отношений Воронежской области в ноябре 2020 г. утвердил результаты проведенной государственной кадастровой оценки земельных участков. Общая площадь земель Воронежской области составляет 5221,6 тыс. га. В первую очередь оценки попали земельные участки, расположенные на территории области, таких категорий, как земли лесного и водного фонда и земли населенных пунктов. Земли лесного фонда занимают 8,9% от общей площади земельного фонда области, и это вторая по площади категория земель после земель сельскохозяйственного назначения. На третьем месте – земли населенных пунктов, они занимают 8,5% в общем земельном фонде области, земли водного фонда составляют 0,3% от площади земельного фонда Воронежской области, это самая маленькая по площади категория земель [12, 13, 14] (рис. 2).

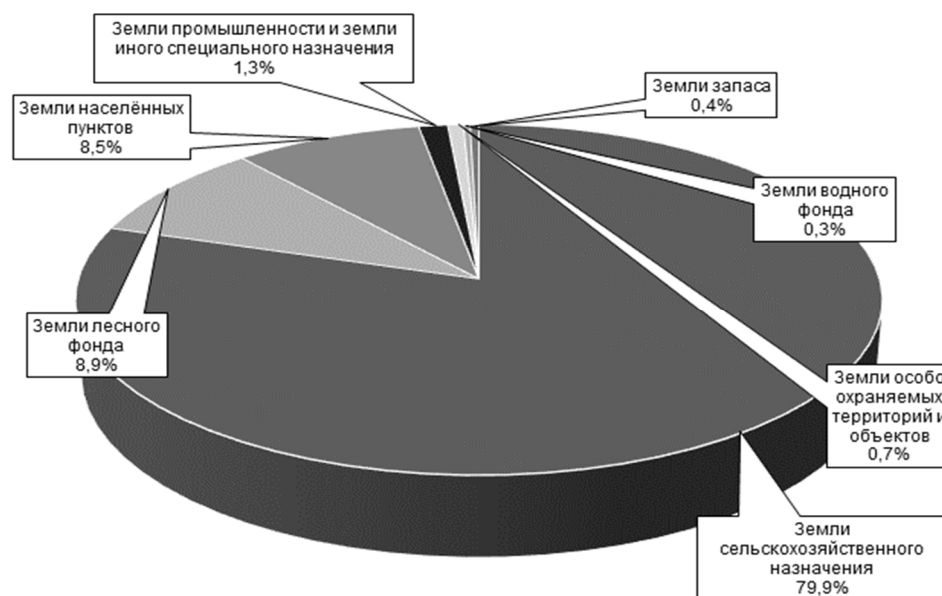


Рис. 2. Распределение земельного фонда Воронежской области по категориям земель

Как уже было сказано выше, основной особенностью кадастровой оценки земли является применение технологии массовой оценки земельных участков с учетом целевого назначения земель и их функционального использования. В соответствии с методическими указаниями о государственной кадастровой оценке (приказ Минэкономразвития России от 12 мая 2017 № 226 [6]) земельные участки группируются по кодам расчета видов использования независимо от категории земель в 14 основных сегментах:

- 1) сельскохозяйственное использование;
- 2) жилая застройка (среднеэтажная и многоэтажная);
- 3) общественное использование;

- 4) предпринимательство;
- 5) отдых (рекреация);
- 6) производственная деятельность;
- 7) транспорт;
- 8) обеспечение обороны и безопасности;
- 9) охраняемые природные территории и благоустройство;
- 10) использование лесов;
- 11) водные объекты;
- 12) специальное, ритуальное использование, запас;
- 13) садоводческое, огородническое и дачное использование, малоэтажная жилая застройка;
- 14) иное использование.

Определение кадастровой стоимости объекта недвижимости осуществляется на основе установленных для него видов использования. Такой подход предполагает, что земельный участок в соответствии со своим целевым назначением будет использоваться максимально эффективно, и определяемая кадастровая стоимость будет стремиться к своему максимальному значению.

Следует отметить, что, если в сумме по всем предыдущим методикам насчитывалось шестьдесят группировок земельных участков в разрезе кодов расчета, по новой методике расчета насчитывается двести сорок четыре кода сегментно. Наличие проблемы методического обеспечения государственной кадастровой оценки подтверждает и тот факт, что в настоящее время не разработаны отдельные методические указания и программное обеспечение по расчету кадастровой стоимости по сегментам видов использования земельных участков [3].

Общее количество земельных участков, прошедших процедуру кадастровой оценки, в Воронежской области составило 908 369, в том числе 59 объектов недвижимости водного фонда, более 12 тыс. объектов недвижимости лесного фонда, около 896 тыс. объектов недвижимости категории земель населенных пунктов. На рисунках 3, 4, 5 последовательно отражено распределение количества земельных участков из состава земель категорий водного фонда, лесного фонда и земель населенных пунктов в разрезе сегментов в процентном соотношении.

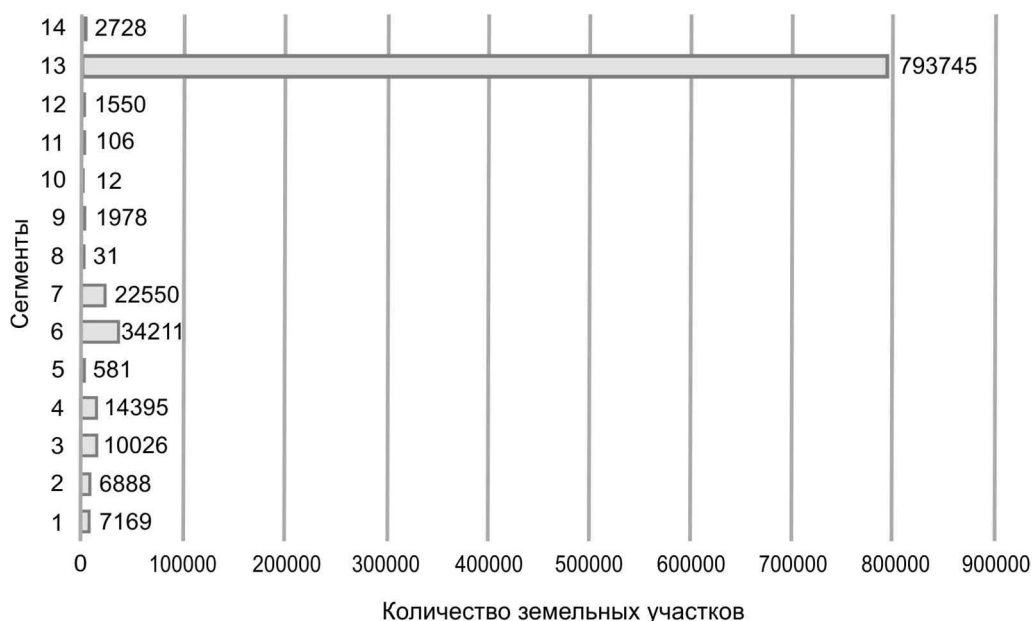


Рис. 3. Количество оцениваемых земельных участков из состава земель населенных пунктов в разрезе сегментов, шт.

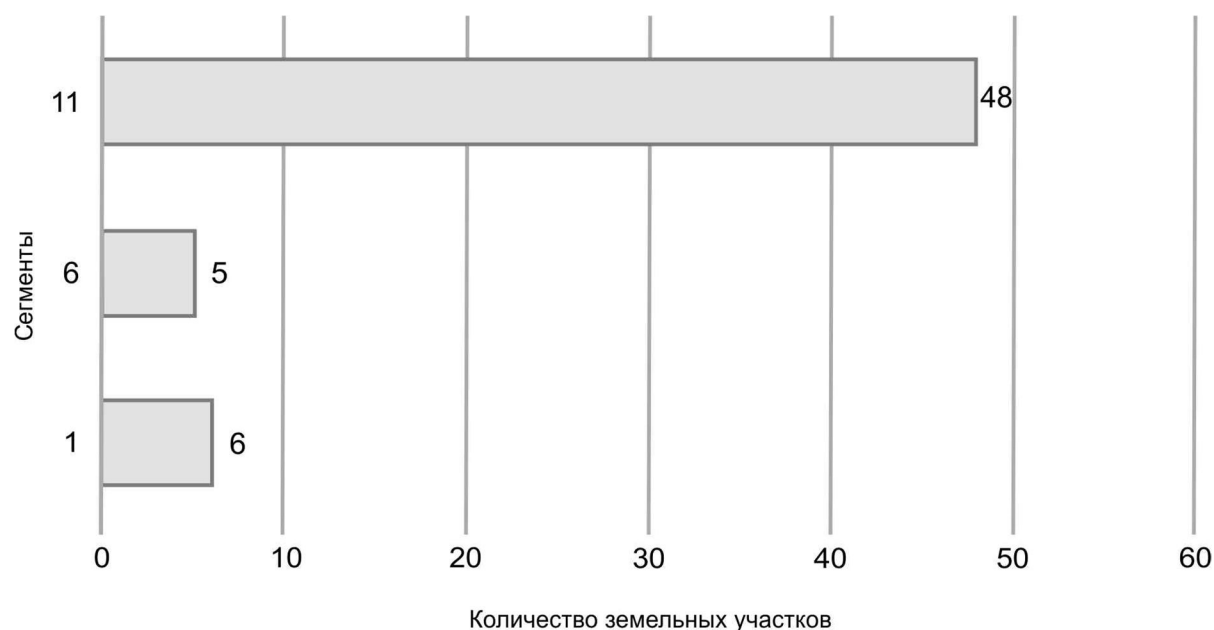


Рис. 4. Количество оцениваемых земельных участков из состава земель водного фонда в разрезе сегментов, шт.

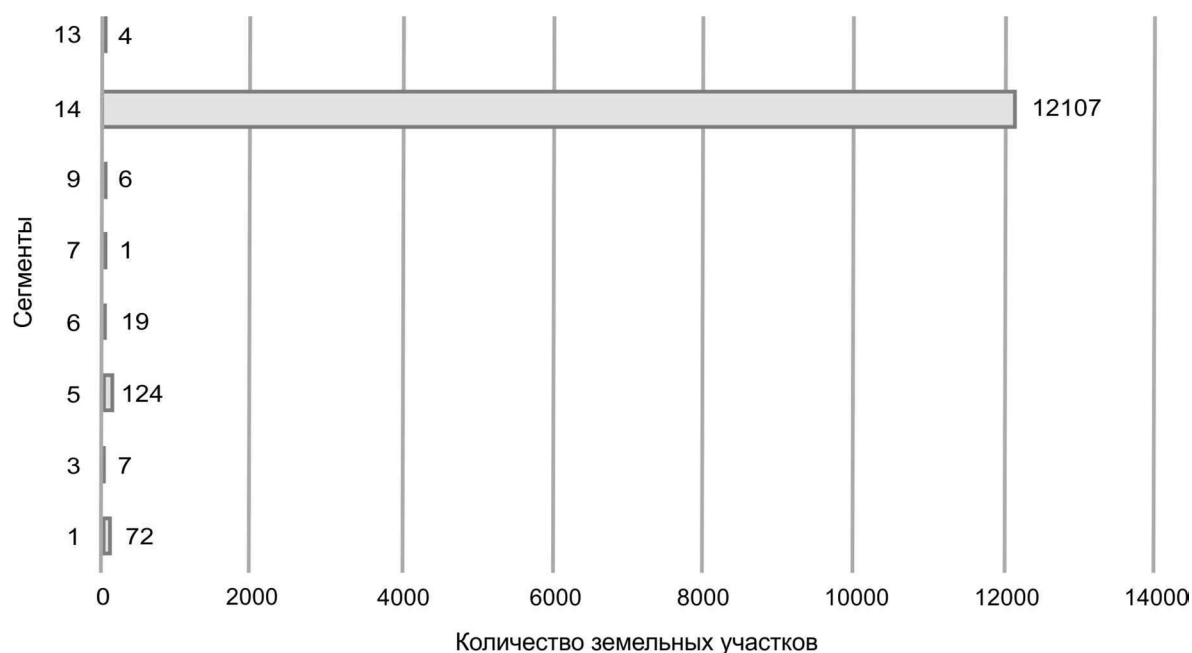


Рис. 5. Количество оцениваемых земельных участков из состава земель лесного фонда в разрезе сегментов, шт.

В категории земли населенных пунктов 89% участков относится к сегменту «Садоводство и огородничество, малоэтажная жилая застройка», в категории лесного фонда – основное количество участков относится к сегменту «Использование лесов», а в категории земли водного фонда – к сегменту «Водные объекты».

Анализируя в целом объекты исследования, важно отметить, что 98% объектов недвижимости – это земельные участки категории земель населенных пунктов. Представляется логичным, что именно земли населенных пунктов попали в первую очередь оценки, проведенной ГБУ, так как именно земли данной категории формируют около 90% налоговых сборов от земельных платежей в консолидированный бюджет субъекта Российской Федерации.

Анализ полученных результатов кадастровой оценки, проведенной в Воронежской области, заключался в сравнении полученных результатов с результатами предыдущего тура оценки [14].

Анализируя суммарную кадастровую стоимость сегмента «Сельскохозяйственное использование», можно отметить, что в разрезе муниципальных образований Воронежской области кадастровая стоимость по сравнению с предыдущим туром оценки в основном незначительно увеличилась или осталась на прежнем уровне, за исключением Богучарского, Таловского районов и г. Воронежа, где результаты оценки 2020 г. оказались ниже, чем предыдущие (в городе Воронеже в 10 раз). Такая же особенность отмечается по городу Воронежу в сегменте 6 «Производственная деятельность», результаты оценки 2020 г. оказались ниже, чем предыдущие (порядка 15%). Также результаты 2020 г. ниже предыдущих оказались по сегменту 8 «Обеспечение обороны и безопасности» в Борисоглебском районе. По всем муниципальным образованиям Воронежской области результаты 2020 г. оказались ниже по сегменту 9 «Охраняемые природные территории и благоустройство». По сегменту 10 «Использование лесов» сильно завышенными оказались результаты кадастровой оценки по Верхнемамонскому, Павловскому, Эртильскому районам. По Аннинскому району результаты предыдущего тура оценки оказались выше по сегменту 11 «Водные объекты». По сегменту 12 «Специальное ритуальное использование, запас» результаты предыдущего тура оценки выше по многим МО Воронежской области, по 13-му сегменту «Садоводство и огородничество, малоэтажная застройка» – по г. Воронежу.

В целом можно отметить, что в разрезе муниципальных образований Воронежской области кадастровая стоимость по сравнению с предыдущим туром оценки в основном незначительно увеличилась или осталась на прежнем уровне, за исключением сегмента 11 «Водные объекты» по Лискинскому району и сегмента 5 «Отдых (рекреация)» по г. Воронежу.

Косвенным показателем эффективности проведенной кадастровой оценки может служить количество судебных исков о величине кадастровой стоимости, внесенной в государственный кадастр недвижимости [14] (рис. 6).

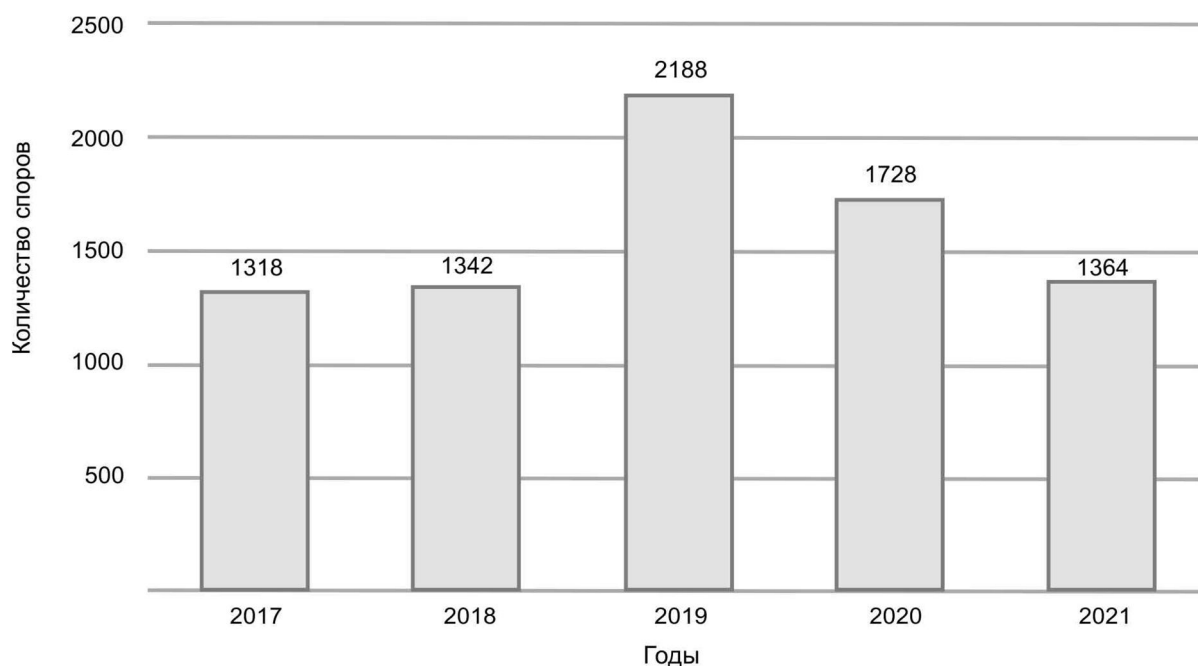


Рис. 6. Количество споров о величине кадастровой стоимости, внесенной в государственный кадастр недвижимости, шт./мес.

Наиболее показательный период – 2019–2020 гг., когда система кадастровой оценки трансформировалась и было принято решение о переходе на государственную кадастровую оценку. Количество споров начиная с 2020 г. (момент перехода) снижается. Несмотря на это за последние три года все еще наблюдается существенное падение суммарной величины кадастровой стоимости в отношении объектов недвижимости, по которым были приняты решения.

Проведенные исследования и расчеты позволили сделать следующие выводы.

1. Очередной этап реформирования института кадастровой оценки связан, в том числе, с переходом на взимание налога на имущество. При этом повышаются требования к актуальности и достоверности результатов кадастровой оценки. Поскольку опыт передачи процедуры кадастровой оценки частным оценщикам оказался неудачным, государство решило принять прямое участие в определении налогооблагаемой базы объектов недвижимости.

2. Создан и приступил к работе институт государственных кадастровых оценщиков, полномочиями по определению кадастровой стоимости наделены государственные бюджетные учреждения (ГБУ). Предполагается, что это позволит в будущем избежать серьезных социальных конфликтов.

3. Изменение законодательства и методических подходов в области кадастровой оценки, к сожалению, не позволило избежать основных проблем, связанных, в том числе, с обеспечением процедуры государственной кадастровой оценки достоверными исходными данными.

4. Совершенствование государственной кадастровой оценки должно лежать в плоскости повышения эффективности взаимодействия с Росреестром, улучшения информационного, методического, программного и нормативного обеспечения процесса государственной кадастровой оценки.

Библиографический список

1. Варламов А.А. Проблемы развития современных российских кадастровых систем в сфере недвижимости / А.А. Варламов, С.А. Гальченко, Д.В. Антропов // Имущественные отношения в РФ. – 2017. – № 6 (189). – С. 42–52.
2. Ершова Н.В. Проблема фрагментарности сведений кадастра недвижимости о земельных участках различных категорий / Н.В. Ершова, А.А. Харитонов, С.С. Викин // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2018. – Т. 11, № 4 (59). – С. 229–238.
3. Жданова Р.В. Государственная кадастровая оценка земельных участков в новых условиях // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2017. – № 5. – С. 4–7.
4. Марьин Е.В. Актуальные проблемы оспаривания результатов определения кадастровой стоимости земельных участков / Е.В. Марьин // Правопорядок: история, теория, практика. – 2020. – № 2 (25). – С. 50–53.
5. Межуева Т.В. О новых правилах проведения государственной кадастровой оценки земель // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2017. – Т. 3, № 2. – С. 42–46.
6. О государственной кадастровой оценке земель: постановление Правительства Российской Федерации от 03.07.2016 № 237-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_200504/ (дата обращения: 01.09.2021).
7. О государственной регистрации недвижимости: федеральный закон от 13.07.2015 № 218-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_182661/ (дата обращения: 01.09.2021).

8. Об утверждении методических указаний о государственной кадастровой оценке: приказ Минэкономразвития России от 12.05.2017 № 226 (последняя редакция) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_217405/1cfba317e93c368b7e808fa9caa217b550814122/ (дата обращения: 01.09.2021 г.).

9. Об утверждении Федерального стандарта оценки «Определение кадастровой стоимости (ФСО № 4)»: приказ Минэкономразвития России от 22.10.2010 № 508 (последняя редакция) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/Cons_doc_LAW_113247///law (дата обращения: 17.01.2021).

10. Публичная кадастровая карта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pkk5.rosreestr.ru> (дата обращения: 01.08.2019).

11. Сайт администрации Воронежской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.govvrn.ru/> (дата обращения: 01.09.2021).

12. Сайт Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rosreestr.ru/site/> (дата обращения: 01.09.2021).

13. Симонова А.А. Проблема неполноты сведений информационного банка данных Единого государственного кадастра недвижимости / А.А. Симонова, К.В. Тихонова // Экономика и экология территориальных образований. – 2017. – № 3. – С. 123–128.

14. Трухина Н.И. Особенности механизма проведения государственной кадастровой оценки земель / Н.И. Трухина, С.А. Сидоренко, И.И. Чернышихина // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Экономика, организация и управление в строительстве. – 2011. – № 9. – С. 78–84.

15. Kharitonov A.A. Improving the technology of cadastral appraisal of agricultural lands with the account of environmental factors / A.A. Kharitonov, N.V. Ershova, S.S. Vikin. // International Science and Technology Conference «EarthScience»: IOP conference series: earth and environmental science (Russky Island, December 10–12, 2019). – IOP Publishing, 2020. – No. 022019.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Наталья Викторовна Ершова – кандидат экономических наук, доцент кафедры земельного кадастра ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: i.ershova@mail.ru.

Валерий Николаевич Барinov – доктор экономических наук, зав. кафедрой кадастра недвижимости, землеустройства и геодезии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж, e-mail: kafedravgasu@yandex.ru.

Наталья Игоревна Трухина – доктор экономических наук, профессор кафедры кадастра недвижимости, землеустройства и геодезии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, г. Воронеж, e-mail: kafedravgasu@yandex.ru.

Геннадий Алексеевич Калабухов – кандидат экономических наук, доцент кафедры кадастра недвижимости, землеустройства и геодезии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», начальник отдела землеустройства, мониторинга земель и кадастровой оценки недвижимости Управления Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Воронежской области (Росреестр), Россия, г. Воронеж, e-mail: kafedravgasu@yandex.ru.

Сергей Андреевич Галкин – ведущий аналитик отдела кадастровой оценки ГБУ Воронежской области «Центр государственной кадастровой оценки Воронежской области» (ГБУ ВО «ЦГКО ВО»), Россия, г. Воронеж, e-mail: kafedravgasu@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию 28.08.2021

Дата принятия к печати 28.09.2021

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Natalia V. Ershova, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Land Cadastre, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: i.ershova@mail.ru.

Valeriy N. Barinov, Doctor of Economic Sciences, Head of the Dept. of Real Estate Cadastre, Land Management and Geodesy, Voronezh State Technical University, Russia, Voronezh, e-mail: kafedravgasu@yandex.ru.

Natalia I. Trukhina, Doctor of Economic Sciences, Professor, the Dept. of Real Estate Cadastre, Land Management and Geodesy, Voronezh State Technical University, Russia, Voronezh, e-mail: kafedravgasu@yandex.ru.

Gennadiy A. Kalabukhov, Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Real Estate Cadastre, Land Management and Geodesy, Voronezh State Technical University, Head of Land Management, Monitoring of Lands and Cadastral Valuation of Lands Division of the Department of the Federal Service for State Registration, Cadastre and Cartography of Voronezh Oblast, Russia, Voronezh, e-mail: kafedravgasu@yandex.ru.

Sergey A. Galkin, Major Research Associate, the Dept. of Cadastral Valuation, Center of State Cadastral Valuation of Voronezh Oblast, Russia, Voronezh, e-mail: kafedravgasu@yandex.ru.

Received August 28, 2021

Accepted after revision September 28, 2021

**СОВЕТЫ ПО ЗАЩИТЕ ДОКТОРСКИХ И КАНДИДАТСКИХ ДИССЕРТАЦИЙ,
СОЗДАНИЕ НА БАЗЕ ВОРОНЕЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ ИМПЕРАТОРА ПЕТРА I**

В настоящее время на базе ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I» функционируют четыре диссертационных совета:
Д 220.010.02, Д 220.010.03, Д 220.010.04 и Д 220.010.07.

Диссертационный совет Д 220.010.02 принимает к защите диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по специальности

08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством (экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами – АПК и сельское хозяйство) (экономические науки).

Председатель – Терновых Константин Семенович, доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой организации производства и предпринимательской деятельности в АПК.

Заместитель председателя – Улезько Андрей Валерьевич, доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой информационного обеспечения и моделирования агроэкономических систем.

Ученый секретарь – Агибалов Александр Владимирович, кандидат экономических наук, доцент, зав. кафедрой финансов и кредита.

Диссертационный совет Д 220.010.03 принимает к защите диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по специальностям:

06.01.01 – Общее земледелие, растениеводство (сельскохозяйственные науки);

06.01.05 – Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений (сельскохозяйственные науки).

Председатель – Кадыров Сабир Вагидович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры земледелия, растениеводства и защиты растений.

Заместитель председателя – Дедов Анатолий Владимирович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры земледелия, растениеводства и защиты растений.

Ученый секретарь – Ващенко Татьяна Григорьевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры селекции, семеноводства и биотехнологий.

Диссертационный совет Д 220.010.04 принимает к защите диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по специальностям:

05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки, сельскохозяйственные науки);

05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве (технические науки).

Председатель – Оробинский Владимир Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей.

Заместители председателя:

Гулевский Вячеслав Анатольевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры математики и физики;

Тарасенко Александр Павлович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей.

Ученый секретарь – Афоничев Дмитрий Николаевич, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой электротехники и автоматики.

Диссертационный совет Д 220.010.07 принимает к защите диссертации на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по специальностям:

03.02.14 – Биологические ресурсы (сельскохозяйственные науки);

06.01.04 – Агрохимия (сельскохозяйственные науки).

Председатель – Мязин Николай Георгиевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии.

Заместитель председателя – Олейникова Елена Михайловна, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры земледелия, растениеводства и защиты растений.

Ученый секретарь – Стекольников Нина Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии.

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

Редакция принимает ранее не опубликованные и не направленные для публикации в другие издания материалы, содержащие результаты законченных экспериментальных, теоретических и методических исследований в различных областях сельскохозяйственных, технических и экономических наук, а также сообщения о незавершенных, но уже давших определенные результаты, научных работах.

Предлагаемые к опубликованию материалы должны соответствовать научным специальностям и отраслям наук, по которым журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий.

Статьи принимаются объемом до 20 страниц и 6 рисунков, краткие сообщения – до 5 страниц и 3 рисунков. В журнале могут быть представлены тематические или целевые публикации по материалам круглых столов и конференций, а также обзорные статьи.

Рукописи статей должны быть тщательно выверены и отредактированы, текст должен быть изложен ясно и последовательно, оригинальность текста – не менее 75% по системе Антиплагиат.

Материалы статей должны содержать:

- индекс УДК;
- название статьи на русском языке (должно быть кратким и четким);
- имя, отчество, фамилию автора / авторов на русском языке (по каждому автору с новой строки);
- полное название организации, где работает (-ют) или учится (-атся) автор (-ы), на русском языке;
- реферат на русском языке, оформленный в соответствии с ГОСТ 7.9-95 объемом от 200 до 250 слов (не более 2000 знаков с пробелами), который представляет собой краткое, точное изложение статьи в соответствии с ее структурой (предмет, цель работы, метод и методология проведения работы, результаты и область их применения, выводы). Реферат не разбивается на абзацы, содержит фактографию и обоснованные выводы;

- ключевые слова на русском языке (5–7 слов или словосочетаний).

Далее приводится следующая информация на английском языке:

- название статьи;
- имя, отчество, фамилия автора / авторов (по каждому автору с новой строки);
- полное название организации, где работает (-ют) или учится (-атся) автор (-ы);
- реферат (непроверенные машинные переводы рефератов не принимаются);
- ключевые слова.

Текст предлагаемых к публикации материалов рекомендуется структурировать, приводя соответствующий раздел либо без названия подзаголовка, либо используя следующие подзаголовки: введение, методика эксперимента, результаты и их обсуждение, выводы (заключение).

Каждая публикация должна иметь библиографический список, оформленный в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 (с изменениями), содержащий не менее 10 библиографических записей, сгруппированных в алфавитном порядке, самоцитирование – не более 20% списка. На каждый источник должна быть ссылка в тексте.

В конце статьи приводятся сведения об авторе (-ах) и принадлежность к организации на русском и английском языках (Author Credentials; Affiliation): имя, отчество и фамилия, ученая степень, ученое звание, должность, полное название места работы или учебы (с указанием кафедры или подразделения организации или учреждения), а также полный почтовый адрес и контактная информация (телефон, e-mail). Информация о каждом авторе приводится с нового абзаца на русском и английском языках (пример оформления приведен на сайте журнала).

Материалы представляются в электронном виде, подготовленном в редакторе MS Word 2010. Текст статьи должен быть набран с абзачным отступом 1,25 см, кегль 12, через одинарный интервал, выравниванием по ширине и иметь следующий размер полей: левое, правое, верхнее, нижнее – 2,5 см (формат A4). Рисунки (графический материал) должны быть выполнены в форме jpg или tif с разрешением не менее 200 dpi, обеспечивать ясность передачи всех деталей (только черно-белое исполнение). Таблицы являются частью текста и не должны создаваться как графические объекты. Полутонные фотографии могут использоваться только при крайней необходимости. Таблицы, рисунки, а также уравнения нумеруются в порядке их упоминания в тексте.

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Статьи рецензируются.

Редакторы **С.А. Дубова, Т.А. Игнатова**
Компьютерная верстка **Е.В. Корнова**

Дата выхода в свет 22.11.2021 г.

Подписано в печать 29.10.2021 г. Формат 60х84¹/₈
Бумага офсетная. Объем 24,5 п.л. Гарнитура Times New Roman.
Тираж 1100 экз. Заказ № 22379
Цена свободная; 12+

ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ
Отпечатано: Центр полиграфических услуг (типография) ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ
394087, Воронеж, ул. Мичурина, 1
Адрес редакции, издателя: 394087, Воронеж, ул. Мичурина, 1



ISSN 2071-2243

