

ISSN 2071-2243
DOI: 10.17238/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 11,
выпуск 3 (58)**

DOI: 10.17238/issn2071-2243.2018.3

ВОРОНЕЖ
ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ
2018

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР – проректор по научной работе
доктор технических наук **В.А. Гулевский**

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:
проректор по учебной работе доктор технических наук, профессор **Н.М. Дерканосова**
проректор по информатизации, международным связям и управлению качеством
кандидат технических наук, доцент **Ю.В. Некрасов**

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

05.18.00 – технология продовольственных продуктов

Глотова Ирина Анатольевна, доктор технических наук, профессор кафедры технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Гудковский Владимир Александрович, доктор сельскохозяйственных наук, заслуженный деятель науки РФ, академик РАН, профессор кафедры технологии производства, хранения и переработки продукции растениеводства ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», зав. отделом послеуборочных технологий плодового и ягодного сырья ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт садоводства имени И.В. Мичурина».

Дерканосова Наталья Митрофановна, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой товароведения и экспертизы товаров ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Криштафович Валентина Ивановна, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой товароведения и экспертизы товаров АНО ОВО ЦС РФ «Российский университет кооперации».

Манжесов Владимир Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Мельникова Елена Ивановна, доктор технических наук, профессор кафедры технологии продуктов животного происхождения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий».

Пономарев Аркадий Николаевич, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой технологии продуктов животного происхождения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий».

Сидоренко Юрий Ильич, доктор технических наук, профессор кафедры товароведения и экспертизы товаров ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств».

05.20.00 – процессы и машины агроинженерных систем

Горбачев Иван Васильевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент РАН, профессор кафедры сельскохозяйственных машин ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева».

Ерохин Михаил Никитьевич, доктор технических наук, профессор, академик РАН, профессор кафедры сопротивления материалов и деталей машин ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева».

Завражнов Анатолий Иванович, доктор технических наук, профессор, академик РАН, главный научный сотрудник, 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, зав. кафедрой сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей, декан агроинженерного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

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 сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Шацкий Владимир Павлович, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой математики и физики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

06.01.00 – агрономия

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

Девятова Татьяна Анатольевна, доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой экологии и земельных ресурсов ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет».

Дедов Анатолий Владимирович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой земледелия и агроэкологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

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

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

Коржов Сергей Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры земледелия и агроэкологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Мязин Николай Георгиевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой агрохимии и почвоведения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Ноздрачева Раиса Григорьевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой плодоводства и овощеводства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Федотов Василий Антонович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой растениеводства, кормопроизводства и агротехнологий ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Щеглов Дмитрий Иванович, доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой почвоведения и управления земельными ресурсами ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет».

06.02.00 – ветеринария и зоотехния

Афанасьев Валерий Андреевич, доктор технических наук, профессор, генеральный директор ОАО «Всероссийский научно-исследовательский институт комбикормовой промышленности».

Ахмед Ибрагим Ахмед, доктор ветеринарных наук, профессор, декан факультета Ветеринарной медицины Университета Кена, Республика Египет.

Востроилов Александр Викторович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой частной зоотехнии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Лободин Константин Алексеевич, доктор ветеринарных наук, доцент, зав. кафедрой акушерства и физиологии сельскохозяйственных животных ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Ромашов Борис Витальевич, доктор биологических наук, старший научный сотрудник, зав. кафедрой паразитологии и эпизоотологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Слободяник Виктор Иванович, доктор ветеринарных наук, профессор кафедры терапии и фармакологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Сулейманов Сулейман Мухитдинович, доктор ветеринарных наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, вице-президент Всероссийской ассоциации патологоанатомов ветеринарной медицины, профессор кафедры анатомии и хирургии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Трояновская Лидия Петровна, доктор ветеринарных наук, профессор, зав. кафедрой анатомии и хирургии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Шабунин Сергей Викторович, доктор ветеринарных наук, профессор, академик РАН, директор ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии».

Шахов Алексей Гаврилович, доктор ветеринарных наук, профессор, член-корреспондент РАН, заслуженный деятель науки РФ, зав. отделом микробиологии, вирусологии и иммунологии ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии».

08.00.00 – экономические науки

Бесхмельницын Михаил Иванович, доктор политических наук, заслуженный экономист РФ, председатель попечительского совета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

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 информационного обеспечения и моделирования 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, зам. директора по научной работе ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт организации производства, труда и управления в сельском хозяйстве».

Сироткина Наталья Валерьевна, доктор экономических наук, профессор кафедры экономики и управления организациями ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет».

Терновых Константин Семенович, 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».

Ткаченко Валентина Григорьевна, доктор экономических наук, профессор, ректор ГОУ ЛНР «Луганский национальный аграрный университет», академик Академии гуманитарных наук России, академик Международной академии науки и практики организации производства.

Улезько Андрей Валерьевич, доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой информационного обеспечения и моделирования агроэкономических систем ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

Широбоков Владимир Григорьевич, доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой бухгалтерского учета и аудита ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I».

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ – Н.М. Грибанова

**Приказом ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации
№ 560 от 03.06. 2015 г. журнал включен в Перечень рецензируемых научных
изданий (№ 246), в которых должны быть опубликованы основные научные
результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук
и на соискание ученой степени доктора наук
(действует с 01.12.2015 г. в редакции от 09.08.2018 г.)**

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Выписка из реестра зарегистрированных СМИ ПИ № ФС77-73529 от 24 августа 2018 г.

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

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 базу данных международной информационной системы AGRIS,
в библиографическую базу данных Российский индекс научного цитирования (РИНЦ),
а также в Новый перечень RSCI на платформе Web of Science (№ 104 от 03 июля 2018 г.)

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, 2018

ISSN 2071-2243
DOI: 10.17238/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 Agro-Industrial Complex),
ways of solution are published in the journal*

Published since 1998
Periodicity – 4 issues per year

**Volume 11,
Issue 3 (58)**

DOI: 10.17238/issn2071-2243.2018.2

VORONEZH
Voronezh SAU
2018

EDITOR-IN-CHIEF – Vice-Rector for Research,
Doctor of Engineering Sciences **V.A. Gulevsky**

DEPUTY CHIEF EDITORS

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

Vice-Rector for Information Technology, International Cooperation and Quality Management,
Candidate of Engineering Sciences, Docent **Yu.V. Nekrasov**

EDITORIAL BOARD

05.18.00 – Technology of Food Products

Irina A. Glotova, Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Department of Storage and Agricultural Product Processing Technology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Vladimir A. Gudkovskiy, Doctor of Agricultural Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation, Academician of the Russian Academy of Sciences (RAS), Professor, the Department of Production, Storage and Crop Products Processing Technology, Michurinsk State Agrarian University, Head of the Department of Post-Harvest Fruit & Berry Raw Material Processing Technologies, I.V. Michurin All-Russian Research Institute of Horticulture.

Natalia M. Derkanosova, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department of Merchandizing and Expert Examination of Goods, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Valentina I. Krishtafovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department of Commodity Science and Commodity Examination, Russian University of Cooperation.

Vladimir I. Manzhesov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Storage and Agricultural Product Processing Technology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Elena I. Melnikova, Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Department of Products of Animal Origin Technology, Voronezh State University of Engineering Technologies.

Arkadiy N. Ponomarev, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department of Products of Animal Origin Technology, Voronezh State University of Engineering Technologies.

Yuriy I. Sidorenko, Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Department of Commodity Science and Commodity Examination, Moscow State University of Food Production.

05.20.00 – Processes and Machines of Rural Engineering Systems

Ivan V. Gorbachev, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences (RAS), Professor, the Department of Farm Machinery, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy.

Mikhail N. Erokhin, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences (RAS), Professor, the Department of Strength of Materials and Machinery Parts, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy.

Anatoliy I. Zavrazhnov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences (RAS), Chief Research Scientist of Michurinsk State Agrarian University.

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

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

Aleksey E. Tarabrin, Doctor of Agricultural Sciences, 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, Professor, Honoured Master of Sciences and Engineering of the Russian Federation, Professor, the Department of Farm Machinery, Tractors and Automobiles, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

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

06.01.00 – Agronomy

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

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

Anatoliy V. Dedov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Arable Farming and Agroecology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Tatiana P. Zhuzhzhlova, Doctor of Biological Sciences, Professor, Chief Research Scientist, Head of the Dept. of Biotechnology and Genetics, A. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar.

Aleksandr I. Illarionov, Doctor of Biological Sciences, Professor, the Department of Biology and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Sergey I. Korzhov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Department of Arable Farming and Agroecology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

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

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

Vasily A. Fedotov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Crop Science, Forage Production and Agricultural Technologies, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

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

06.02.00 – Veterinary and Animal Sciences

Valeriy A. Afanasyev, Doctor of Engineering Sciences, Professor, General Director of All-Russian Research Institute of Commercial Mixed Feed Industry.

Ahmed Ibrahim Ahmed, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Dean of the Faculty of Veterinary Medicine, Qena - South Valley University, Egypt.

Aleksandr V. Vostroilov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Special Animal Science, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Konstantin A. Lobodin, Doctor of Veterinary Sciences, Head of the Department of Obstetrics and Agricultural Animal Physiology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Boris V. Romashov, Doctor of Biological Sciences, Senior Research Scientist, Head of the Department of Parasitology and Epizootology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Viktor I. Slobodyanik, Doctor of Veterinary Sciences, Professor of the Department of Therapy and Pharmacology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Suleyman M. Suleymanov, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Vice-President of All-Russian Veterinary Medicine Anatomic Pathologist Association, Professor of the Department of Anatomy and Surgery, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Lidiya P. Troyanovskaya, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Head of the Department of Anatomy and Surgery, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Sergey V. Shabunin, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences (RAS), Director, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy.

Aleksey G. Shakhov, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences (RAS), Honored Scientist of the Russian Federation, Head of the Division of Microbiology, Virology and Immunology, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy.

08.00.00 – Economic Sciences

Mikhail I. Beskhamelnitsin, Doctor of Political Sciences, Honoured Economist of the Russian Federation, Chairman of the Guardian Council of Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

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

Andrey P. Kurnosov, Doctor of Economic Sciences, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Professor, 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, Professor, Deputy Director for Science, All-Russian Research Institute of the Organization of Production, Labor and Management in Agriculture.

Natalia V. Sirotkina, Doctor of Economic Sciences, Professor, the Department of Economics and Organization Management, Voronezh State University.

Konstantin S. Ternovyykh, Doctor of Economic Sciences, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Head of the Department of Farm Production Management and Entrepreneurial Business in Agro-Industrial Complex, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

Valentina G. Tkachenko, Doctor of Economic Sciences, Professor, Rector, Lugansk National Agrarian University, Academician of the Russian Academy of Humanities, Academician of the International Academy of Production Engineering Science and Practice.

Andrey V. Ulez'ko, Doctor of Economic Sciences, 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.

Vladimir G. Shirobokov, Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of the Department of Accounting and Auditing, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.

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

By the Decision of the Higher Attestation Commission of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation No. 560 of June 03, 2015 Theoretical and Research & Practice Journal of Voronezh State Agrarian University is included in the List of Russian Peer-reviewed Scientific Journals and Periodicals (No. 246) in which it is recommended to publish basic scientific results of candidate and doctoral dissertations (the List is valid from December 01, 2015, last updated August 09, 2018)

The journal is registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Media

Registration Certificate ПИИ № ФС77-73529 dated August 24, 2018

Subscription index is 45154 in the United Catalogue of the Agency 'Pressa Rossii'

Electronic version and requirements for publishing scientific articles are placed on the Internet site at this address: <http://vestnik.vsau.ru>

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

The journal is included in the global public domain database of the International System for Agricultural Science and Technology (AGRIS), in the bibliographic database of scientific publications Russian Science Citation Index (RINTS), as well as in RSCI on Web of Science New List (No. 104 of July 03, 2018)

ISSN 2071-2243

No fee is charged from postgraduate students for publications

Founder: Voronezh SAU

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

© Voronezh SAU, 2018

ВЕСТНИК

ВОРОНЕЖСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА



Основан в 1998 г.
Выходит 4 раза в год

СОДЕРЖАНИЕ CONTENTS

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ AGRICULTURAL SCIENCES

Федотов В.А., Подлесных Н.В., Кадыров С.В., Власова Л.М. СРАВНИТЕЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ НА БОЛЕЗНИ, УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ Fedotov V.A., Podlesnykh N.V., Kadyrov S.V., Vlasova L.M. COMPARATIVE ANALYSIS OF EFFECT OF CHEMICAL AND BIOLOGICAL PREPARATIONS ON DISEASE PREVALENCE, CROP YIELD AND GRAIN QUALITY OF WINTER WHEAT IN THE CONDITIONS OF VORONEZH OBLAST	12
Илларионов А.И., Разумейко И.Н. ФИТОФАГИ ГОРОХА И ПРИЕМЫ ОГРАНИЧЕНИЯ ИХ ВРЕДНОСТИ Illarionov A.I., Razumeiko I.N. PHYTOPHAGES OF PEAS AND TECHNIQUES FOR LIMITING THEIR HARMFULNESS.....	20
Мухортов С.Я., Тихомирова И.Б. СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРИАНДРА ПОСЕВНОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИЕМОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ Mukhortov S.Ya., Tikhomirova I.B. SEED PRODUCTIVITY OF CORIANDER DEPENDING ON CULTIVATION TECHNIQUES.....	32
Гончаров С.В., Горлова Л.А. СЕЛЕКЦИЯ РАПСА В СООТВЕТСТВИИ С ОЖИДАНИЯМИ МАСЛОЖИРОВОГО КОМПЛЕКСА Goncharov S.V., Gorlova L.A. RAPE BREEDING IN ACCORDANCE WITH THE EXPECTATIONS OF OIL AND FAT INDUSTRY.....	38
Федулова Т.П., Федорин Д.Н., Богомолов М.А., Голева Г.Г. ДНК-ФИНГЕРПРИНТИНГ В ИЗУЧЕНИИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ <i>BETA VULGARIS</i> L. Fedulova T.P., Fedorin D.N., Bogomolov M.A., Goleva G.G. DNA FINGERPRINTING IN STUDYING THE GENETIC DIVERSITY OF <i>BETA VULGARIS</i> L.....	46
Панфилова О.Н., Сергеев С.Ю., Чугунова Е.В., Авилова Ю.А., Дерунова С.Н. ВЛИЯНИЕ ОТЦОВСКИХ ФОРМ НА УБОРОЧНУЮ ВЛАЖНОСТЬ ЗЕРНА У ПРОСТЫХ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ Panfilova O.N., Sergeev S.Yu., Chugunova E.V., Avilova Yu.A., Derunova S.N. MALE PARENT FORMS INFLUENCE ON THE HARVESTING MOISTURE OF GRAIN OF SINGLE-CROSS CORN HYBRIDS.....	54
Бородий С.А., Виноградова В.С., Бородий П.С. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ВЫСОТЫ И МАССЫ ГЕНЕРАТИВНОГО ПОБЕГА ПИЖМЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (<i>TANACETUM VULGARE</i> L.) ДЛЯ ПРОГНОЗА УРОЖАЙНОСТИ ЛЕКАРСТВЕННОГО СЫРЬЯ ДИКООРАСТУЩИХ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ Borodiy S.A., Vinogradova V.S., Borodiy P.S. MATHEMATICAL MODEL OF DYNAMICS OF HEIGHT AND WEIGHT OF GENERATIVE SHOOT OF TANSY (<i>TANACETUM VULGARE</i> L.) FOR FORECASTING THE YIELD OF MEDICINAL RAW MATERIAL IN WILD CENOPOULATIONS.....	62
Востроилов А.В., Сярова Л.Н., Андрианов Е.А. ХОЗЯЙСТВЕННО ПОЛЕЗНЫЕ ПРИЗНАКИ БЫЧКОВ МОЛОЧНЫХ ПОРОД ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ГОВЯДИНЫ В УСЛОВИЯХ ПРИДНЕСТРОВЬЯ Vostroiлов A.V., Siarova L.N., Andrianov E.A. ECONOMICAL USEFUL CHARACTERISTICS OF BULL CALVES OF DAIRY BREEDS IN BEEF PRODUCTION UNDER CONDITIONS OF TRANSDNESTRIA.....	70

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ
ENGINEERING & INDUSTRIAL TECHNOLOGY SCIENCES

Скурятин Н.Ф., Оробинский В.И., Ворохобин А.В., Соловьев Е.В., Соловьёв С.В., Зданович Б.С. СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРАКТОРНЫХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ Skuryatin N.F., Orobinsky V.I., Vorokhobin A.V., Solovlev E.V., Solovlev S.V., Zdanovich B.S. ON FINDING WAYS FOR EFFICIENCY UPGRADING OF ACTUAL USE OF TRACTOR TRANSPORTING AND TECHNOLOGICAL UNITS	78
Карпов В.В., Гулевский В.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ КОРМОВЫХ КОРНЕПЛОДОВ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ ГОФРОЩЕТОЧНОГО ОЧИСТИТЕЛЯ Karpov V.V., Gulevsky V.A. CASE STUDIES ON FEEDING ROOT CROPS DAMAGES BY WORKING ELEMENTS OF CORRUGATED BRUSH CLEANER	91
Савин В.Ю. ЗАВИСИМОСТЬ СТЕПЕНИ ДРОБЛЕНИЯ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ ОТ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ОЧЕСЫВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА Savin V.Yu. THE DEPENDENCE OF THE DEGREE OF DAMAGING OF WHEAT GRAIN ON THE ROTATIONAL VELOCITY OF ROTARY-COMB DRESSER.....	98
Андрианов Е.А., Андрианов А.А., Тимошенко Ф.А., Хромко А.С. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ Andrianov E.A., Andrianov A.A., Timoshenko F.A., Khromko A.S. IMPROVEMENTS IN EFFECTIVENESS OF EXTERIOR LIGHTING OF AGRICULTURAL PRODUCTION FACILITIES.....	103
Картавцев В.В., Афоничев Д.Н., Помогаев Ю.М. ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ И ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ Kartavtsev V.V., Afonichev D.N., Pomogaev Yu.M. OPTIMIZATION OF STRUCTURE AND PARAMETERS OF ELECTRIC POWER SUPPLY NETWORKS.....	113
Гулевский В.А., Вертий А.А. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ КОРМОВ Gulevsky V.A., Vertij A.A. MATHEMATICAL MODELING OF FORAGE CUTTER OPERATION	120
Остриков В.В., Сазонов С.Н., Афанасьев Д.И., Забродская А.В., Василенко В.В. ЭНТРОПИЯ ПРОЦЕССА СТАРЕНИЯ ПРИРАБОТОЧНОГО МАСЛА ПРИ ОБКАТКЕ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРАКТОРОВ Ostrikov V.V., Sazonov S.N., Afanasyev D.I., Zabrodska A.V., Vasilenko V.V. THE ENTROPY OF THE PROCESS OF BREAK-IN-OIL AGING AT RUNNING-IN OF ENGINES OF TRACTORS	129
Жачкин С.Ю., Пеньков Н.А., Беляев Р.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СТРУЙНОГО ОСАЖДЕНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ КОМПОЗИТНЫХ ПОКРЫТИЙ Zhachkin S.Yu., Penkov N.A., Belyaev R.V. MODELING OF JET PLATING PROCEDURE OF ELECTRODEPOSITED COMPOSITE COATINGS	134
Калимуллин М.И., Сади С.-С.С., Австриевских А.Н., Позняковский В.М. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПРОДУКТА НА РАСТИТЕЛЬНОЙ ОСНОВЕ Kalimullin M.I., Sadi S.-S.S., Avstrieviskikh A.N., Poznyakovskiy V.M. DEVELOPMENT OF A PRODUCTION PROCESS AND EVALUATION OF QUALITATIVE CHARACTERISTICS OF A SPECIALIZED PLANT-BASED PREPARATION	140

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ
ECONOMIC SCIENCES

Терновых К.С., Данькова Л.В., Золотарева Н.А., Пименов Ю.А. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА В ИНТЕГРИРОВАННЫХ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ФОРМИРОВАНИЯХ Ternovykh K.S., Dankova L.V., Zolotareva N.A., Pimenov Yu.A. ORGANIZATIONAL FACTORS OF MILK PRODUCTION IN THE INTEGRATED AGRO-INDUSTRIAL FORMATIONS	148
---	-----

Рябова Е.П., Улезько А.В., Курносов А.П. ТЕНДЕНЦИИ И УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ СКОТОВОДСТВА В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ Ryabova E.P., Ulez'ko A.V., Kurnosov A.P. TRENDS AND DEVELOPMENT CONDITIONS FOR CATTLE BREEDING IN VORONEZH OBLAST	159
Терновых К.С., Коробков Е.В. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА ГОВЯДИНЫ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ Ternovykh K.S., Korobkov E.V. THE CURRENT STATUS AND PROSPECTS FOR FURTHER DEVELOPMENT OF BEEF PRODUCTION AT THE ENTERPRISES OF VORONEZH OBLAST	167
Козлобаева Е.А., Яблоновская С.И. КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ Kozlobaeva E.A., Iablonovskaia S.I. INTEGRATED ASSESSMENT OF ECONOMIC SECURITY OF AGRICULTURAL ENTERPRISES	175
Бичева Е.Е., Сотникова Л.Н. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В АПК Bicheva E.E., Sotnikova L.N. ENVIRONMENTAL EFFICIENCY OF INVESTMENT PROJECTS IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX	183
Малицкая В.Б., Чиркова М.Б., Кузнецова И.В. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РОССИЙСКОГО УЧЕТА СОБЫТИЙ ПОСЛЕ ОТЧЕТНОЙ ДАТЫ В СООТВЕТСТВИИ С МСФО Malitskaya V.B., Chirkova M.B., Kuznetsova I.V. IMPROVEMENT OF THE RUSSIAN EVENT ACCOUNTING AFTER THE REPORTING DATE IN ACCORDANCE WITH IFRS	190
Швырева О.И., Петух А.В., Петух М.В. МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОЙ ДИАГНОСТИКИ СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО СУБЪЕКТА Shvyreva O.I., Petukh A.V., Petukh M.V. METHODOLOGY FOR INTEGRATED DIAGNOSTICS OF CONTROL FACILITIES OF ECONOMIC ENTITIES	197
Лойко В.И., Барановская Т.П., Вострокнутов А.Е., Яхонтова И.М. МЕТОДИКИ ФОРМИРОВАНИЯ БИЗНЕС-МОДЕЛИ ОРГАНИЗАЦИЙ МАЛОГО БИЗНЕСА Loiko V.I., Baranovskaya T.P., Vostroknutov A.E., Yakhontova I.M. METHODOLOGIES FOR BUSINESS MODEL FORMATION OF SMALL BUSINESS ENTITIES	210
Слиденко А.М., Агапова Е.А. СРАВНЕНИЕ ИТЕРАЦИОННЫХ МЕТОДОВ В ЗАДАЧАХ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИКОЙ Slidenko A.M., Agapova E.A. COMPARISON OF ITERATIVE METHODS IN THE PROBLEMS OF SEARCH FOR OPTIMAL MANAGEMENT OF THE ECONOMY	219
Агеева О.Ю., Спахов С.В., Юшкова В.Э. ИНЕРЦИОННОСТЬ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ КАК ФАКТОР ЦИКЛИЧНОСТИ ЭКОНОМИКИ Ageeva O.Yu., Spakhov S.V., Yushkova V.E. RIGIDITIES OF ECONOMIC SYSTEMS AS A FACTOR OF BOOM-AND-BUST ECONOMY	231
Бухтояров Н.И. РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЗЕМЛЯМИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ Bukhtoiarov N.I. DEVELOPMENT OF INFORMATION SUPPORT SYSTEM FOR AGRICULTURAL LAND MANAGEMENT	238
Юрикова Ю.Ю. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ МЕХАНИЗМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫХ ОТНОШЕНИЙ Yurikova Yu.Yu. THEORETICAL ASPECTS OF FORMATION OF THE MECHANISM OF REGULATION OF LAND RELATIONS	250

НАУЧНАЯ ЖИЗНЬ SCIENTIFIC ACTIVITIES

СОВЕТЫ ПО ЗАЩИТЕ ДОКТОРСКИХ И КАНДИДАТСКИХ ДИССЕРТАЦИЙ, СОЗДАНИЕ НА БАЗЕ ВОРОНЕЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ ИМПЕРАТОРА ПЕТРА I DOCTORAL AND CANDIDATE SCIENCE-DEGREE COUNCILS OF VORONEZH STATE AGRARIAN UNIVERSITY	258
ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ INFORMATION FOR AUTHORS	259

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ НА БОЛЕЗНИ, УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Василий Антонович Федотов
Надежда Владимировна Подлесных
Сабир Вагидович Кадыров
Людмила Михайловна Власова

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

В основе получения высоких урожаев озимой пшеницы лежит интенсивная технология возделывания. Однако интенсификация невозможна без применения пестицидов, что повышает и без того высокую экологическую напряженность в полеводстве. В связи с этим особую актуальность в системе защиты растений приобретает применение альтернативных экологически безопасных биопрепаратов. Представлены результаты исследований влияния предпосевной обработки семян комплексом биопрепаратов на урожай и качество зерна озимой мягкой пшеницы сорта Алая заря, которые были проведены в учебно-научно-технологическом центре «Агротехнология» (УНТЦ) Воронежского ГАУ. Показано, что предпосевная обработка семян озимой пшеницы комплексом биопрепаратов Фунгилекс (2 л/т) + Бактофосфин (2 л/т) + Экофит (1 л/т) + Витокотейль С (0,1 л/т) + Гумат К (0,5 л/т) + Адьювант (0,01 л/т) в сочетании с осенней обработкой растений в фазе кушения биопрепаратами Елена Ж (2 л/га) + Витокотейль З (1 л/га) + Гумат К (0,5 л/га) + Адьювант (0,05 л/га) в значительной степени уменьшают распространенность бурой ржавчины, мучнистой росы, септориоза листьев и корневых гнилей в период осеннего кушения растений, хотя эффективность биопрепаратов несколько уступает протравливанию семян фунгицидом Виал ТрасТ (0,3 л/т). Обработка растений в фазе трубкования комплексом биопрепаратов Фунгилекс (1 л/га) + Триходермин (2 л/га) + Витокотейль З (1,5 л/га) + Гумат К (0,5 л/га) в сочетании с такой же обработкой в начале колошения резко уменьшила распространенность болезней. Причем по фунгицидной эффективности биопрепараты не уступали действию химического препарата Амистар Экстра, 0,5 л/га. Комплексное применение биопрепаратов повышало урожайность озимой пшеницы на 23,8% в сравнении с контролем и на 16,2% в сравнении с химической защитой посевов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: озимая пшеница, предпосевная и листовая обработка, урожайность, масса 1000 зерен, натура зерна, белок, клейковина.

COMPARATIVE ANALYSIS OF EFFECT OF CHEMICAL AND BIOLOGICAL PREPARATIONS ON DISEASE PREVALENCE, CROP YIELD AND GRAIN QUALITY OF WINTER WHEAT IN THE CONDITIONS OF VORONEZH OBLAST

Vasiliy A. Fedotov
Nadezhda V. Podlesnykh
Sabir V. Kadyrov
Lyudmila M. Vlasova

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

The basis for obtaining high yields of winter wheat is intensive technology of cultivation. However, intensification is impossible without the use of pesticides, which increase the environmental stress already present in field-crop cultivation. From this perspective, the use of alternative environmentally friendly biologic preparations acquires a special relevance in the system of plant protection. The authors present the results of research on the effect of pre-sowing treatment of seeds with a complex of biological preparations on the yield and quality of winter soft wheat grain of the Alaya Zarya cultivar performed in the 'Agrotechnology' Scientific Training and Technological Center of Voronezh State Agrarian University. It is shown that pre-sowing treatment of winter wheat seeds with the complex of biological preparations consisting of Fungilex (2 L/t) + Bactophosphine (2 L/t) + Ecofit (1 L/t) + Vitococktail C (0.1 L/t) + Humate K (0.5 L/t) + Adjuvant (0.01 L/t) in combination with autumn treatment of plants in the tillering stage with biological preparations Elena G (2 L/ha) + Vitococktail Z (1 L/ha) + Humate K (0.5 L/ha) + Adjuvant (0.05 L/ha) significantly reduce the prevalence of brown rust, powdery mildew, Septoria leaf blotch and root rot during the period

of autumn tillering of plants, although the efficiency of biological preparations is somewhat lower than that of seed treatment with VialTrusT (0.3 L/t) fungicide. Treatment of plants in the phase of stem elongation with the complex of biological preparations including Fungilex (1 L/ha) + Trichodermin (2 L/ha) + Vitococktail Z (1.5 L/ha) + Humate K (0.5 L/ha) in combination with the same treatment in the beginning of earing dramatically reduced the prevalence of diseases. Moreover, in terms of fungicidal efficiency the biological preparations were not inferior to the Amistar Extra chemical preparation (0.5 L/ha). The combined use of biological preparations increased the yield of winter wheat by 23.8% compared to control and by 16.2% compared to chemical protection of crops.

KEYWORDS: winter wheat, pre-sowing and leaf treatment, yield, mass of 1 000 grains, grain unit, protein, gluten.

В РФ в настоящее время действует Государственная программа развития сельского хозяйства, рассчитанная на 2013–2020 гг., в которой обозначена важная цель – выход агропромышленного комплекса России на лидирующие позиции, в том числе и в сельскохозяйственной биотехнологии. В реализации данной программы принимают участие сотрудники многих научных учреждений и аграрных вузов страны, в том числе и Воронежского госагроуниверситета. Изучение и внедрение интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур как в целом, так и отдельных элементов сотрудники агрономического факультета ВГАУ начали еще в 80-х гг. прошлого столетия. Так, например, применение интенсивной технологии возделывания стало основой получения устойчиво высоких урожаев озимой пшеницы не по чистым парам (как считалось изначально), а прежде всего – по непаровым предшественникам [1–5, 11–13, 18–22, 24, 26, 29–39].

Одним из основных элементов интенсификации агротехнологии возделывания озимой пшеницы является внесение дробных азотных подкормок. Сотрудники кафедры земледелия, растениеводства и защиты растений были в числе первых в ЦЧР, кто стал проводить исследования в этом направлении. Наибольшая отзывчивость озимой пшеницы на азотное удобрение проявляется по небобовому беспарью, истощающему почву азотным питанием, наименьшая – по чистым парам. Установлено, что, во-первых, в условиях ЦЧР при интенсификации возделывания озимой пшеницы значение чистого пара для создания эффективного плодородия и очищения поля от сорняков уменьшается, особенно в лесостепной влагообеспеченной зоне. Во-вторых, по чистым парам озимая пшеница меньше нуждается в дополнительных приемах интенсификации, в том числе и в азотном удобрении, чем по беспарью [26, 37]. В-третьих, азотное удобрение в первую очередь и в большей дозе (до 100–150 кг д. в./га) необходимо озимой пшенице, возделываемой по занятым парам и непаровым предшественникам. В чистых же парах более приемлема ресурсосберегающая агротехнология с меньшим количеством (50 кг д. в./га) азотных удобрений (и гербицидов), но с применением защиты посевов от полегания [37].

В настоящее время интенсификация агротехнологий стала основным рычагом подъема урожайности полевых культур. В длительных стационарных исследованиях сотрудников ВГАУ максимальные урожаи были получены при интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур: озимой твердой пшеницы – 69,1 ц/га, озимой мягкой пшеницы – 71,8 ц/га, овса – 43 ц/га, сои – 37 ц/га, семян люцерны – 7 ц/га, подсолнечника – 35 ц/га и др. [12, 14–17, 26–28, 36–39].

Интенсификация агротехнологий пока базируется на применении системы защиты культурных растений с использованием ядохимикатов. Широкомасштабное применение химических, особенно токсичных, препаратов увеличивает и без того высокую экологическую напряженность в полеводстве. В связи с этим актуальным стало использование альтернативных экологически безопасных биопрепаратов для защиты растений. Включение их в инновационные агротехнологии озимой пшеницы и других полевых культур стимулируется появлением на рынке большого ассортимента эффективных и не очень дорогостоящих биопрепаратов. Это обеспечивает возможность более широкого использования их в сельскохозяйственном производстве.

Цель проведенных исследований состояла в выявлении влияния обработки семян и растений химическими фунгицидами и комплексом биологических защитных и стимулирующих препаратов на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в сравнении с контролем (без обработки семян и растений).

Изучали влияние комплекса защитных и стимулирующих биопрепаратов, используемых для предпосевной обработки семян и растений озимой пшеницы в период осеннего кушения и в фазе трубкования, в сравнении с контрольной (без средств защиты семян и растений от болезней) и интенсивной (с применением традиционных химических препаратов) технологиями (табл. 1).

Таблица 1. Варианты изучаемых технологий защиты растений озимой пшеницы

Контроль (без защиты)	Применение комплекса биопрепаратов	Применение химпрепаратов
Семена не обрабатывали	Семена обработаны препаратами Фунгилекс (2 л/т) + Бактофосфин (2 л/т) + Экофит (1 л/т) + Витококтейль С (0,1 л/т) + Гумат К (0,5 л/т) + Адьювант (0,01 л/т)	Семена обработаны препаратом Виал Траст, ВСК (0,3 л/т)
Обработку в фазе кушения (осенью) не проводили	Обработка растений в фазе кушения (осенью) препаратами Елена Ж (2 л/га) + Витококтейль З (1 л/га) + Гумат К (0,5 л/га) + Адьювант (0,05 л/га)	Обработку в фазе кушения (осенью) не проводили
Обработку в фазе выхода в трубку от болезней не проводили	Обработка растений в фазе трубкования препаратами Фунгилекс (1 л/га) + Триходермин (2 л/га) + Витококтейль З (1,5 л/га) + Гумат К (0,5 л/га)	Обработка растений в фазе трубкования препаратами Амистар Экстра, СК (0,5 л/га) + Мегамикс Профи, Ж (0,2 л/га)
Обработку в начале колошения от болезней не проводили	Обработка растений в начале колошения препаратами Фунгилекс (1 л/га) + Триходермин (2 л/га) + Витококтейль З (1,5 л/га) + Гумат К (0,5 л/га)	Обработка растений в начале колошения препаратом Амистар Экстра, СК (0,5 л/га)

Опыт был заложен на поле учебно-научно-технологического центра «Агротехнология» (УНТЦ) Воронежского ГАУ (Воронежская область). Площадь опытной делянки – 10 м², повторность – четырехкратная. Сорт озимой пшеницы – Алая заря. Предшественник – черный пар. Сорняки уничтожали в летний период путем культиваций по мере их отрастания. Под предпосевную культивацию было внесено 2 ц/га азотоса (N₃₂P₃₂K₃₂). Поделноночный посев проводили малогабаритной сеялкой в оптимальный срок обычным рядовым способом (междурядья 15 см) на глубину 4 см, с нормой высева семян 5 млн шт./га. Рано весной успешно перезимовавшую пшеницу подкормили аммиачной селитрой (N₃₄). Урожай убирали прямым комбайнированием.

На всем опытном участке были проведены следующие обработки растений: в фазе кушения – раствором инсектицида Айвенго (0,15 л/га) против злаковых мух (осенью) и гербицидом Прима, СЭ (0,5 л/га) от сорняков (весной); в начале выхода в трубку – против полегания ретардантом Моддус, КЭ (0,2 л/га); в начале колошения – инсектицидом Энтолекс К (0,3 л/га).

Лабораторные анализы проводили в соответствии с существующими ГОСТами [6–10, 25].

Растения озимой пшеницы на всех вариантах опыта перезимовали хорошо – на 90,0–92,3%. Существенных различий по вариантам опыта не было.

Изучаемые варианты защиты растений значительно различались по распространенности заболеваний и эффективности защиты растений.

В период осеннего кушения озимой пшеницы были обнаружены растения, зараженные такими болезнями, как бурая ржавчина, мучнистая роса, септориоз листьев и корневая гниль. Наибольшее количество больных растений было на контрольном варианте (табл. 2).

Таблица 2. Распространение болезней и эффективность защитных биологических и химических препаратов в разные фазы роста озимой пшеницы

Болезни		Варианты опыта		
		Контроль	Комплекс биопрепаратов	Химические препараты
Осеннее кушение				
Бурая ржавчина	Р, %	12,5	4,2	2,5
	Э, %	-	66,4	80,0
Мучнистая роса	Р, %	41,7	20,0	12,5
	Э, %	-	52,0	70,0
Септориоз листьев	Р, %	5,8	1,7	1,7
	Э, %	-	70,7	70,7
Корневые гнили	Р, %	13,3	2,5	2,5
	Э, %	-	81,2	81,2
Выход в трубку				
Мучнистая роса	Р, %	10,0	3,0	3,0
	Э, %	-	50,0	50,0
Септориоз листьев	Р, %	24,0	9,0	9,0
	Э, %	-	81,0	81,0
Колошение				
Септориоз листьев	Р, %	87,1	35,6	37,3
	Э, %	-	75,3	74,0

Примечание: Р – распространенность; Э – эффективность.

На изучаемых вариантах защиты растений био- и химпрепаратами отмечено снижение распространенности септориоза листьев и корневых гнилей в фазе осеннего кушения озимой пшеницы соответственно на 4,1 и 10,8 абс.%. Эффективность защиты озимой пшеницы от этих болезней в осенний период была высокой – 70,7 и 81,2%.

Растения озимой пшеницы, возделываемой с применением обработки семян и растений комплексом биопрепаратов, были на 1,7% больше поражены бурой ржавчиной и на 7,5% мучнистой росой, чем при фунгицидной защите путем протравливания семян препаратом Виал ТрасТ. Эффективность фунгицидного препарата в борьбе с этими заболеваниями была выше биологической защиты соответственно на 13,6 и 18,0 %.

Растения озимой пшеницы, возделываемой по разным технологиям, в одинаковой степени были поражены септориозом листьев и корневыми гнилями, соответственно можно сделать вывод о практически одинаковой эффективности биологических и химических средств.

В фазе трубкования обработка растений озимой пшеницы защитными препаратами оказалась довольно эффективной. Бурая ржавчина отсутствовала на растениях на всех вариантах. Мучнистая роса и септориоз листьев были больше распространены на контроле (соответственно 10,0 и 24,0%).

Распространенность мучнистой росы на вариантах защиты растений биологическими и химическими препаратами была одинаковой и составила 3,0%. Это на 7,0 абс.% меньше по сравнению с контролем. Эффективность защиты от мучнистой росы была удовлетворительной и составила 50,0%.

Распространенность септориоза листьев на изучаемых вариантах защиты растений тоже оказалась одинаковой и составила 9,0%, или на 15,0 абс.% меньше по сравнению с контролем. Эффективность биологической и химической защиты растений пшеницы от септориоза листьев была одинаково высокой – 81,0%.

В фазе колошения растения озимой пшеницы были поражены в основном септориозом листьев. Распространенность этой болезни на незащищенном контрольном варианте была наибольшей и составила 87,1%. Защитные мероприятия путем применения

на одном варианте биопрепаратов, на другом – химического препарата Амистар Экстра уменьшили распространенность септориоза листьев соответственно до 35,6 и 37,3% (на 51,5 и 49,8 абс.%) и оказались одинаково эффективными (75,3 и 74,0%).

Септориоз колоса, чернь колоса, фузариоз колоса и другие болезни в фазе колошения не проявились.

Такие элементы продуктивности, как длина колоса, число развитых колосков и число зерен в колосе, существенно не различались и были почти одинаковыми на всех вариантах опыта (табл. 3).

Таблица 3. Элементы структуры продуктивности растений озимой пшеницы в зависимости от использованных биологических и химических препаратов

Вариант защиты растений	Элементы структуры			
	Длина колоса, см	Число развитых колосков в колосе, шт.	Число зерен в колосе, шт.	Масса зерна в колосе, г
Контроль (без защиты)	5,71	15,3	27,2	1,09
Комплекс биопрепаратов	5,71	15,9	27,4	1,43
Химические препараты	5,72	15,6	27,1	1,26
НСР ₀₅	0,93	2,14	1,91	0,15

Наибольшее влияние изучаемые в исследованиях препараты оказали на массу зерен в колосе.

Комплекс биопрепаратов обусловил массу зерен в колосе 1,43 г, увеличив ее на 0,34 г, или на 23,8%, по отношению к контролю и на 0,17 г (11,9%) по сравнению с фунгицидной защитой озимой пшеницы. Обработка растений пшеницы биопрепаратами значительно увеличила крупность зерен. Очевидно, благотворное влияние биологических препаратов сказалось, главным образом, на усилении налива зерен. Это и отразилось на урожайности озимой пшеницы, которая заметно варьировала по вариантам опыта (табл. 4).

Таблица 4. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы при использовании биологических и химических препаратов, 2017 г.

Вариант защиты растений	Урожайность, ц/га	Натура зерна, г/л	Содержание белка, %	Содержание клейковины, %	ИДК
Контроль (без защиты)	52,5	743	13,2	29,6	103
Комплекс биопрепаратов	65,0	762	15,8	31,5	93
Химические препараты	61,0	754	14,7	31,0	99
НСР ₀₅	3,14	9,4	1,12	0,91	-

Урожайность озимой пшеницы более высокой была при использовании в процессе возделывания комплекса биопрепаратов и составила 65 ц/га, что на 12,5 ц/га (или 23,8%) больше по сравнению с контролем. При фунгицидной защите урожайность озимой пшеницы тоже была высокой – на 8,5 ц/га (16,2%) выше показателя контрольного варианта, но на 4 ц/га (на 7,6%) меньше, чем на варианте применения биопрепаратов.

Такие высокие показатели урожайности были получены, скорее всего, благодаря оптимальной фотосинтетической деятельности при использовании в агротехнологии

комплекса биопрепаратов. Так, например, площадь листьев, достигшая максимальных значений в фазе цветения, на контроле составила 29 819 м²/га (61,9 см²/раст.), при использовании комплекса биопрепаратов – 36 381 м²/га (79,9 см²/раст.), при использовании химических препаратов – 33 485 м²/га (69,2 см²/раст.). Растения озимой пшеницы, обработанные комплексом биопрепаратов, не только имели большую площадь листьев, но и достигали ее максимума раньше (к концу фазы колошения – началу фазы цветения, тогда как на других вариантах – к концу фазы цветения). Площадь листьев, достигнув оптимальных размеров, дольше пребывала в активном состоянии. Следовательно, чем дольше период работы листьев, тем дольше налив зерен, тем выше урожайность [12, 16, 20].

Качество зерна также зависело от применяемых препаратов.

Натурная масса зерна большей была при защите озимой пшеницы биологическими препаратами и составила 762 г/л, что на 19 г (2,6%) и 8 г/л (1,1%) превысило показатели соответственно контрольного варианта и варианта применения химических препаратов.

Содержание белка в зерне было также более высоким при обработке растений озимой пшеницы комплексом биопрепаратов. Оно составило 15,8%, что на 2,6 и 1,1 абс.% превысило данные контрольного варианта и варианта применения химических средств защиты растений.

Содержание клейковины также было несколько выше при возделывании пшеницы по технологии с применением комплекса биопрепаратов и составило 31,5%, что на 1,9 и 0,5 абс.% превышало показатели контрольного варианта и варианта применения химических препаратов. Качество клейковины на всех вариантах было одинаковым, по величине ИДК оно соответствовало II группе.

Таким образом, в результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Предпосевная обработка семян озимой пшеницы комплексом биопрепаратов Фунгилекс (2 л/т) + Бактофосфин (2 л/т) + Экофит (1 л/т) + Витококтейль С (0,1 л/т) + Гумат К (0,5 л/т) + Адьювант (0,01 л/т) в сочетании с осенней обработкой растений в фазе кущения биопрепаратами Елена Ж (2 л/га) + Витококтейль 3 (1 л/га) + Гумат К (0,5 л/га) + Адьювант (0,05 л/га) в значительной степени уменьшают распространенность бурой ржавчины, мучнистой росы, септориоза листьев и корневых гнилей в период осеннего кущения растений, хотя эффективность биопрепаратов несколько уступает протравливанию семян фунгицидом Виал ТрасТ (0,3 л/т).

2. Обработка растений в фазе трубкования комплексом биопрепаратов Фунгилекс (1 л/га) + Триходермин (2 л/га) + Витококтейль 3 (1,5 л/га) + Гумат К (0,5 л/га) в сочетании с такой же обработкой в начале колошения резко уменьшили распространенность болезней. Причем по фунгицидной эффективности биопрепараты не уступали действию химического препарата Амистар Экстра, 0,5 л/га.

3. Комплексное применение биопрепаратов оказало благотворное влияние на озерненность колосьев, на налив зерен и на формирование урожайности озимой пшеницы, которая увеличилась на 23,8% в сравнении с контролем и на 16,2% в сравнении с химической защитой посевов.

Библиографический список

1. Байко В.П. Агротехника озимых хлебов / В.П. Байко, Т.С. Николаева. – Воронеж : Облиздат, 1944. – 63 с.
2. Балашов В.В. Влияние регуляторов роста и фунгицидов на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в подзоне светло-каштановых почв Волгоградской области / В.В. Балашов, А.К. Агафонов // Плодородие. – 2013. – № 1 (70). – С. 28–29.

3. Белозерова Н.А. Посев озимой пшеницы по стерне / Н.А. Белозерова. – Москва : Сельхозгиз, 1951. – 40 с.
4. Буюкли П.И. Твердая озимая пшеница / П.И. Буюкли. – Кишинев : Штиинца, 1983. – 224 с.
5. Вавилов П.П. Растениеводство / П.П. Вавилов, В.В. Гриценко, В.С. Кузнецов ; под ред. П.П. Вавилова. – 5-е изд., перераб. и доп. – Москва : Агропромиздат, 1986. – 512 с.
6. ГОСТ 10846-91. Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка (взамен ГОСТ 10846-74). – Введ. 01-06-1993. – Москва : Госстандарт России : Стандартинформ, 2013. – 8 с.
7. ГОСТ 13586.3-83. Зерно. Правила приемки и методы отбора проб (взамен ГОСТ 10839-64). – Введ. 01-07-1984. – Москва : Госстандарт России : Стандартинформ, 2009. – 12 с.
8. ГОСТ 52554-2006. Пшеница. Технические условия. – Введ. 01-07-2007. – Москва : Госстандарт России : Стандартинформ, 2009. – 16 с.
9. ГОСТ 54478-2011. Зерно. Методы определения количества и качества клейковины в пшенице. – Введ. 01-01-2013. – Москва : Госстандарт России : Стандартинформ, 2012. – 24 с.
10. ГОСТ Р 54895-2012. Зерно. Метод определения натурности. – Введ. 23-04-2012. – Москва : Госстандарт России : Стандартинформ, 2012. – 12 с.
11. Губанов Я.И. Озимая пшеница / Я.И. Губанов, Н.Н. Иванов. – Москва : Колос, 1983. – 359 с.
12. Ермакова Н.В. Особенности развития, формирования урожая и качества зерна озимой твердой и тургидной пшеницы в лесостепи ЦЧР : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.09 / Н.В. Ермакова. – Воронеж, 2009. – 26 с.
13. Задорожная В.А. Новые экологически безопасные способы предпосевной обработки семян яровой твердой пшеницы / В.А. Задорожная // Аграрная наука в начале XXI века : матер. международной науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов. – Воронеж : Воронежский ГАУ, 2001. – С. 149–152.
14. Кадыров С.В. Влияние качества семян сои на результаты урожая / С.В. Кадыров, Н.А. Макарова // Зерновое хозяйство. – 2008. – № 1. – С. 13–14.
15. Кадыров С.В. Влияние некорневой подкормки биологически активными веществами на элементы структуры урожайности и на пивоваренные качества ячменя / С.В. Кадыров, В.А. Задорожная, А.А. Корнов // Агробиологические аспекты современных технологий возделывания полевых и луговых культур в ЦЧР : юбилейный сб. науч. трудов. – Воронеж : ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2008. – С. 41–44.
16. Кадыров С.В. Влияние некорневой подкормки на продуктивность ячменя / С.В. Кадыров, В.А. Задорожная, А.А. Корнов // Аграрная наука. – 2008. – № 5. – С. 22–23.
17. Кадыров С.В. Технологии программированных урожаев в ЦЧР : справочник / С.В. Кадыров, В.А. Федотов. – Воронеж : Изд-во ИПФ «Воронеж», 2005. – 544 с.
18. Кирюшин Б.Д. Влияние агротехники на урожайность и белковость зерна пшеницы / Б.Д. Кирюшин // Сельское хозяйство за рубежом. Растениеводство. – 1980. – № 5. – С. 6–8.
19. Куперман Ф.М. Биологические основы культуры пшеницы. Биологические особенности развития пшеницы в начальные периоды жизни / Ф.М. Куперман. – Москва : Изд-во Московского университета, 1950. – 199 с.
20. Лукина Е.А. Новые экологически безопасные способы предпосевной обработки семян / Е.А. Лукина, В.А. Задорожная, А.Н. Теньков // Актуальные направления стабилизации и развития АПК в XXI веке : матер. III студ. науч. конф. – Воронеж : Воронежский ГАУ, 2001. – С. 92–94.
21. Лукина Е.А. Улучшение качества семян твердой яровой пшеницы новыми способами обеззараживания и стимуляции прорастания / Е.А. Лукина, В.А. Задорожная, В.Н. Поляков // Аграрной науке XXI века – творчество молодых : матер. III студ. науч. конф. – Воронеж : Воронежский ГАУ, 2002. – С. 147–148.
22. Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве. – Санкт-Петербург, 2004. – 321 с.
23. Ничипорович А.А. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах / А.А. Ничипорович, Л.Е. Строганова, С.Н. Чмора. – Москва : Изд-во АН СССР, 1961. – 136 с.
24. О возможности возделывания озимой твердой и тургидной пшеницы в ЦЧР / Н.В. Подлесных, В.А. Федотов, Л.М. Власова, Е.А. Купряжкин // Научно-практические аспекты ресурсосберегающих технологий производства продукции и переработки отходов АПК : матер. Международной науч.-практ. конф. – Воронеж : ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2014. – С. 71–76.
25. Обработка семенного материала (протравливание семян) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.pesticidy.ru/dictionary/seed_treatment (дата обращения: 27.04.2018).
26. Озимая твердая и тургидная пшеница в ЦЧР : монография / В.А. Федотов, Н.В. Подлесных, А.Н. Цыкалов и др. : под общ. ред. проф. В.А. Федотова. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2016. – 223 с.
27. Подгорный П.И. Агротехника озимых хлебов / П.И. Подгорный. – Воронеж : Воронежское обл. книжное изд-во, 1952. – 80 с.
28. Подгорный П.И. Озимая пшеница в Воронежской области / П.И. Подгорный. – Воронеж : Воронежское обл. книжное изд-во, 1948. – 88 с.
29. Подлесных Н.В. Особенности прохождения этапов органогенеза, фаз роста и развития, урожайность и качество озимой твердой и мягкой пшеницы в условиях лесостепи Воронежской области / Н.В. Подлесных // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2015. – № 3 (46). – С. 12–22.

30. Пшеница и ее улучшение : научное издание ; под ред. д-ра с.-х. наук М.М. Якубцинера, проф. Н.П. Козьминой и проф. Л.Н. Любарского ; пер. с англ. Н.А. Емельяновой, Н.М. Резниченко. – Москва : Колос, 1970. – 519 с.
31. Пшеничный А.Е. Как повысить качество зерна в Центрально-Черноземной зоне / А.Е. Пшеничный. – Воронеж : Центрально-Черноземн. кн. изд-во, 1978. – 84 с.
32. Раева В.П. Как получить высокий урожай озимой пшеницы в условиях Воронежской области / В.П. Раева. – Воронеж : Воронежское книжное изд-во, 1954. – 72 с.
33. Слободянюк В.М. Новый справочный материал для специалиста по защите растений / В.М. Слободянюк, Н.Н. Балакирева // Защита растений в условиях реформирования АПК: экономика, эффективность, экологичность : тезисы докладов Всероссийского съезда по защите растений, Санкт-Петербург, декабрь 1995 г. – Санкт-Петербург, 1995. – С. 610.
34. Созинов А.А. Повышение качества зерна озимых пшениц / А.А. Созинов, В.Г. Козлов. – Москва : Колос, 1970. – 135 с.
35. Созинов А.А. Улучшение качества озимой пшеницы и кукурузы / А.А. Созинов, Г.П. Жилина. – Москва : Колос, 1983. – 270 с.
36. Федотов В.А. Зимостойкость и урожайность сортов озимой твердой пшеницы в зависимости от обработки семян и некорневой подкормки растений в условиях Воронежской области / В.А. Федотов, Н.В. Подлесных, Е.А. Купряжкин // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2015. – № 1 (44). – С. 10–15.
37. Федотов В.А. Озимая мягкая пшеница в Центральном Черноземье России : монография / В.А. Федотов. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2016. – 415 с.
38. Федотов В.А. Проявление синергизма при совместной обработке семян и растений озимой твердой пшеницы / В.А. Федотов, Н.В. Подлесных, Е.А. Купряжкин // Агропромышленный комплекс на рубеже веков : матер. Международной науч.-практ. конф., посвященной 85-летию агроинженерного факультета Воронежского ГАУ. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2015. – Ч. II. – С. 169–174.
39. Якушкин И.В. Растениеводство : учебник / И.В. Якушкин. – 2-е изд. – Москва : Сельхозиздат, 1953. – 716 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Василий Антонович Федотов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры земледелия, растениеводства и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 253-76-93, e-mail: plant@agronomy.vsau.ru.

Надежда Владимировна Подлесных – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия, растениеводства и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 253-76-93, 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», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 253-76-93, e-mail: plant@agronomy.vsau.ru.

Людмила Михайловна Власова – кандидат сельскохозяйственных наук, агроном УНТЦ «Агротехнология» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, e-mail: plant@agronomy.vsau.ru.

Дата поступления в редакцию 02.09.2018

Дата принятия к печати 20.09.2018

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Vasily A. Fedotov – 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, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-76-93, e-mail: plant@agronomy.vsau.ru.

Nadezhda V. Podlesnykh – Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Soil Management, Crop Science and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-76-93, 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, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-76-93, e-mail: plant@agronomy.vsau.ru.

Lyudmila M. Vlasova – Candidate of Agricultural Sciences, Agronomist, 'Agrotechnology' Training, Research and Technological Center, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-76-93, e-mail: plant@agronomy.vsau.ru.

Received September 02, 2018

Accepted September 20, 2018

ФИТОФАГИ ГОРОХА И ПРИЕМЫ ОГРАНИЧЕНИЯ ИХ ВРЕДНОСТИ

Александр Иванович Илларионов¹

Ирина Николаевна Разумейко²

¹Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

²Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений МСХ РФ

Целью настоящей работы является анализ и обобщение имеющихся в научной литературе сведений, касающихся защиты гороха от вредоносных фитофагов, выявление нерешенных вопросов и направлений дальнейших исследований по данной проблеме. Представлена информация об особенностях биологии, экологии, численности, вредоносности и приемах ограничения популяций доминантных видов фитофагов гороха. В условиях отдельных регионов и эколого-географических зон РФ установлена роль биотических и абиотических факторов, определяющих возможность активного развития каждого вида фитофага с нанесением повреждений культуре, приводящих к снижению урожая на 30–50% и даже гибели растений. Выявлено влияние биотических и абиотических факторов, вызывающих депрессию популяций фитофагов, при которой резко снижается вредоносность насекомых. Установлена высокая биологическая эффективность неоникотиноидных инсектицидов по снижению численности клубеньковых долгоносиков. Против гороховой тли эффективно опрыскивание растений такими инсектицидами, как диметоат в форме препарата Террадим, КЭ (нормы применения 0,5 и 0,9 л/га), лямбда-цигалотрин в форме препарата Каратэ Зеон, МКС (норма применения 0,1 л/га), циперметрин в форме препарата Шарпей, МЭ (норма применения 0,2 л/га) и эсфенвалерат в форме препарата Сэмпай, КЭ (норма применения 0,3 л/га). Для ограничения численности и вредоносности зерновки и плодовой гнили целесообразно использовать высокоэффективные инсектициды диметоат в форме препарата Террадим, КЭ (норма применения 0,9 л/га), циперметрин в форме препарата Шарпей, МЭ (норма применения 0,2 л/га) и лямбда-цигалотрин в форме препарата Брейк, МЭ (норма применения 0,06 л/га). Биологическая эффективность применения инсектицидов достигает 67–89%.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: горох, фитофаги гороха, инсектициды, зоны вредоносности фитофагов, приемы ограничения численности фитофагов.

PHYTOPHAGES OF PEAS AND TECHNIQUES FOR LIMITING THEIR HARMFULNESS

Alexander I. Illarionov¹

Irina N. Razumeiko²

¹Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

²All-Russian Research Institute of Plant Protection of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation

The objective of the study is to analyze and summarize the information available in scientific literature regarding the protection of peas from harmful phytophages, as well as to identify the unresolved issues and directions for further research on this problem. The authors present data on the features of biology, ecology, abundance, and harmfulness of dominant species of pea phytophages and techniques for limiting their population. In the conditions of certain regions, ecological and geographical zones of the Russian Federation the authors have established the role of biotic and abiotic factors determining the possibility of active development of each phytophage species that damage the crop causing a yield decrease by 30–50% and even plant death. The authors have identified the influence of biotic and abiotic factors causing the depression of phytophage populations, thus decreasing the harmfulness of insects dramatically. Studies indicate that neonicotinoid insecticides have shown a high biological efficiency against Sitona. It has been shown that an efficient method against pea aphids was spraying the plants with insecticides such as dimethoate in the form of Terradim, EC (application rates of 0.5 and 0.9 L/ha), lambda-cyhalothrin in the form of Karate Zeon, MCS (application rate of 0.1 L/ha), cypermethrin in the form of Shar-Pei, ME (application rate of 0.2 L/ha) and esfenvalerate in the form of Senpai, EC (application rate of 0.3 L/ha). In order to limit the abundance and harmfulness of bruchids and codling moth it is advisable to use such highly efficient insecticides as dimethoate in the form of Terradim, EC (application rate of 0.9 L/ha), cypermethrin in the form of Shar-Pei, ME (application rate of 0.2 L/ha) and lambda-cyhalothrin in the form of the drug Breyk, ME (application rate of 0.06 L/ha). The biological efficiency of insecticides reaches 67–89%.

KEYWORDS: peas, phytophages of peas, insecticides, area of harmfulness of phytophages, techniques for limiting the abundance of phytophages.

Введение

Горох является одной из важных сельскохозяйственных культур зернобобовой группы. Значение культуры в жизни человека определяется различными потребительскими свойствами. Так, повышенное содержание белка в зерне гороха (22–29%), имеющего в своем составе практически все незаменимые аминокислоты, позволяет использовать его для производства продуктов не только пищевого, но и кормового назначения [33, 38, 46]. Существенная роль принадлежит этой культуре в процессе биологического накопления и обогащения почвы азотом.

Вместе с тем при высоком потенциале гороха урожайность его остается невысокой [40]. Причиной этого наряду с другими факторами являются значительные потери урожая в результате повреждений растений различными видами насекомых [42–45]. Заселение и питание на растениях гороха вредоносных видов насекомых может снизить урожай зерна культуры на 4–6 ц/га. Потребительские качества зерна с заселенных фитофагами растений гороха также весьма низкие [18, 34].

Биология, экология и вредоносность фитофагов гороха

К числу вредоносных видов фитофагов гороха относятся как представители группы многоядных насекомых, так и специализированные виды. В данной работе рассматриваются различные аспекты биологии, экологии, распространенности, вредоносности и приемы ограничения плотности популяций только группы специализированных видов.

Клубеньковые долгоносики (*Curculionidae*, *Coleoptera*). К настоящему времени из известных специалистам более 45 видов клубеньковых долгоносиков для зернобобовых культур, в том числе и гороха, наиболее вредоносны и опасны два вида – полосатый (*Sitona lineatus* L.) и серый щетинистый (*S. crinitus* Herbst.). Оба вида насекомых распространены и наносят повреждения культуре во всех эколого-географических зонах страны, где произрастают бобовые растения [30]. Однако только в лесостепных районах Центрального Черноземья, Волго-Вятском регионе, Среднем Поволжье и на Среднем Урале долгоносики наносят высокий вред гороху.

По морфологическому строению взрослые насекомые полосатого долгоносика несколько отличаются от имаго серого щетинистого. Эти отличия, прежде всего, наблюдаются в размерах тела. Полосатый долгоносик несколько крупнее щетинистого. Он имеет длину тела в пределах от 3,5 до 5,5 мм, тогда как длина тела серого щетинистого – 2,8–4,5 мм. Однако помимо различий у этих видов фитофагов имеются и сходства. Личинка у обоих видов белая, длиной до 5 мм [7, 23, 28]. Сходна и биология двух видов. В течение года развивается только одна генерация долгоносиков. Зимуют взрослые насекомые в почве и под растительными остатками. Температура в местах зимовки долгоносиков может существенно влиять на их выживаемость [3]. Весной долгоносики выходят из мест зимовки и приступают к питанию на многолетних бобовых травах. С появлением всходов гороха или других однолетних зернобобовых культур долгоносики мигрируют на эти поля, заселяя их с краевых полос [2]. После спаривания с самцами самки откладывают яйца на различные субстраты, в том числе почву, нижние листья и стебли растений гороха. Плодовитость самок колеблется от 1500 до 3600 яиц [7, 23, 36]. Вышедшие из яиц личинки перемещаются к корням растений и проникают в клубеньки, где начинают питаться их содержимым. Период развития личинок составляет от 29 до 45 суток. Окукливание происходит в почве на глубине от 5 до 30 см. Кукольная стадия длится от 8 до 11 суток. Начиная с середины июля и в течение августа появляются молодые жуки. Некоторое время они питаются, а затем перемещаются в места зимовки.

Используют растения гороха в качестве источника корма как взрослые долгоносики, так и их личинки. Жуки выгрызают по краям листьев участки овальной формы. Такой тип повреждений специалистами принято называть «фигурное объедание». При этом жуки стараются питаться более нежными листьями верхнего яруса. Особенно опасно уничтожение семядольных листьев и точек роста, что может привести к гибели

растений. Критический период культуры приходится на фазы всходы – 5–6 сложных листьев. Сухая, жаркая погода усиливает питание жуков и увеличивает вредоносность. Личинки повреждают клубеньки на корнях и сами корни. Это ведет к снижению содержания азота в корнях, что непосредственно наносит вред гороху, а также другим культурам севооборота [22].

По имеющимся данным [3, 30], поврежденные растения отстают в росте по сравнению с неповрежденными, а также имеют меньшее количество бобов, а в бобах – меньше горошин. Уничтожение 25% листовой поверхности снижает урожай на 33% [49]. Плотность популяций жуков 5–6 особей на 1 м² в зависимости от сорта и погодных условий вегетационного периода может стать причиной гибели всходов гороха [11]. При численности до 26 личинок на 1 м² поврежденность клубеньков может достигать 80–90% [12]. При высокой плотности популяций фитофагов урожай зеленой массы снижается на 8%, а зерна – на 37% и более [22]. В Воронежской области при обследовании посевов гороха пороговая численность долгоносиков отмечалась в 2014 и 2015 гг. на площади 1,6 тыс. га [42, 43], в 2016 г. – 1,8 [44], в 2017 г. – 0,9 тыс. га [45].

Гороховая зерновка (*Bruchus pisorum* L.) (*Bruchidae*, *Coleoptera*). Это небольшой жук овальной формы, размером 4,5–5 мм, черного цвета. На задней половине надкрыльев имеется косая белая перевязь, обычно разбитая на отдельные пятна, на конце брюшка – белый крестообразный рисунок. Взрослая личинка достигает 5–6 мм, светло-желтая куколка – 4–5 мм. Развивается зерновка в одной генерации.

Фитофаг широко распространен. На территории европейской части Российской Федерации выделены несколько зон вредоносности фитофага [27]. Оптимальные условия для развития зерновки высокого и постоянного вреда складываются в Белгородской, Воронежской и Саратовской областях, Нижнем Поволжье и на Северном Кавказе. В этих регионах состояние погодных условий, как правило, позволяет завершить процесс метаморфоза фитофага, находящегося в падалице зерна после уборки культуры. Вышедшие молодые взрослые насекомые и представляют популяцию, которая зимует в природных условиях. В районах средней полосы вредитель зимует в семенах, а в южных районах – в зернохранилищах и под опавшими листьями. Высокая выживаемость жуков (до 100%) в этих регионах наблюдается в годы с «мягкими» по погодным условиям зимами. К северу от этих регионов до границы по линии: Курск – Липецк – Тамбов – Ульяновск – Уфа часто наблюдается повышенная влажность воздуха и почвы после созревания гороха, что вызывает набухание падалицы зерна гороха и гибель в ней личинок зерновки, в результате численность популяции снижается. Длительный период низких температур в зимний период также приводит к гибели жуков, зимующих в природных условиях. Поэтому в этой зоне зерновка наносит вред культуре периодически, при погодных условиях, благоприятно складывающихся для развития фитофага. Северные регионы возделывания гороха входят в зону слабого вреда, наносимого зерновкой. Прохладная погода этого региона замедляет процесс развития личинок, поэтому зерновка зимует в фазе личинки четвертого возраста или куколки. Завершение процесса развития происходит весной следующего года. В зимний период жуки в природных условиях региона не выживают, поэтому жуки, находящиеся в семенном материале, формируют популяцию фитофага в полевых условиях. В течение года гороховая зерновка развивается в одной генерации.

Жуки заселяют посевы гороха в начале фазы цветения с краевых полос поля этой культуры. После спаривания самки откладывают яйца на створки формирующихся бобов гороха, одна самка может отложить от 130 до 730 яиц. Отродившиеся личинки проникают в молодые горошины, где их развитие продолжается 29–37 суток. Фаза куколки длится в пределах 13–25 суток, после чего появляются жуки нового поколения.

Потери урожая гороха различны и определяются количеством заселенного фитофагом зерна [41]. Потребительские качества такого зерна гороха низкие. Поврежденное зерно гороха не представляет ценности для пищевых целей [1, 5, 6].

При обследовании посевов гороха в хозяйствах Воронежской области пороговая численность зерновки отмечалась в 2014 г. на площади 33,8 тыс. га [42], в 2015 г. – 16,9 [43], в 2016 г. – 19,6 [44], в 2017 г. – 16,3 тыс. га [45].

Гороховая тля (*Acyrtosiphon pisum* Harris.) (*Aphididae*, *Homoptera*). Бескрылая партеногенетическая самка длиной 4–5,5 мм, светло-зеленая. Крылатая партеногенетическая самка зеленая, с более темным брюшком. Самцы длиной около 2,5 мм, крылатые.

Гороховая тля распространена повсеместно. Выделены две зоны вредоносности гороховой тли [27].

Наиболее сильно вредит фитофаг в регионах с умеренно теплой погодой, которая способствует размножению насекомого. Таковыми являются лесостепные районы Центрального Черноземья, Волго-Вятского, Центрального, Поволжского и Уральского регионов (зона сильного вреда). Наибольшая повреждаемость гороха тлей отмечается в фазы цветения – налива зерна.

Регионы Нечероземья входят в зону неустойчивого вреда. Размножение вредителя здесь сдерживается сильным поражением и гибелью тли от энтомофтороза, а в степной зоне – низкой влажностью (засушливой погодой). Массовое размножение гороховой тли здесь, а следовательно, и нанесение высокого вреда наблюдается только в годы с оптимальными для фитофага температурой и влажностью воздуха. Формирование колоний тли происходит практически на всех органах растений гороха.

Зимующей стадией фитофага являются яйца, отложенные самками на многолетних и двулетних бобовых растениях. Очень часто самки гороховой тли откладывают яйца на падалице гороха.

При температуре выше +4–5°C из яиц рождаются личинки, которые заселяют листья многолетних бобовых трав. Заселение посевов гороха, как правило, происходит в начале фазы бутонизации культуры. На посевах гороха развивается 5–7 поколений тли.

По мере завершения вегетации растений гороха, которая сопровождается огрублением тканей растений, что ухудшает условия питания тли, численность вредителя постепенно уменьшается. Определенная часть насекомых погибает от болезней, а также в результате хищнической деятельности многих видов насекомых. Значительная же часть насекомых окрыляется и перелетает на вегетирующие многолетние бобовые травы. Здесь тля продолжает размножаться. В начале сентября в колониях наряду с девственными самками начинают появляться бескрылые самки-полоноски. Они рожают личинок самцов. После спаривания самки откладывают по 10–15 светло-зеленых яиц, размещая их в основании стеблей растений или на опавших листьях. Через некоторое время (5–6 суток) яйца становятся черными, блестящими. Эти яйца зимуют.

Гороховая тля заселяет и питается растениями гороха в течение 2–3 недель. Несмотря на недлительный срок питания, она, как правило, существенно снижает урожай культуры. При этом массовому размножению вредителя способствуют умеренная температура воздуха (в пределах от 17 до 21°C) и повышенная влажность. Такие погодные условия благоприятствуют длительному процессу вегетации растений, и период питания насекомых на таких растениях соответственно растянут. Напротив, сухая и жаркая погода вегетационного периода существенно снижает численность популяции гороховой тли в Центральном Черноземье. В таких условиях достаточно быстро проходят физиологические процессы растений, дифференциация тканей и их огрубление, что затрудняет питание тли на растениях. Ухудшение условий питания насекомых, а также заметное сокращение периода вегетации растений, а следовательно и срока питания тли, являются причиной снижения плотности ее популяции до численности, не превышающей экономический порог вредоносности [32]. Но даже и при невысокой численности вредителя на посевах культуры часто отмечаются потери значительного количества урожая [48].

Гороховая тля опасна главным образом в фазы бутонизации и цветения гороха. Насекомые заселяют молодые листья, цветки и формирующиеся бобы. Имея колюще-сосущий ротовой аппарат, тли прокалывают им ткани растений и, высасывая клеточный сок, вызывают морфологическую деформацию тканей. Это происходит из-за нарушения нормального роста ткани в местах повреждений. В результате неравномерного роста тканей поврежденных растений их листья скручиваются, побеги сильно искривляются и задерживаются в росте, а бобы остаются недоразвитыми. Снижаются урожайность культуры и посевные качества семян. Вредоносность тли этим не ограничивается. У поврежденных растений снижается процесс азотфиксации более чем на 80%, а также количество клубеньков – более чем на 70%. При высокой плотности популяции фитофага (более 30–40 экз./растение) потери урожая зерна гороха могут составлять 20–50% [4, 11, 36]. При высокой численности вредителя часто можно наблюдать даже гибель урожая [4, 18].

В Воронежской области при обследовании посевов гороха пороговая численность тли отмечалась в 2014 г. на площади 12,2 тыс. га [42], в 2015 г. – 4,6 [43], в 2016 г. – 3,6 [44], в 2017 г. – 3,8 тыс. га [45].

Гороховая плодожорка (*Lasperesia nigricana* Steph.) (Tortricidae, Lepidoptera). Взрослое насекомое по морфологическим параметрам имеет размеры 12–16 мм в размахе крыльев. Передние крылья темно-серые с белыми штрихами, задние крылья светлее передних. Яйца длиной 0,75–0,8 мм, желтоватые, овальные. Гусеница длиной до 10 мм, светло-зеленая или желтоватая. Куколка желто-бурая длиной 5–7 мм в овальном коконе.

Гороховая плодожорка распространена во всех регионах возделывания гороха. Степень вредоносности фитофага зависит от абиотических факторов среды. На территории Российской Федерации выделяют три зоны вредоносности фитофага [27]. В Волго-Вятском регионе, Нижегородской области, Республике Марий Эл, Чувашии, Татарстане, Башкортостане умеренно теплая погода в период вегетации, в том числе в фазы цветения – налива зерна, способствует быстрому размножению и развитию фитофага, росту его плодовитости и хорошей выживаемости гусениц. Это обуславливает высокую численность и вредоносность фитофага в этой зоне. Неустойчивый характер вреда плодожорки наблюдается в Центральном Черноземье, Среднем Поволжье, Западно-Сибирском регионе и на Среднем Урале. В годы с повышенным количеством осадков и температурой воздуха ниже +17°C в период лёта бабочек здесь наблюдается низкая плодовитость самок. Это часто приводит к депрессии популяции вредителя. И наконец, в зону слабого вреда гороховой плодожорки входят Северный и Северо-Западный регионы европейской части Российской Федерации, а также республики, края и области Северного Кавказа, Нижнего Поволжья и Южного Урала. Прохладная погода летнего периода и малые размеры посевных площадей являются сдерживающим фактором размножения гороховой плодожорки. Только в годы с теплым и сухим летом отмечается значительная вредоносность фитофага. В южной степной части этой зоны сухая и жаркая погода обуславливает высокую смертность гусениц вредителя на стадии их отрождения и проникновения в бобы. Это существенно сдерживает массовое размножение вредителя.

Гороховая плодожорка имеет одну генерацию. В отдельные годы наблюдается частично второе поколение. Фитофаг зимует в стадии взрослой гусеницы в длинном коконе в почве на глубине 2–2,5 см. Весной в период с середины мая до начала июня гусеницы окукливаются. Куколка развивается в течение полутора-трех недель. Для этого необходима сумма эффективных температур 121°C при нижнем пороге 12°C. а спустя полторы-две недели происходит вылет взрослых насекомых. Вылет бабочек совпадает с периодом цветения гороха. Бабочки начинают летать в сумерках и вечером, питаются нектаром цветущих растений, но преимущественно на цветущем горохе. После вылета и дополнительного питания нектаром самки плодожорки начинают откладывать яйца. Яйцекладка может продолжаться в течение месяца из-за растянутости вылета бабочек.

Пик интенсивности яйцекладки занимает около 10 суток. Самки откладывают яйца по 1, реже по 2–4 на поверхность верхушечных листьев, прилистники, чашечки цветков, цветоножки, стебли, бобы. Эмбриональное развитие занимает период от 4–5 до 10–16 суток. Отродившиеся из яиц гусеницы проникают в боб, как правило, через верхний край боба и начинают питаться формирующимся зерном. Гусеницы питаются и развиваются в течение 15–28 суток. Завершившие свое развитие гусеницы выходят из боба через предварительно прогрызенное в створке боба отверстие, перемещаются в почву, где они плетут себе кокон, в котором окукливаются и зимуют [28].

Степень поврежденности зерна гороха составляет от 3–5 до 22–25% в зависимости от размеров поля. Потеря массы поврежденного зерна достигает 40%, а всхожесть зерна снижается на 75% [6, 37, 39].

На посевах гороха в хозяйствах Воронежской области в 2014 г. гусеницы гороховой плодовой гусеницы перед уборкой выявлялись на 51,6% обследуемой площади со средневзвешенной численностью 1 экз./боб [42], в 2015 г. – на 28% обследуемой площади со средневзвешенной численностью 1 экз./боб [43], в 2016 г. – на площади 4 тыс. га со средневзвешенной численностью 3,1 экз./боб [44], в 2017 г. – на 13,7 % обследуемой площади с численностью 0,3 экз./м² [45].

Кроме этого вида встречаются и вредят также *L. dorsana* F. и *L. nebritana* Tr.

Гороховый трипс (*Kakothrips robustus* Uz.) (*Thripidae*, *Thysanoptera*). Этого фитофага некоторые исследователи относят в группу потенциально опасных вредителей гороха [20]. Взрослое насекомое имеет, как и многие виды трипсов, черную окраску, желтоватые лапки и восьмичлениковые усики. Размеры самок могут достигать 1,8 мм в длину, а личинок, которые в отличие от взрослых насекомых окрашены в оранжевый или желтый цвет, – 1,4–1,6 мм. В условиях Воронежской области личинки появляются на 7–11-е сутки после начала яйцекладки, в фазе цветения гороха. Подавляющее количество насекомых в агроценозе присутствуют в течение 18–21 суток, начиная от фазы образования лопатки до фазы налива зерна. При этом на бобе может питаться различное количество особей. В Воронежской области в 2014 г. на посевах гороха личинки трипса в фазе созревания культуры выявлялись на 65,6% обследуемой площади с численностью 2,8–6 экз./боб [42], в 2015 г. – на 100% обследуемой площади со средневзвешенной численностью 22 экз./100 взмахов сачком [43], в 2016 г. – на площади 4 тыс. га со средневзвешенной численностью 3,1 экз./боб [44], в 2017 г. – на площади 10,7 тыс. га [45].

В дневные часы, как правило, две группы личинок горохового трипса концентрируются на затененной стороне боба: одна из них располагается ближе к плодоножке, другая – на противоположной стороне, ближе к носику. При питании трипса на створках боба появляются многочисленные серебристые пятна, которые при слиянии образуют сплошной рисунок. Повреждение насекомыми бобов сопровождается не только замедлением их развития, но и частичной деформацией. При высокой плотности популяции трипса значительно возрастают потери урожая культуры. Они могут составлять от 7–13 до 23% и более. Бобы верхних ярусов, формирующиеся в более поздние сроки, повреждаются сильнее. Из-за повреждения трипсом бобов верхних ярусов и происходит основное снижение урожая зерна. Личинки горохового трипса зимуют в поверхностном слое почвы. Весной при достижении температуры поверхностного слоя почвы 10–12°C они выходят из почвы на поверхность. В процессе метаморфоза личинки превращаются в нимф, а последние – во взрослых насекомых.

Трипс чувствителен к инсектицидам, их применение на посевах культуры позволяет значительно снизить численность вредителя. В таких случаях трипс практически не наносит существенных повреждений. Однако плотность популяции довольно быстро восстанавливается.

Пятиточечный долгоносик (*Tychius quinquepunctatus* L.) (*Curculionidae*, *Coleoptera*). Взрослый жук бронзово-красного цвета с длиной тела 3,5–4 мм. Личинка белая, а

в последнем возрасте желтоватого цвета длиной 6–7 мм. Заселение посевов гороха начинается в фазе ветвления (20–22 листа). Жуки питаются верхушечными листьями, проделывая в них небольшие отверстия. Они также могут перекусывать черешки листьев. Такие листья засыхают и опадают. Жуки повреждают и стебли, проделывая в них многочисленные отверстия и надгрызы, иногда даже перекусывая стебли. В результате этого верхушечная часть побега надламывается и засыхает. После выбрасывания цветоносов жуки повреждают уже бутоны, предпочитая верхушечную часть растений. С началом формирования бобов самки откладывают яйца через небольшие отверстия в стенках бобов. Яйца самка размещает группами по 4–12 шт. непосредственно на горошины или поблизости от них. Период эмбрионального развития продолжается 5–7 суток. Личинки, питаясь сформировавшимися зернами, пронизывают их ходами насквозь, оставляя часто только верхнюю оболочку с огрызками семядолей, загрязненных экскрементами. Закончив питание, личинки покидают бобы через прогрызенные отверстия. В почве в верхнем слое на глубине до 5 см личинки окукливаются. Через 1–2 месяца появляются жуки нового поколения, которые и зимуют в почве.

По мнению некоторых исследователей [21, 50], повышение экономического значения пятиточечного долгоносика связано, отчасти, с массовым применением инсектицидов против гороховой зерновки и гороховой плодожорки. Эти мероприятия существенно сдерживали численность долгоносика. Возможно влияние и других факторов на активизацию популяции фитофага.

Технологические приемы ограничения вредоносности фитофагов гороха

Защита гороха от вредоносных фитофагов может быть эффективной лишь при научно обоснованной организации применения всех технологических операций выращивания культуры, обеспечивающих оптимальные условия для роста и развития растений и одновременно неблагоприятных для фитофагов, своевременного и качественного применения биологических и химических средств против вредоносных насекомых.

Существенное снижение вредоносности фитофагов гороха обеспечивается соблюдением севооборота [22]. В севообороте возвращение культуры на прежнее поле происходит не ранее чем через 4–5 лет. Севооборот с позиций современного понимания его фитосанитарной роли обеспечивает не только нарушение непрерывности питания фитофагов, а следовательно и развития, и размножения, но и пространственную изоляцию гороха от прошлогодних посевов зернобобовых культур и многолетних трав в пределах 2–5 км, уменьшая тем самым заселение посевов культуры клубеньковыми долгоносиками, гороховыми тлей, зерновкой и плодожоркой.

На снижение уровня вредоносности фитофагов гороха существенное влияние оказывают оптимально ранние сроки посева [32, 39]. Особое значение в ограничении численности и вредоносности гороховой зерновки придается использованию для посева культуры не зараженного жуками семенного материала. Для этого сразу после уборки определяют зараженность семян гороха вредителем и при его обнаружении проводят фумигацию (газацию) одним из препаратов на основе алюминия фосфида или магния фосфида в соответствии с существующей технологией и соблюдением всех регламентов [1, 15, 17]. Пространственная изоляция гороха снижает вредоносность фитофагов.

Обработка почвы, как показали исследования И.Н. Ивановой [10], оказывает влияние на численность и вредоносность различных стадий фитофагов, находящихся в почве. Установлена обратная зависимость между глубиной заделки падалицы гороха, зараженной личинками гороховой зерновки, и процентом жуков, вышедших на поверхность почвы. Чем больше глубина заделки падалицы, тем ниже процент насекомых, способных преодолеть толщу почвенного слоя и выйти на ее поверхность. Глубокая зяблевая вспашка перемещает коконы гороховой плодожорки в более глубокие слои пахотного горизонта, который представляет собой мощное препятствие для вышедших из коконов весной бабочек. Напротив, плоскорезная обработка почвы, при которой от-

существует перемещение коконов фитофага по почвенному горизонту, способствует росту плотности популяции гороховой плодожорки [12, 18, 19].

Лущением стерни после уборки гороха заделывается в почву падалица зерна, зараженная личинками зерновки. В почве зерна падалицы набухают и становятся непригодными для питания личинок, что резко снижает их жизнеспособность. При проведении лущения стерни в более поздние сроки в падалице гороха уже формируются куколки или жуки, в отношении которых этот прием малоэффективен [28].

Внесение удобрений в оптимальных дозах, а также качественная обработка почвы перед посевом обеспечивают нормальное развитие растений, повышают их физиологическую устойчивость к вредным организмам и компенсаторные свойства гороха.

В результате применения заниженных норм формируются разреженные посевы гороха. Они более подвержены заселению и повреждению клубеньковыми долгоносиками и гороховой тлей. Поверхностная обработка почвы боронованием всходов не только улучшает воздушно-водный режим почвы и развитие растений, но и активизирует деятельность паразитов и хищников в отношении клубеньковых долгоносиков. Снижение численности личинок клубеньковых долгоносиков достигается при ранней уборке бобовых смесей в занятых парах и последующей вспашкой [3, 39].

Как известно, гороховая зерновка заселяет агроценоз культуры в фазе бутонизации – начале цветения начиная с краев поля. На растениях краевой полосы посева шириной 30–50 м численность яиц зерновки многократно увеличивается по сравнению с центральной его частью. В этой связи на полях площадью 200 га и более скашивание в начале налива зерна краевой полосы гороха на зеленый корм животным существенно снижает зараженность зерна фитофагом. В случаях посева гороха с горчицей в качестве поддерживающей культуры зерновку отпугивает запах горчицы [35]. Для самок гороховой плодожорки более предпочтительны для откладки яиц чистые посевы гороха по сравнению со смешанными со злаковыми культурами.

Одним из путей не только увеличения урожайности гороха, но и оптимизации фитосанитарного состояния посевов является внедрение в производство новых сортов и расширение их посевных площадей [25, 31]. Сорта с высокими компенсаторными свойствами – быстрым темпом роста в фазе всходов, высокой способностью к восстановлению утраченных побегов в результате питания ими насекомых проявляют повышенную устойчивость к повреждениям всходов долгоносиками [22]. Сорта с высоким содержанием белка, неполегающим стеблем, неосыпающимися семенами обладают и высокой степенью устойчивости к гороховой тле, гороховой зерновке и гороховой плодожорке. Только использование устойчивых сортов гороха к гороховой тле позволяет получить дополнительно прибавку урожая за счет снижения его потери в 2,5 и более раз [4]. По данным И.Н. Ивановой [13], из 25 взятых в исследование сортообразцов гороха наибольшую устойчивость к доминантным видам фитофагов проявляли 10. В их числе: Стабил, Таловец 65 и Таловец 70, АМЗК-99, Амур, Аксайский усатый 7, Зенит, Рамбел, Флагман 5 и Девиз. Устойчивость сортов гороха к плодожорке зависит от степени совпадения периода ее яйцекладки и фазы цветения культуры. При высокой синхронности этих фаз у сортов гороха и насекомых наблюдается низкая устойчивость культуры к вредителю. Более высокую устойчивость к плодожорке проявляют сорта с непродолжительным периодом цветения, или их цветение наступает раньше, чем период яйцекладки самками вредителя. В этом случае к моменту появления гусениц околоплодник грубеет, что затрудняет внедрение гусениц в плод [22].

Весьма существенная роль в ограничении численности вредоносных видов насекомых в посевах гороха принадлежит полезной энтомофауне. Наблюдения за видовым составом, численностью полезных видов и соотношением вредных и полезных видов с учетом изменений условий среды необходимы для разработки тактики защитных мероприятий. Так, формирование популяций хищных жужелиц на посевах гороха: *Bembidion lampros*, *Bembidion quadrtodecimpunctata* и *Bembidion guttula* происходит с началом

заселения культуры клубеньковыми долгоносиками [9]. С ростом плотности популяции долгоносиков растёт и численность жужелиц. Жужелицы используют в качестве корма яйца долгоносиков. Один хищник съедает 50–70 яиц в сутки [10, 11]. Из паразитов гороховой зерновки определенное положительное влияние на снижение ее численности оказывает яйцеед брухоктонус (*Bruchoktonus senex* L.) [26]. Кокцинеллиды (*Coccinellidae*) и сирфиды (*Syrphidae*), личинки журчалок, златоглазок относятся к числу наиболее распространенных и многочисленных энтомофагов. Эти насекомые зачастую не допускают массового размножения гороховой тли [24, 29, 47]. Особое значение имеет специализированный паразит тлей – *Aphidius ervi* Hal. [11]. В то же время, по мнению Д.А. Колесовой с соавт. [20], на горохе роль энтомофагов в снижении численности тли сильно преувеличена. Для ограничения численности гороховой плодоярки предлагается выпуск яйцеда трихограммы в период яйцекладки фитофага при норме применения 40–60 тыс. особей на 1 га. Этот прием позволяет снизить численность вредителя на 53–83%. Из-за растянутой во времени яйцекладки плодоярки, с одной стороны, а с другой – непродолжительного периода жизни и способности трихограммы заражать яйца (не более трех-пяти суток) выпуск паразита необходимо осуществлять в три-четыре срока [28].

В снижении плотности популяции гороховой тли значительная роль принадлежит заболеваниям, возбудителями которых являются микромицеты видов *Entomophthora aphidis* Hoffm., *E. thaxteriana* Petd., *E. sphaerosperma* Fres., *Conidiobolus coronatus* Cost. (Kevor) [8].

В настоящее время важную роль в защите растений гороха занимает химический метод. Современный ассортимент инсектицидов для борьбы с фитофагами гороха обширен и представлен препаратами из разных классов химических соединений.

Биологически эффективное и экологически малоопасное применение инсектицидов невозможно без хорошо организованного фитосанитарного мониторинга, т. е. системы наблюдений и учетов за фитофагами на разных фазах развития и этапах возделывания гороха. Данные фитосанитарного мониторинга позволяют дать биоэкологическое и экономическое обоснование использования инсектицидов на посевах гороха для каждого конкретного поля с учетом плотности популяции каждого вида фитофага и его распределения, видового состава и численности энтомофагов, погодных условий, состояния развития растений. Экономический порог вредоносности (ЭПВ) фитофагов гороха [51] является одним из важных критериев, который необходимо учитывать при организации защитных мероприятий с помощью инсектицидов. Параметры ЭПВ составляют для клубеньковых долгоносиков в фазе всходов гороха 10–15 экз./м², для гороховой тли в фазы начало бутонизации – цветение – 30–50 экз. на 10 взмахов сачком или 15–20% растений с 1–2 баллами заселения, для гороховой зерновки в фазе бутонизации – 1–2 жука на 10 взмахов сачком, для гороховой плодоярки в фазы бутонизация – цветение – 30–40 бабочек на феромонную ловушку с феромонами Е, Е-8, 10-ДДА за неделю, а в фазе образования бобов – 10% заселенных бобов, для горохового трипса в фазы бутонизация – цветение – 1 имаго на 2 цветка или 2 личинки на боб.

Своевременное решение вопроса защиты культуры от клубеньковых долгоносиков может быть обеспечено инсектицидными обработками краевых полос, где имеется наибольшее количество жуков. Этот прием предотвращает распространение фитофагов по всему агроценозу, и в то же время большая часть жужелиц сохраняется на основной части посева [18, 32, 48].

В собственных исследованиях авторы статьи для ограничения плотности популяции клубеньковых долгоносиков в течение трех лет изучали способ токсикации семян [16, 17]. Для этого семенной материал гороха перед посевом обрабатывали изучаемыми токсикантами. При таком способе применения инсектицидов наибольшую биологическую эффективность в отношении долгоносиков показали неоникотиноидные

инсектициды. Так, биологическая эффективность тиаметоксама в форме препарата Круйзер, СК (норма применения 0,35 л/т) составляла на 3-й день после всходов культуры 82%, на 7-й день – 80, на 14-й – 77 и на 20-й день – 73%. Биологическая эффективность имидаклоприда в форме препарата Табу, ВСК (норма применения 0,3 л/т) составляла соответственно 80, 76, 71 и 68%.

В отношении гороховой тли наиболее эффективным было опрыскивание растений в период вегетации одним из инсектицидов. В их числе: фосфорорганический инсектицид диметоат в форме препарата Террадим, КЭ (нормы применения 0,5 и 0,9 л/га), пиретроиды – лямбда-цигалотрин в форме препарата Каратэ Зеон, МКС (норма применения 0,1 л/га), циперметрин в форме препарата Шарпей, МЭ (норма применения 0,2 л/га) и эсфенвалерат в форме препарата Сэмпай, КЭ (норма применения 0,3 л/га). Их биологическая эффективность достигала 89–98%.

Для ограничения численности и вредоносности гороховой зерновки и гороховой плодоярки высокую эффективность показали фосфорорганический инсектицид диметоат в форме препарата Террадим, КЭ (норма применения 0,9 л/га), пиретроиды – циперметрин в форме препарата Шарпей, МЭ (норма применения 0,2 л/га) и лямбда-цигалотрин в форме препарата Брэйк, МЭ (норма применения 0,06 л/га). Биологическая эффективность названных инсектицидов, примененных методом опрыскивания, находилась в пределах от 67 до 89%.

Заключение

Анализ отечественной научной литературы позволяет констатировать, что для разработки биологически эффективной, экологически малоопасной и экономически целесообразной системы защиты гороха от вредоносных фитофагов необходимо использовать большой объем сведений:

- по видовому составу доминирующих вредоносных видов фитофагов гороха в различных эколого-географических зонах Российской Федерации;
- по биологии, экологии, динамике численности, распространенности, вредоносности фитофагов в изменившихся хозяйственно экономических условиях;
- по влиянию изменений технологии возделывания культуры и структуры посевных площадей на фитосанитарное состояние агроценоза, а также сортов культуры нового поколения на устойчивость их к основным вредоносным видам фитофагов.

Важнейшее значение приобретают разработка и применение наиболее экологически и экономически оправданных приемов защиты посевов гороха, которые позволили бы снизить пестицидный пресс на агроценоз и не нарушать его экологическую устойчивость и продуктивность.

Библиографический список

1. Алёхин В.Т. Гороховая зерновка в ЦЧР / В.Т. Алёхин, И.Н. Иванова // Защита и карантин растений. – 2007. – № 6. – С. 28–29.
2. Алимджанов Р.А. Клубеньковые долгоносики Узбекистана / Р.А. Алимджанов. – Ташкент, 1951. – С. 22–28.
3. Беляев И.М. Гороховые слоники / И.М. Беляев // Бюллетень Московской с.-х. областной опытной станции полеводства. – 1934. – № 2. – С. 8–12.
4. Берим М.Н. Устойчивость гороха к гороховой тле в связи с содержанием в растениях веществ фенольной природы / М.Н. Берим, Н.А. Вилкова // Бюллетень ВИЗР. – 1998. – № 78–79. – С. 123–128.
5. Вахитова Р.К. Влияние гороховой зерновки на посевные качества семян гороха / Р.К. Вахитова, Х.Г. Шарипов // Второй Всероссийский съезд по защите растений (Санкт-Петербург, 5–10 декабря, 2005). Фитосанитарное оздоровление экосистем. – Санкт-Петербург, 2005. – Т. 2. – С. 407–408.
6. Вахитова Р.К. Повреждаемость гороховой зерновкой и плодояркой образцов гороха коллекции ВИР в условиях республики Башкортостан / Р.К. Вахитова, Х.Г. Шарипов // Второй Всероссийский съезд по защите растений (Санкт-Петербург, 5–10 декабря, 2005). Фитосанитарное оздоровление экосистем. – Санкт-Петербург, 2005. – Т. 2. – С. 408–410.
7. Володичев М.А. Защита зерновых культур от вредителей / М.А. Володичев. – Москва : Росагропромиздат, 1990. – 173 с.

8. Временные методические указания по использованию критериев эффективности природных популяций энтомофагов и энтомопатогенов ; подгот к изд. К.Е. Воронин и др. – Москва : ВАСХНИЛ, 1986. – 66 с.
9. Демкин В.И. Система защиты гороха от вредителей в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края / В.И. Демкин, А.В. Демкин // Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов : матер. IX Международной науч.-практ. конф, г. Краснодар, 20–22 июня 2017 г. – Краснодар : Кубанский ГАУ, 2007. – С. 154–157.
10. Догадина Е.В. Возможности использования комплексов жужелиц в регуляции численности вредных насекомых в агроценозах Нижнего Поволжья : научное издание / Е.В. Догадина // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье. – 2001. – № 1. – С. 61–66.
11. Дядечко Н.П. Агроценоотические основы защиты зернобобовых / Н.П. Дядечко // Защита растений. – 1988. – Вып. 3. – С. 26–28.
12. Поспелов С.М. Защита растений : учебник для сред. с.-х. учеб. заведений по специальностям «Агрономия», «Плодоовощеводство», «Овощеводство», «Агрохимия» / С.М. Поспелов, М.В. Арсентьева, Г.С. Груздев ; под ред. Н.Г. Берима. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ленинград : Колос, Ленингр. отд-ние, 1979. – 432 с.
13. Иванова И.Н. Агроэкологическое обоснование защиты посевов гороха от вредителей в условиях Центрального Черноземья : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.11 / И.Н. Иванова. – Воронеж, 2009. – 22 с.
14. Иванова И.Н. Оценка сортов гороха на устойчивость к основным вредителям / И.Н. Иванова // Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов : матер. IV Международной науч.-практ. конф. – Краснодар : Кубанский ГАУ, 2007. – С. 364–365.
15. Илларионов А.И. Фитосанитарные системы и технологии : учебно-методическое пособие / А.И. Илларионов. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2017. – 223 с.
16. Илларионов А.И. Химический метод защиты растений : учеб. пособие для подготовки бакалавров по направлениям 35.03.04 «Агрономия», 35.03.05 «Садоводство» / А.И. Илларионов. – Воронеж : Воронежский ГАУ, 2014. – 259 с.
17. Илларионов А.И. Эффективность инсектицидов против вредителей гороха / А.И. Илларионов, И.Н. Иванова // Защита и карантин растений. – 2008. – № 1. – С. 35.
18. Кантерина Н.Ф. Защита гороха от вредителей и болезней / Н.Ф. Кантерина // Земледелие. – 1998. – № 3. – С. 43–44.
19. Куликов Н.И. Против вредителей гороха / Н.И. Куликов, Г.С. Андрианова // Защита и карантин растений. – 2005. – № 3. – С. 66.
20. Лаптев А.Б. Гороховый трипс / А.Б. Лаптев // Защита растений. – 1994. – № 8. – С. 33.
21. Лаптев А.Б. Опасный вредитель гороха / А.Б. Лаптев, А.М. Шпанев, И.В. Деяева // Защита и карантин растений. – 2005. – № 6. – С. 35–36.
22. Лукина М.И. Критерий вредоносности клубеньковых долгоносиков на всходах гороха / М.И. Лукина // Науч. тр. Всесоюзного НИИ зернобобовых и крупяных культур. – 1976. – Т. 6. – С. 141–144.
23. Мальцев В.Ф. Система биологизации земледелия Нечерноземной зоны России / В.Ф. Мальцев, М.К. Каюмов, В.Е. Ториков ; под ред. В.Ф. Мальцева и М.К. Каюмова. – Москва : ФГНУ «Росинформагротех», 2002. – Ч. 2. – 573 с.
24. Мармулева Е.Ю. Биологические особенности кокциnellид (Coccinellidae), заселяющих посевы гороха в лесостепи Приобья / Е.Ю. Мармулева // Молодые ученые в решении проблем Сибирской аграрной науки : тезисы докладов участников научной конференции молодежи. – Новосибирск, 1997. – С. 36–37.
25. Медведев А.М. Состояние производства зерна бобовых и крупяных культур в России / А.М. Медведев // Агро XXI. – 2002. – № 5. – С. 22–23.
26. Методика выявления, учета и прогноза вредителей и болезней зернобобовых культур и кормовых бобовых трав и сигнализации сроков борьбы с ними / О.И. Петруха [и др.]. – Москва : Колос, 1970. – 46 с.
27. Мониторинг основных вредителей посевов гороха и технология защиты (Рекомендации) / А.В. Ермаков [и др.]. – Москва : ФГНУ «Росинформагротех», 2002. – 32 с.
28. Павлов И.Ф. Защита полевых культур от вредителей / И.Ф. Павлов. – Москва : Россельхозиздат, 1983. – 224 с.
29. Пентык И.Д. Мухи сирфиды – энтомофаги гороховой тли / И.Д. Пентык // Защита растений от вредителей, болезней и сорной растительности : сб. науч. тр. Ставропольской ГСХА. – Ставрополь, 1994. – С. 62–64.
30. Петруха О.И. Клубеньковые долгоносики рода *Sitona* Germ. (Curculionidae, Coleoptera) фауны СССР, вредящие бобовым растениям : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / О.И. Петруха. – Киев, 1965. – 40 с.
31. Посылаева Г.А. Пути экологизации защиты гороха от вредных организмов / Г.А. Посылаева // Защита с.-х. культур от вредителей, болезней и сорняков : сб. науч. тр. – Ленинград, 1991. – С. 9–11.
32. Практические рекомендации по борьбе с вредителями гороха / Д.А. Колесова [и др.]. – Воронеж, 1985. – С. 4–6.
33. Ронис А. Эффективность разных инсектицидов против гороховой тли в Литве / А. Ронис // Стратегия и тактика защиты растений : сб. науч. тр. – Минск, 2006. – Вып. 30. – Ч. 1. – 522 с.
34. Рукин В.Ф. Мониторинг основных вредителей посевов гороха и технология защиты в условиях Липецкой области / В.Ф. Рукин // Сборник науч. тр. – Ленинград, 2004. – Вып. 4. – С. 124.
35. Рымарь В. Новые научные разработки сельскохозяйственному производству / В. Рымарь // Воронежский агровестник. – 2005. – № 3. – С. 20.
36. Словарь-справочник энтомолога / С.П. Белошапкин [и др.]. – 3-е изд. – Москва : ООО «Книжный дом» ЛИБРОКОМ, 2015. – 370 с.

37. Современные методы и средства защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков / Ю.Б. Шуровенков [и др.]. – Воронеж, 1986. – С. 138–144.
38. Справочник агронома Центрально-Черноземный регион / Г.В. Коренев [и др.]; под ред. Г.В. Коренева. – Воронеж : Воронежский ГАУ, 1996. – 314 с.
39. Старостин С.П. Вредители, болезни и сорняки гороха и меры борьбы с ними / С.П. Старостин // Защита растений. – 1988. – № 3. – С. 14–15.
40. Турусов В.И. Перспективы возделывания яровых зерновых и зернобобовых культур / В.И. Турусов, А.М. Новичихин // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – № 2 (6). – С. 64–69.
41. Усовершенствованные методические указания по оценке устойчивости образцов гороха к гороховой зерновке / И.Д. Шапиро [и др.]. – Ленинград, 1987. – 25 с.
42. Фитосанитарный прогноз появления и распространения вредителей и болезней сельскохозяйственных культур в 2015 году и рекомендации по борьбе с ними. Требования к семенам сельскохозяйственных культур; под ред. Н.Я. Кузнецова. – Воронеж : ФГБУ «Россельхозцентр» по Воронежской области, 2015. – 185 с.
43. Фитосанитарный прогноз появления и распространения вредителей и болезней сельскохозяйственных культур в 2016 году и рекомендации по борьбе с ними. Требования к семенам сельскохозяйственных культур; под ред. Н.Я. Кузнецова. – Воронеж : ФГБУ «Россельхозцентр» по Воронежской области, 2016. – 187 с.
44. Фитосанитарный прогноз появления и распространения вредителей и болезней сельскохозяйственных культур в 2017 году и рекомендации по борьбе с ними. Требования к семенам сельскохозяйственных культур; под ред. Н.Я. Кузнецова. – Воронеж : ФГБУ «Россельхозцентр» по Воронежской области, 2017. – 196 с.
45. Фитосанитарный прогноз появления и распространения вредителей и болезней сельскохозяйственных культур в 2018 году и рекомендации по борьбе с ними. Требования к семенам сельскохозяйственных культур. – Воронеж : ФГБУ «Россельхозцентр» по Воронежской области, 2018. – 191 с.
46. Цыганов А.Р. Применение биопрепаратов при возделывании гороха / А.Р. Цыганов, О.И. Вильдфлум // Агрохимический вестник. – 2005. – № 5. – С. 26–27.
47. Ченикалова Е.В. Сирфиды и кокцинеллиды – энтомофаги тли на разных культурах в третьей зоне увлажнения Ставропольского края / Е.В. Ченикалова, Н.Н. Глазунова // Защита и карантин растений : сб. науч. тр. Ставропольской ГСХА. – Ставрополь, 1998. – С. 42–44.
48. Чернов В.Е. Влияние экологических факторов на численность и вредоносность гороховой тли / В.Е. Чернов, И.Д. Пентик // Защита и карантин растений : сб. науч. тр. Ставропольской ГСХА. – Ставрополь, 1998. – С. 63–66.
49. Шадрин Н.Ф. Биоэкологические основы системы надзора за вредителями гороха в лесостепи Западной Сибири : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Н.Ф. Шадрин. – Новосибирск, 1995. – 17 с.
50. Шпанев А.М. Изменения в фитосанитарной обстановке посевов гороха под воздействием агрохимических факторов / А.М. Шпанев // Проблемы и пути реализации потенциала производства зерна в Центральном Черноземье : матер. науч.-практ. конф. и заседания территориального координационного совета «Проблемы земледелия ЦЧЗ». – Каменная Степь – Санкт-Петербург, 2007. – С. 95–97.
51. Экономические пороги вредоносности вредителей, болезней и сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур : справочник / В.Т. Алёхин, В.В. Михайликова, Н.Г. Михина. – Москва : ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. – 76 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**Принадлежность к организации**

Александр Иванович Илларионов – доктор биологических наук, профессор кафедры земледелия, растениеводства и защиты растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8 (473) 253-76-93 (доб. 1321), e-mail: Illarionov-Alexandr@yandex.ru.

Ирина Николаевна Разумейко – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории «Технологии защиты сельскохозяйственных культур от вредных организмов» ФГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» МСХ РФ, Российская Федерация, Воронежская область, Рамонь, e-mail: ramon@mlvnizr.vsi.ru.

Дата поступления в редакцию 24.08.2018

Дата принятия к печати 17.09.2018

AUTHOR CREDENTIALS**Affiliations**

Alexander I. Illarionov – Doctor of Biological Sciences, Professor, the Dept. of Soil Management, Crop Science and Plant Protection, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8 (473) 253-76-93 (internal 1321), e-mail: Illarionov-Alexandr@yandex.ru.

Irina N. Razumeiko – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Technologies for the Protection of Agricultural Crops from Pests Laboratory, All-Russian Research Institute of Plant Protection of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Russian Federation, Voronezh Oblast, Ramon, e-mail: ramon@mlvnizr.vsi.ru.

Received August 24, 2018

Accepted September 17, 2018

СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРИАНДРА ПОСЕВНОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИЕМОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ

Сергей Яковлевич Мухортов
Ирина Борисовна Тихомирова

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Представлены результаты исследований по определению оптимальных параметров технологии выращивания семян кориандра. В задачи исследований входило выявление влияния схем размещения растений, норм высева, сроков и глубины посева, предпосевной обработки семян регуляторами роста на семенную продуктивность разных сортов кориандра (Шико, Бородинский, Янтарь). Исследования проведены в лесостепи Воронежской области в 2006–2008 и 2013–2014 годах по общепринятым методикам. На основании результатов проведенных экспериментов (среднепогодные данные) показано, что для сорта Шико оптимальными являются следующие элементы технологии выращивания семян: схема размещения растений – $(50 + 20) \times 10$ см, норма высева семян – 10,0 кг/га, при предпосевной обработке семян рекомендуется использовать препарат циркон (0,5% раствор) в дозе 1 л/1 кг, посев проводить в первой декаде мая на глубину 3–4 см; для сорта Бородинский: схема размещения растений – $(50 + 20) \times 10$ см, норма высева семян – 10,0 кг/га, при предпосевной обработке семян рекомендуется использовать препарат альбит (0,4% раствор) в дозе 1 л/1 кг, посев – в первой декаде мая на глубину 3–4 см; для сорта Янтарь: схема размещения растений – $(50 + 20 + 20) \times 10$ см, норма высева семян – 10,0 кг/га, при предпосевной обработке семян рекомендуется использовать препарат агат-25К (1% раствор) в дозе 1 л/1 кг, посев – в первой декаде мая на глубину 4 см. Расчет коэффициентов корреляции показал высокую положительную зависимость исследованных показателей от ГТК.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: кориандр, схема размещения растений, норма высева семян, регуляторы роста, предпосевная обработка семян, сроки посева, глубина посева.

SEED PRODUCTIVITY OF CORIANDER DEPENDING ON CULTIVATION TECHNIQUES

Sergey Ya. Mukhortov
Irina B. Tikhomirova

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

The authors present the results of research on determining the optimal parameters of the technology of growing coriander seeds. The aims of research included identifying the effect of planting patterns, seeding rates, terms and depth of sowing, and pre-sowing seed treatment with growth regulators on seed productivity of different coriander varieties (Shiko, Borodinsky, and Yantar). Studies were conducted in the forest steppe of Voronezh Oblast in 2006–2008 and 2013–2014 using conventional methods. Based on the results of experiments (average long-term data) it was shown that the following elements of seed growing technology are optimal for the Shiko variety: planting pattern of $(50 + 20) \times 10$ cm; seeding rate of 10.0 kg/ha; pre-sowing treatment of seeds with Zircon (0.5% solution) in the dose of 1 L/kg; sowing in the first decade of May to the depth of 3–4 cm. For the Borodinsky variety the optimal parameters are as follows: planting pattern of $(50 + 20) \times 10$ cm; seeding rate of 10.0 kg/ha; pre-sowing treatment of seeds with Albite (0.4% solution) in the dose of 1 L/kg; sowing in the first decade of May to the depth of 3–4 cm. For the Yantar variety the optimal parameters are as follows: planting pattern of $(50 + 20 + 20) \times 10$ cm; seeding rate of 10.0 kg/ha; pre-sowing treatment of seeds with Agate-25K (1% solution) in the dose of 1 L/kg; sowing in the first decade of May to the depth of 4 cm. The calculation of correlation coefficients showed a high positive dependence of the studied parameters on hydrothermal coefficient (HTC).

KEYWORDS: coriander, planting pattern, seeding rate, growth regulators, pre-sowing seed treatment, sowing terms, sowing depth.

Зеленные культуры (и в частности кориандр) в структуре посевов овощных растений в последнее время занимают все большее место прежде всего благодаря своей скороспелости и питательной ценности [1, 2, 3]. Но помимо товарной про-

дукции, в качестве которой выступает зеленая масса (листья), немаловажное значение имеет их семенная продуктивность. В связи с этим задача оптимизации агротехнических приемов выращивания семян зеленных культур остается актуальной [7, 8] и должна быть основана на подборе элементов технологии для достижения конечного результата.

Кориандр посевной является ценной овощной культурой и с точки зрения скоропелости, и с точки зрения качества получаемой продукции. Необходимым условием дальнейшего расширения площадей для производства товарной продукции кориандра является обеспеченность качественными семенами при высоком их урожае [9, 10]. Поэтому анализ различных элементов технологии выращивания семян являлся целью данного исследования.

Эксперименты были проведены на участках кафедры плодоводства и овощеводства Воронежского государственного аграрного университета в 2006–2008 и 2013–2014 годах с сортами кориандра Шико, Бородинский и Янтарь.

Почва опытного участка представлена черноземом выщелоченным тяжелосуглинистым. Содержание гумуса в слое почвы 0–30 см составляло 4,1–4,4%, общего азота – 0,23–0,24%, общего фосфора – 70–78 мг/кг, общего калия – 100–120 мг/кг, гидролизуемого азота – 55–79 мг/кг, сумма поглощенных оснований – 27–28 мг-экв. на 100 г почвы, гидролитическая кислотность – 4 мг-экв. на 100 г почвы, объемная масса – 1,03–1,13 г/см³, наименьшая влагоемкость – 26–29%.

Схемы экспериментов представлены в таблице 1. Методика их проведения общепринятая в овощеводстве [6].

Предпосевная обработка семян регуляторами роста проводилась следующим образом: расход раствора – 1 л/1 кг семян; концентрация растворов регуляторов роста: альбит – 0,4%, агат-25К – 1%, циркон – 0,5%, перекись водорода – 0,3%, эпин (экстра) – 0,1%; время обработки семян: контроль (вода) – 6 часов, альбит – 1 час, агат-25К – 3 часа, циркон – 1 час, перекись водорода – 6 часов, эпин (экстра) – 2 часа.

За годы исследований погодные условия были разными, и в качестве критерия их оценки был взят ГТК (гидротермический коэффициент) за период май – август. Этот показатель в 2006 г. составил 1,09, в 2007 г. – 0,73, в 2008 г. – 0,63, в 2013 г. – 0,99, в 2014 г. – 0,72.

Первым элементом технологии выращивания семян кориандра, который исследовался в опыте, была схема размещения растений в поле (табл. 1).

Таблица 1. Влияние схем размещения растений кориандра на семенную продуктивность, г/м² (в среднем за годы исследований)

Варианты опыта	Сорта кориандра		
	Шико	Бородинский	Янтарь
45 × 10 см (контроль)	148,0	154,0	146,0
35 × 10 см	165,0	171,0	163,0
(50 + 20) × 10 см	168,0	172,0	166,0
(50 + 20 + 20) × 10 см	180,0	181,0	179,0
НСР ₀₅	13,45	10,77	11,22

Результаты многолетних экспериментов указывают на однотипность реакции разных сортов кориандра на изменение площади питания. Так, все сорта повышали свою семенную продуктивность при уменьшении площади питания от 450 до 300 см². Это свидетельствует о том, что стандартная схема размещения растений кориандра обуславливает нерациональное использование земельной площади [4, 15]. Последнее подтверждается ростом урожая семян при уменьшении площади питания. В то же время конфигурация площади питания мало влияет на итоговый результат, что видно при

сравнении продуктивности растений кориандра всех сортов при размещении по схемам 35×10 см и $(50 + 20) \times 10$ см. В этом случае площади питания одинаковы и разница между вариантами находится в пределах ошибки опыта.

Рассчитывая коэффициент корреляции между динамикой ГТК (за май – август) и средней продуктивностью кориандра по сортам, мы получили следующие результаты: по сорту Шико коэффициент корреляции составил 0,871, по сорту Бородинский – 0,875, по сорту Янтарь – 0,919. Таким образом, можно заключить, что зависимость урожайности кориандра от ГТК очень высокая.

В таблице 2 представлены результаты учета семенной продуктивности разных сортов кориандра при изменении нормы высева.

Таблица 2. Влияние нормы высева семян кориандра на семенную продуктивность, г/м² (в среднем за годы исследований)

Норма высева, кг/га	Сорта кориандра	
	Шико	Бородинский
10,0	165,6	162,4
12,5	144,4	143,8
15,0	140,6	139,2
17,5	136,0	135,2
НСР ₀₅	11,87	8,05

Влияние нормы высева на семенную продуктивность кориандра также связано с размещением растений на занимаемой площади. И в данном случае следует отметить, что формирование семенного растения требует больших площадей питания, чем формирование растения, у которого будут использоваться только молодые листья в качестве продукта питания [11, 12, 13]. В этом опыте также проявляется однотипность реакции разных сортов на увеличение нормы высева: так, повышение нормы высева с 10,0 до 17,5 кг/га сопровождалось достоверным снижением семенной продуктивности по обоим сортам. Поэтому при выращивании семян кориандра посевного указанных выше сортов следует расходовать на 1 га не более 10,0 кг семян.

При расчете коэффициента корреляции между средней продуктивностью разных сортов кориандра и ГТК (за май-август) получены сравнительно высокие результаты. Так, коэффициент корреляции для сорта Шико составил 0,827, а для сорта Бородинский – 0,777.

Влияние регуляторов роста на овощные растения многосторонне, поэтому важно было выяснить, как влияет обработка семян перед посевом регуляторами роста на урожай семян [5, 14]. Данные этого эксперимента представлены в таблице 3.

Таблица 3. Влияние предпосевной обработки семян кориандра регуляторами роста на семенную продуктивность, г/м² (в среднем за годы исследований)

Варианты опыта	Сорта кориандра		
	Шико	Бородинский	Янтарь
Контроль (вода)	191,0	185,0	176,8
Альбит	204,4	209,4	199,5
Агат-25К	199,9	193,5	205,7
Циркон	215,7	201,3	199,5
Перекись водорода (0,3%)	207,6	199,5	187,9
Эпин (экстра)	209,2	200,5	189,4
НСР ₀₅	13,17	13,54	10,91

Из данных таблицы 3 следует, что разные сорта кориандра неодинаково реагируют на обработку семян перед посевом различными регуляторами роста. Так, сорт Шико в наибольшей степени отреагировал на обработку цирконом – в этом варианте получена

максимальная продуктивность (выше контроля на 24,7 г/м² при НСР₀₅ = 13,17 г/м²), а у сорта Бородинский наиболее эффективной была обработка семян альбитом: превышение контрольного варианта составило 24,4 г/м² при НСР₀₅ = 13,54 г/м². Сорт же Янтарь показал наибольшую эффективность при обработке семян агатом-25К (выше контроля на 28,9 г/м² при НСР₀₅ = 10,91 г/м²).

В то же время практически все испытанные в опыте регуляторы роста (за исключением агата-25К на сортах Шико и Бородинский) при предпосевной обработке семян проявили достоверный положительный эффект. Расчет коэффициентов корреляции показал очень высокую положительную зависимость средней урожайности сортов кориандра в данном опыте от ГТК. Так, по сорту Шико получен коэффициент корреляции, равный 0,817, по сорту Бородинский – 0,963, по сорту Янтарь – 0,919.

В таблице 4 представлены результаты экспериментов по выявлению влияния сроков посева на семенную продуктивность кориандра.

**Таблица 4. Влияние сроков посева кориандра на семенную продуктивность, г/м²
(в среднем за годы исследований)**

Срок посева	Сорта кориандра		
	Шико	Бородинский	Янтарь
3-я декада апреля	168,6	173,2	167,4
1-я декада мая	178,2	182,6	175,4
2-я декада мая	155,2	172,4	165,8
3-я декада мая	160,8	164,2	159,2
НСР ₀₅	12,12	7,77	7,03

Анализируя данные таблицы 4, следует отметить одну закономерность, которой подвержены все испытанные сорта, а именно: лучшим сроком посева является 1-я декада мая (в этот срок получена максимальная продуктивность у всех сортов, достоверно превышающая остальные сроки посева), и несколько хуже выглядит срок посева – 3-я декада апреля. Посев в более поздние сроки в мае сопровождается снижением семенной продуктивности у всех сортов кориандра.

Таким образом, первая декада мая, несмотря на погодные различия последующего периода в разные годы исследований, обеспечивала наиболее оптимальное начальное развитие растений кориандра, учитывая то обстоятельство, что данный посев предназначен для получения семян. При этом по данным наших исследований лучшим сроком выращивания кориандра на зелень является третья декада апреля.

Расчет коэффициента корреляции между средней сортовой урожайностью и ГТК показал очень высокий результат – коэффициент корреляции колебался в зависимости от сорта от 0,948 до 0,957.

Еще одним параметром агротехнического комплекса выращивания кориандра является глубина посева. Полученные результаты экспериментов о влиянии данного параметра на семенную продуктивность кориандра приведены в таблице 5.

**Таблица 5. Влияние глубины посева кориандра на семенную продуктивность, г/м²
(в среднем за годы исследований)**

Глубина посева, см	Сорта кориандра		
	Шико	Бородинский	Янтарь
1	150,6	153,2	155,4
2	158,4	158,4	155,8
3	177,4	180,6	176,8
4	172,6	176,0	185,8
НСР ₀₅	8,78	8,21	8,47

На основе проведенного анализа среднесуточных данных установлено, что глубина посева 1–2 см обуславливает более низкую продуктивность растений кориандра вследствие снижения дружности прорастания семян. И здесь причиной является не только строение семян кориандра, а именно: наличие эфирных масел в оболочках семени и плода, являющихся преградой на пути проникновения влаги к зародышу, но и сравнительно быстрое пересыхание слоя почвы, в который были заделаны семена. Для сортов Шико и Бородинский оптимальной была глубина 3–4 см, а для сорта Янтарь – 4 см, причем разница с другими вариантами достоверно доказана. В последнем случае это объяснимо – сорт Янтарь имеет несколько более крупные семена. Возможно, при этом возникает впечатление о противоречии с результатами исследования сроков посева. Но это впечатление исчезает, если учитывать не только увлажнение слоя почвы с высевными в него семенами, но и темп нарастания суммы эффективных температур, при этом последний выше при посеве в первую декаду мая и более адекватен физиологическим потребностям кориандра, а оптимальное увлажнение обеспечивается некоторым увеличением глубины посева.

Коэффициенты корреляции, полученные в данном опыте (от 0,862 до 0,916), также свидетельствуют о высокой зависимости продуктивности кориандра от ГТК.

Выводы

В результате проведенных исследований определены оптимальные параметры технологии выращивания семян кориандра (отдельно по сортам).

1. Для сорта Шико: схема размещения растений – $(50 + 20) \times 10$ см, норма высева семян – 10,0 кг/га, при предпосевной обработке семян рекомендуется использовать циркон (0,5% раствор) в дозе 1 л/1 кг, посев проводить в первой декаде мая на глубину 3–4 см.

2. Для сорта Бородинский: схема размещения растений – $(50 + 20) \times 10$ см, норма высева семян – 10,0 кг/га, при предпосевной обработке семян рекомендуется использовать альбит (0,4% раствор) в дозе 1 л/1 кг, посев проводить в первой декаде мая на глубину 3–4 см.

3. Для сорта Янтарь: схема размещения растений – $(50 + 20 + 20) \times 10$ см, норма высева семян – 10,0 кг/га, при предпосевной обработке семян рекомендуется использовать агат-25К (1% раствор) в дозе 1 л/1 кг, посев проводить в первой декаде мая на глубину 4 см.

Библиографический список

1. Епифанцев В.В. Энергоэкономичная технология возделывания кориандра в условиях южной сельскохозяйственной зоны Амурской области / В.В. Епифанцев, Ю.Б. Курков, В.Ф. Кузин // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 12. – С. 24–27.
2. Ермакова Е.В. Выращивание кориандра в северной лесостепи Тюменской области : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.06 / Е.В. Ермакова. – Тюмень, 2007. – 17 с.
3. Иванов М.Г. Агроэкономическая оценка эффективности выращивания нетрадиционных пряноароматических культур на Северо-Западе России / М.Г. Иванов // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2010. – № 19. – С. 132–136.

4. Иванов М.Г. Влияние схем посева на рост, развитие и урожайность растений кориандра при возделывании в условиях Северо-Запада России / М.Г. Иванов, А.Д. Шишов, Л.А. Федосьина // Овощеводство и тепличное хозяйство. – 2007. – № 2. – С. 10–12.
5. Маланкина Е.Л. Использование ауксиновых регуляторов роста для повышения продуктивности кориандра посевного (*Coriandrum sativum* L.) в условиях Нечерноземной зоны РФ / Е.Л. Маланкина, Н.М. Пржевальский, Н.И. Кузнецов. – Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 3. – С. 146–150.
6. Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве / В.Ф. Белик и др. ; под ред. В.Ф. Белика. – Москва : Агропромиздат, 1992. – 318 с.
7. Наумкин В.П. Урожайность и особенности цветения кориандра разных сроков посева / В.П. Наумкин // Регуляция продукционного процесса сельскохозяйственных растений : матер. науч.-практ. конф., г. Орел, 04–05 февраля 2006 г., в 2-х ч. – Орел : ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, 2006. – Ч. 2. – С. 231–237.
8. Скотников П.В. Продуктивность новых сортов кориандра в зависимости от агротехнических приемов возделывания в условиях лесостепи ЦЧР : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.09 / П.В. Скотников. – Воронеж, 2009. – 23 с.
9. Числова Л.С. Особенности технологии возделывания кориандра в Белгородской области: история, перспективы, технология / Л.С. Числова. – Белгород : Отчий край, 2011. – 56 с.
10. Числова Л.С. Особенности технологии возделывания кориандра в Белгородской области / Л.С. Числова // Биологизация адаптивно-ландшафтной системы земледелия – основа повышения плодородия почвы, роста продуктивности сельскохозяйственных культур и сохранения окружающей среды : матер. Всероссийской науч.-практ. конф., в 2-х т. – Белгород : Изд-во «Отчий край», 2012. – Т. 1. – С. 321–324.
11. Delibaltova V. Effect of nitrogen fertilization and the sowing rate on the productivity of Marokan coriander (*Coriandrum sativum* L.) variety in the region of Plovdiv / V. Delibaltova, I. Yanchev, H. Kirchev, S. Georgiev. – Аграрни науки. – 2014. – Vol. 6, No. 16. – Pp. 79–84.
12. Delibaltova V. Influence of predecessor and sowing rate on seed yield and yield components of coriander (*Coriandrum sativum* L.) in Southeast Bulgaria / V. Delibaltova, Hr. Kirchev, I. Zheliazkov, I. Yanchev // Bulgarian Journal of Agricultural Sciences. – 2012. – Vol. 18, No. 3. – Pp. 315–319.
13. Delibaltova V. Effect of the date and density of sowing on the seed yield and yield components of coriander (*Coriandrum sativum* L.) / V. Delibaltova, I. Yanchev, V. Ivaylova. – Аграрни науки. – 2012. – Vol. 4, No. 11. – Pp. 45–50.
13. Hristova D. Study on the influence of some biologically active substances over ethereal oil cultures - coriander / D. Hristova, D. Nenкова // Bulgarian Journal of Agricultural Sciences. – 2012. – Vol. 18, No. 1. – Pp. 100–102.
14. Kalra A. Screening of *Coriandrum sativum* accessions for seed and essential oil yield and early maturity / A. Kalra, A.K. Gupta, N. Katiyar, R.K. Sivastava, S. Kumar // Plant Gen. Res. Newslett. – 2003. – Vol. 133. – Pp. 19–21.
15. Tiwari R.S. Effect of dates sowing and number of cuttings on growth, seed yield and economics of coriander cv. Pant Haritima / R.S. Tiwari, A. Agarwal, S.C. Sengar // Crop Research-Hisar. – 2002. – Vol. 23, No. 2. – P. 324–329.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Сергей Яковлевич Мухортов – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры плодородия и овощеводства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 253-86-15, e-mail: muhortovtomat@mail.ru.

Ирина Борисовна Тихомирова – аспирант кафедры плодородия и овощеводства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 253-86-15, e-mail: muhortovtomat@mail.ru.

Дата поступления в редакцию 06.08.2018

Дата принятия к печати 03.09.2018

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Sergey Ya. Mukhortov – Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Fruit and Vegetable Growing, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-86-15, e-mail: muhortovtomat@mail.ru.

Irina B. Tikhomirova – Postgraduate Student, the Dept. of Fruit and Vegetable Growing, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-76-93 (1229), e-mail: muhortovtomat@mail.ru.

Received August 06, 2018

Accepted September 03, 2018

СЕЛЕКЦИЯ РАПСА В СООТВЕТСТВИИ С ОЖИДАНИЯМИ МАСЛОЖИРОВОГО КОМПЛЕКСА

Сергей Владимирович Гончаров¹

Людмила Анатольевна Горлова²

¹Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

²Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта

Представлен анализ производства и переработки масличных культур в Российской Федерации на примере рапса в связи с мировыми тенденциями на рынке масложировой отрасли и сопряженных рынков. Показано, что производство масличных культур в стране для увеличения объемов экспорта сельскохозяйственных продуктов с высокой добавленной стоимостью может быть увеличено за счет сои и рапса, чему способствуют возможности современных маслоэкстракционных заводов перерабатывать различные виды сырья. Прогнозируются изменение структуры кормопроизводства и увеличение внутреннего потребления шротов, что должно быть учтено при корректировке селекционных программ по основным масличным культурам. Это может выступить дополнительным фактором, стимулирующим развитие данного рынка. В связи с усилением конкуренции на рынках перерабатывающих мощностей, а также на семенных рынках необходимо совершенствовать правовой и экономический механизмы возврата средств, вкладываемых в селекцию для устойчивого расширенного воспроизводства сортифта и семян. Корректировка селекционных программ в соответствии с изменяющимися потребностями перерабатывающей индустрии может затрагивать экологические аспекты (снижение содержания серы и канцерогенного бензола, образующихся при сгорании биодизеля на основе рапсового масла), технические (снижение количества хлорофилла для сокращения затрат на осветление и очистку масла), пищевое использование (оптимизация жирнокислотного состава масла в отношении повышения содержания как олеиновой кислоты, так и омега-3), кормовое использование (улучшение аминокислотного состава белка, снижение содержания клетчатки и лигнина для лучшей переваримости корма, уменьшение содержания синапина с целью улучшения вкусовых качеств жмыхов, шротов) и др.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: рапс, направления селекции, растительные масла, шроты, переработка, экспорт, добавленная стоимость.

RAPE BREEDING IN ACCORDANCE WITH THE EXPECTATIONS OF OIL AND FAT INDUSTRY

Sergey V. Goncharov¹

Lyudmila A. Gorlova²

¹Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

²All-Russia Research Institute of Oil Crops by V.S. Pustovoit

The authors present the results of analysis of production and processing of oil crops in the Russian Federation on the example of rape in view of global trends in oil and fat and related markets. It is shown that in order to increase the volume of exports of agricultural products with high added value the production of oil crops in the country can be increased owing to soybean and rape, which is facilitated by the ability of modern oil extraction plants to process various raw materials. The authors forecast changes in the structure of fodder production and an increase in domestic consumption of extraction cakes, which should be taken into account when adjusting the breeding programs for the main oil crops. This may act as an additional factor stimulating the development of oil and fat market. Increased competition in both the refinery and seed markets requires improvements in the legal and economic mechanism for returning the funds invested in breeding for sustainable extended reproduction of crops and seeds. In order to meet the changing needs of processing industry the breeding program adjustments may be related to ecological aspects (e.g. reducing the amounts of sulphur and carcinogenic benzene released as a result of burning of biodiesel fuel produced from rapeseed oil), technical aspects (e.g. reducing the amount of chlorophyll in order to reduce the costs of oil breakdown and purification), dietary use (e.g. optimizing the fatty acid profile of oil in terms of increasing the content of both oleic acid and omega-3), fodder use (e.g. improving the amino acid profile of protein, reducing the content of fiber and lignin for better digestion, and reducing the content of sinapine in order to improve the palatability of oil meals and oil cakes), etc.

KEYWORDS: rape, breeding directions, vegetable oils, oil meal, processing, export, added value.

Рапс является ценным сырьем, которое используется для переработки на растительное масло, в кормлении сельскохозяйственных животных, а также при производстве биодизеля. Десятикратное увеличение посевных площадей культуры в мире за последние 50 лет до 1/7 площадей, занимаемых масличными культурами, – это вызов для совершенствования селекционных программ в соответствии с изменяющимися потребностями масложировой индустрии.

Конкурентным преимуществом АПК России может стать растущий сегмент масличных культур вместе с мощностями перерабатывающих предприятий, где драйвером роста служит экспорт продуктов с повышенной добавленной стоимостью. В подавляющем большинстве случаев производство масличных культур не только покрывает затраты, связанные с частичным импортом семян, технологий и «know-how», но и приносит существенные доходы государству за счет экспорта. Целью данной статьи был анализ развития масложирового комплекса в связи с необходимостью корректировки селекционных программ масличных культур на примере рапса.

Используя различные методы исследований (экономико-статистический, абстрактно-логический, графический, экспертных оценок, регрессий), авторы проанализировали материалы Федеральной службы государственной и таможенной статистики РФ [5, 8], данные министерства сельского хозяйства США [17], предоставленные агентством «Агроспикер», данные Европейской ассоциации по зерну, рису, кормам, масличным культурам, растительным маслам и агропоставкам [11], а также другие опубликованные литературные данные.

Слияния и поглощения игроков масложирового рынка, связанные со снижением прибыльности бизнеса в целом, свидетельствуют о продолжающемся экономическом кризисе. Примерами проявления глобализации на рынке переработки масличных культур может служить намерение корпорации Bunge приобрести за \$1 млрд 70% акций малайзийской компании IOI Lodders Crocklaan (Lodders), одного из лидеров на рынке растительных масел (пальмового и других тропических масел), а также намерение компании Cargill приобрести зернового оператора Continental Grain's North American. Ранее Bunge приобрела два масложировых завода в Европе, принадлежащих Cargill. Украинский агрохолдинг Kernel продал принадлежавшие ему в Ставропольском крае три маслоэкстракционных завода, что свидетельствует об ужесточении конкуренции как на рынках перерабатывающих мощностей, так и на сопряженных рынках – производства сельскохозяйственной продукции, сырья, семенном и др.

Германский химический концерн Bayer в текущем сезоне завершил поглощение американской агрохимической корпорации Monsanto за \$63,5 млрд [9]. Интеграционный процесс в компаниях будет запущен после поглощения, связанного с необходимостью продажи части активов Bayer немецкой BASF по требованию антимонопольных регуляторов. В ходе приобретения корпорацией Bayer компании Monsanto та вынуждена продать часть семенного бизнеса, включая селекционные программы по рапсу, а также часть мощностей по производству гербицидов. Данные активы будут принадлежать компании BASF.

Спрос на дешевое пальмовое масло в мире привел к тому, что объемы его производства превысили показатели по другим растительным маслам и достигли 34,4% общего объема производства, опередив некогда лидировавшее соевое масло (рис. 1).

Как следует из данных, приведенных на рисунке 1, рапсовое масло по объемам производства растительных масел (28,6 млн т) занимает третье место после пальмового и соевого, существенно опережая подсолнечное.

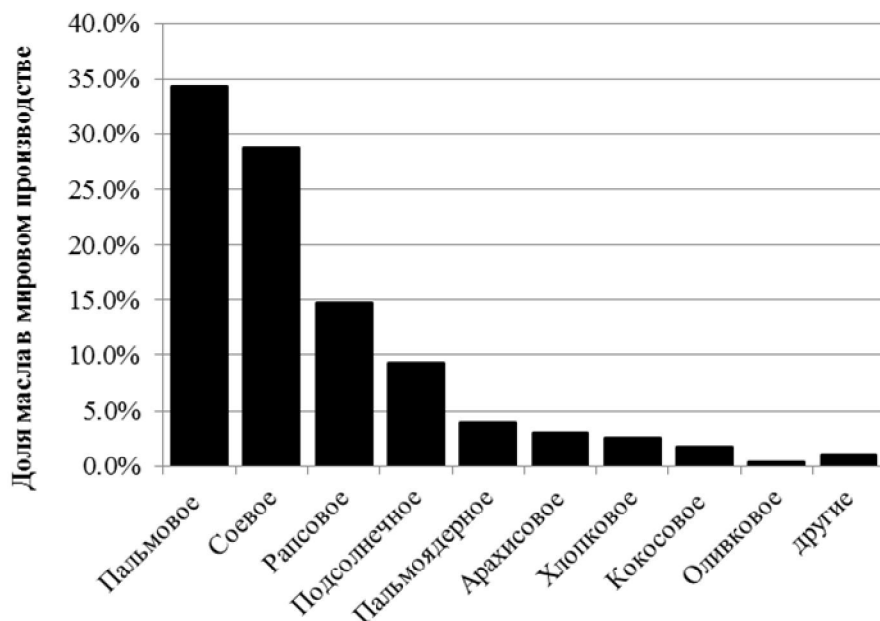


Рис. 1. Структура мирового производства растительных масел (194,7 млн т), 2017 г. (по данным USDA)

Для защиты внутренних рынков, как правило, повышают пошлины на импорт тропических масел, как, например, в Индии, на сырое пальмовое масло до 30%, на рафинированное – до 40% в 2017 г. Этот инструмент недостаточно используется в нашей стране с объемом импорта 0,8 млн т пальмового масла в 2017 г. В результате отсутствия внятной политики сложные жиры из тропических растительных масел стали самым быстрорастущим сегментом отечественного масложирового рынка (рис. 2).

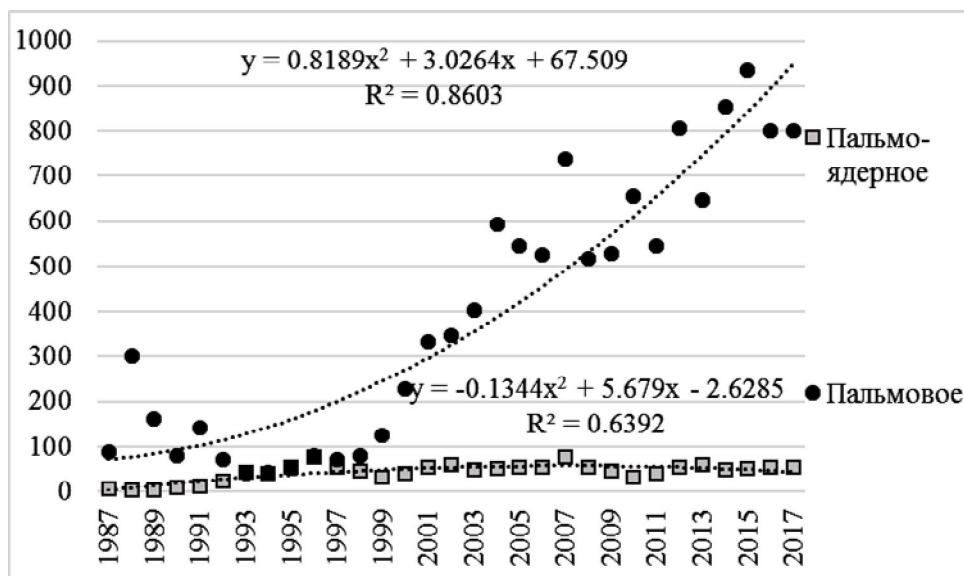


Рис. 2. Объемы импорта пальмового и пальмоядерного масла в РФ, тыс. т

Засуха 2018 г. привела к снижению прогнозных данных по сбору рапса в Европе с 22,4 до 21,8 млн т [6, 11]. В настоящее время производимое в Российской Федерации рапсовое масло экспортируется в Европу, а товарный рапс – на Восток (в Китай, Монголию, Бангладеш и др.) [13]. К 2024 г. возможно увеличение посевных площадей культуры до 2,5 млн га, что позволит нарастить объем производства рапсового масла до 1,6 млн т

(в 2,5 раза больше текущего объема) для расширения географии поставок в соответствии с потребностями стран-импортеров. Правительство Китая пересмотрело таможенно-тарифную политику, что также позволяет России увеличить объем поставок продуктов переработки рапса.

В соответствии с директивой Евросоюза о возобновляемых источниках энергии с 2018 г. сырье, используемое при производстве биодизеля, должно выделять в атмосферу на 50% меньше парниковых газов по сравнению с ископаемым топливом (против действовавших ранее 35%).

Соответственно повышаются требования к качеству источников сырья, в том числе к рапсу. Поэтому экологические аспекты использования рапсового масла для технических целей следует рассматривать как неотъемлемую часть селекционных программ. Например, это можно увязывать со снижением содержания серы и канцерогенного бензола, образующихся при сгорании биодизеля.

Экспорт продукции АПК РФ в 2017 г. оценивался в \$20,7 млрд, в том числе доля растительного масла достигла 12% в стоимостном выражении [1, 4]. Согласно указу Президента РФ от 7 мая № 204, определяющему национальные цели и стратегические задачи развития страны на шестилетний период [1], экспорт продукции АПК к 2024 г. должен вырасти до \$45 млрд. Масложировой союз России готов обеспечить 20% экспортной выручки при совокупном объеме перерабатывающих мощностей масложирового комплекса 24 млн т (в настоящее время не загружено до 9 млн т) и увеличении объемов производства масличных культур. По мнению вице-премьера А. Гордеева, перспективы аграрного экспорта связаны прежде всего с поставками продукции глубокой переработки [7].

Производство масличных культур является экономически привлекательным для сельхозпроизводителей РФ, поскольку стоимость кормового белка, формирующегося в маслосеменах, вдвое-втрое дешевле по сравнению с зерновыми культурами. Удешевление кормов и снижение себестоимости производства молока и мяса остаются приоритетными задачами в достижении продовольственной безопасности страны. Очевидной является потребность в расширении ассортимента рапса и повышении эффективности селекционной работы в условиях расширенного воспроизводства, что диктует необходимость совершенствования правового и экономического механизма возврата средств, вкладываемых в селекцию масличных культур и в аграрную науку в целом [3].

Селекция на изменение жирнокислотного состава масла, например на увеличение доли олеиновой кислоты в рапсовом масле (не менее 75%), позволяет повысить его потребительское качество. Благодаря оксистабильности высокоолеинового масла (в 3 раза выше, чем у традиционного рапсового масла) оно обладает высокой термостойкостью, при хранении и переработке образует меньше продуктов с отрицательными свойствами с позиций питательной ценности пищевых продуктов и технического использования (смазочные вещества, биотопливо) [6].

Селекционеры ряда стран стремятся формировать сортимент рапса, масло из которого отличается высоким содержанием олеиновой (> 70%) и низким линоленовой (< 3%) кислот, что характерно для HOLL рапсового масла (High Oleic Low Linolenic). Оно рассматривается как наиболее полезное для здоровья человека, поскольку его использование позволяет значительно снизить содержание транс-жиров в продуктах, повысить их питательную ценность, жаростойкость, увеличить сроки хранения, без потери вкусовых качеств [12]. В Канаде планируется увеличение посевных площадей высокоолеинового рапса до 1,3 млн к 2020 г. Объемы производства HOLL рапсового масла растут в странах Европы, США, Австралии. Этот сегмент рынка будет расти в нашей стране, причем безотносительно того, отечественные или зарубежные селекционеры предложат свой сортимент потребителю [2].

Компания Nufarm выводит на рынки Северной Америки и Австралии новые гибриды рапса с высоким содержанием длинных цепочек омега-3 в масле, которые аналогичны таковым в рыбьем жире под торговыми марками Aquaterra для кормовых целей и Nutriterra для продовольственных [14]. Это направление является инновационным, так как подразумевает создание рынка новых продуктов с более высокой добавленной стоимостью.

В настоящее время в Российской Федерации работает более 200 отечественных маслоэкстракционных заводов (МЭЗ), совокупной мощностью 24 млн т сырья и загрузкой около 70%, с их наибольшей концентрацией в Краснодарском крае, Ростовской, Белгородской и Воронежской областях. На масложировом рынке оперируют такие крупные компании, как ГК «Астон», ГК «Юг Руси», ГК «Эфко», ГК «НМЖК», ГК «Черноземье» и др. Чем более напряженный баланс сырья складывается в регионах, тем в большей степени МЭЗы заинтересованы в контрактных отношениях с сельхозпроизводителями и более склонны к инновационным идеям. В регионах, где маслосемян производится больше внутренней потребности, их цена несколько ниже средней. Острее всего нехватку маслосемян испытывают МЭЗы Краснодарского края, Ростовской, Воронежской и Белгородской областей, относительно сбалансированными поставками отличаются МЭЗы Ставропольского края, Саратовской, Волгоградской и других областей (см. табл.).

**Уровень обеспеченности регионов страны масличным сырьем
по данным обеспеченности МЭЗов сырьем масличных культур в регионах**

Избыток	Баланс	Дефицит
Области: Волгоградская Тамбовская Самарская Оренбургская	Ставропольский край Области: Саратовская Волгоградская	Краснодарский край Области: Ростовская Воронежская Белгородская

При внедрении сортов и гибридов масличных культур с повышенной добавленной стоимостью, например с измененным жирнокислотным составом масла, следует ориентироваться прежде всего на регионы с дефицитом производства масличного сырья по сравнению с переработкой. Причина в том, что МЭЗы обычно являются консервативными предприятиями, не склонными к инновациям с сырьем.

Тем не менее ориентация на целевые регионы подразумевает необходимость расширения экологической селекции и экологического сортоиспытания. В настоящее время в нашей стране лишь единичные частные фирмы (SGS, Staphyt) способны предоставлять такого рода услуги на коммерческой основе. Поэтому вынужденно будет возрастать сотрудничество между НИУ и семеноводческими фирмами, эффективными сортоучастками по расширению экологической сети испытаний. Важность экологической селекции и экологического сортоиспытания определяется еще тем, что посевные площади главной масличной культуры нашей страны – подсолнечника близки к насыщению, а дальнейший рост перерабатывающих мощностей должен удовлетворяться в основном за счет сои и рапса.

Традиционные внутренние рынки (маргаринов, бутилированных масел, соусов, b2b-жиров) близки к насыщению; нет оснований ожидать их дальнейшего роста. Если на мировых рынках востребовано отечественное сырое масло и шроты, то бутилированное рафинированное масло поставляют в основном в среднеазиатский регион. К качеству растительных масел крупнейшие импортеры (Индия и Китай) предъявляют высокие требования, поэтому необходимо строительство цехов гидратации (очистки масла от белковых, слизистых веществ и фосфатидов, находящихся в коллоидном состоянии) на крупных российских маслоперерабатывающих предприятиях.

Развитию мирового рынка масличных культур способствует рост спроса на рынках шротов, объем производства которых в 2017 г. достиг 488 млн т (рис. 3) [17].

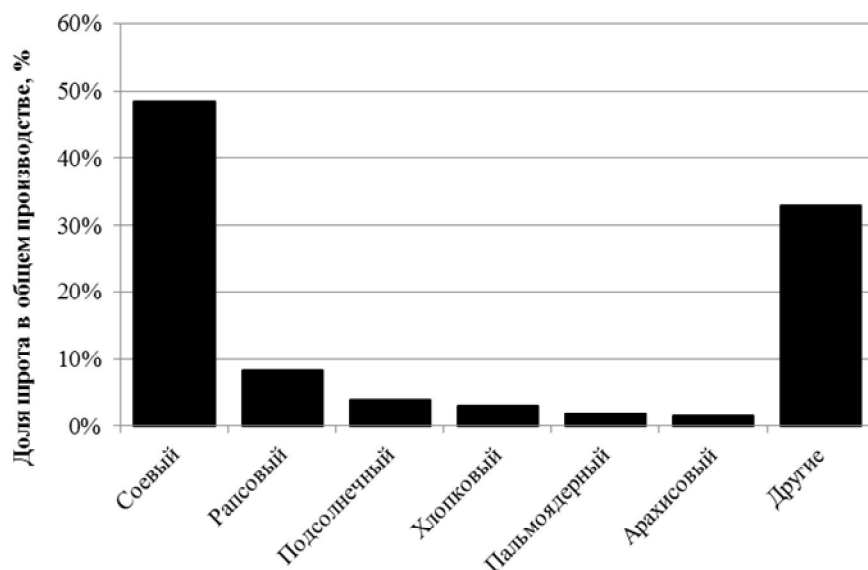


Рис. 3. Рейтинг производства шротов в мире, млн т, 2017 г. (по данным USDA)

Из-за повышенного содержания гемицеллюлозы, лигнина, фитина, олигосахаридов, ухудшающих переваримость кормов, рапсовый шрот в свиноводстве и молочном животноводстве ценится ниже, чем соевый. Создание сортов рапса с желтой окраской семени позволит решить эту проблему, так как при этом снижается содержание сырой клетчатки и нежелательных пигментов, переход которых в масло ухудшает его цвет, вкус, запах и прозрачность из-за более тонкой семенной оболочки [10, 15, 16]. Повышение качества шрота селекционными методами возможно благодаря снижению содержания синапина и синапиновых эфиров, придающих корму горьковатый вкус.

Оптимизация жирнокислотного состава масла подразумевает повышение содержания олеиновой кислоты и, соответственно, снижение линоленовой. Улучшение аминокислотного состава белка рапса позволит качественно приблизить его к белку сои. Селекция на уменьшение содержания клетчатки и лигнина способствует лучшей переваримости кормов. Вкусовые качества жмыхов и шротов улучшают путем селекции на снижение содержания синапина [18].

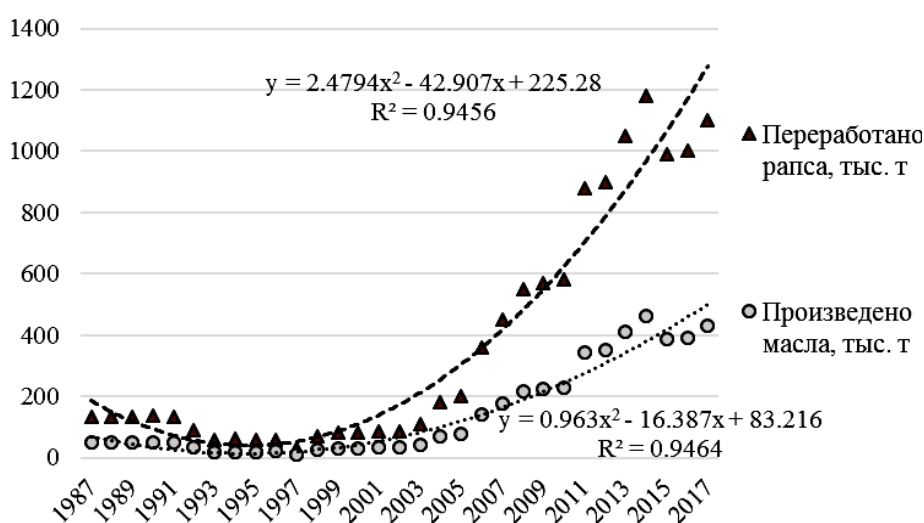


Рис. 4. Объемы переработки товарного рапса МЭЗами в РФ, тыс. т (по данным Федеральной службы государственной статистики РФ)

В Российской Федерации объемы переработки рапса увеличиваются начиная с конца 2000-х годов (рис. 4) вместе с увеличением посевных площадей и объемов произ-

водства. Объемы экспорта рапсового шрота остаются стабильными, конкурируя с отечественным и украинским подсолнечным. Очевидно, что рынок нишевых масличных культур, как например рапса, еще далек от насыщения и с ним будет связан дальнейший рост объемов переработки масличного сырья.

В настоящее время большая часть производимых в России масличных шротов экспортируется, одновременно в качестве кормового белка импортируется более 2 млн т сои в год. В основном происходит импорт ГМ-сое, несмотря на формирование отрицательного мнения о трансгенных продуктах средствами масс-медиа. Не исключено, что возможные ограничения импорта ГМ-продуктов, инициированные правительством, могут повлиять на изменение структуры кормопроизводства и привести к увеличению внутреннего потребления шротов. Этот сценарий может выступить дополнительным фактором, стимулирующим развитие рынка масличных культур.

Следует принимать во внимание то, что Украина, являясь в настоящее время главным конкурентом России на внешнем рынке растительных масел (более 5 млн т экспорта) и маслосемян, может принять неоднозначное решение, разрешающее выращивание ГМ-сортов под влиянием лоббирования со стороны корпорации Bayer, поглотившей Monsanto. Такое решение может существенно повлиять как на внутренний рынок РФ, так и Евросоюза в целом из-за риска несанкционированного распространения ГМ-продуктов, несмотря на законодательные ограничения их использования.

В ГК «ЭФКО» ведутся исследования по производству ферментированного шрота с повышенным содержанием белка и улучшенным аминокислотным составом, использование которого позволит снизить зависимость кормовой отрасли от импорта мясной и рыбной муки, а также синтетических аминокислот. Также следует рассчитывать на развитие проектов по глубокой переработке маслосемян. Примером может служить Сорочинский МЭЗ, входящий в ГК «НМЖК», запустивший линию по производству подсолнечного лецитина. Селекционно-генетическое обеспечение подобных проектов могло бы повысить их эффективность. Так, например, с помощью селекции можно уменьшить количество хлорофилла в сырье в целях сокращения затрат на осветление и очистку масла на маслоперерабатывающих предприятиях.

В целом же в нашей стране необходимо усилить популяризацию рапса как экологической культуры, продвигать рапсовое масло как качественный продукт для использования в различных отраслях промышленности. Хотя эти задачи в компетенции масложирового комплекса, но их решение в интересах отечественных селекционных учреждений и сельхозпроизводителей, поэтому популяризацией рапса следует заниматься всем участникам производственно-сбытовой цепочки масличных культур, желательно в кооперации.

Выводы

1. Масложировой союз России способен обеспечить 20% экспортной выручки, которая должна достигнуть \$45 млрд к 2024 г. в соответствии с майским указом Президента РФ, при условии пропорционального увеличения производства масличных культур.

2. Обеспечение растущих потребностей масложирового комплекса страны будет происходить в значительной степени за счет сои и рапса, что подразумевает необходимость интенсификации отечественных селекционных программ на основе совершенствования экономико-правовых условий для лучшего возврата средств, инвестированных в селекцию.

3. Корректировка селекционных программ в соответствии с изменяющимися потребностями перерабатывающей индустрии может затрагивать экологические аспекты (снижение содержания серы и канцерогенного бензола, образующихся при сгорании биодизеля на основе рапсового масла), технические (снижение количества хлорофилла для сокращения затрат на осветление и очистку масла), пищевое использование (оптимизация жирнокислотного состава масла в отношении повышения содержания как олеиновой кислоты, так и омега-3), кормовое использование (улучшение аминокислотного состава белка, снижение содержания клетчатки и лигнина для лучшей переваривости корма, уменьшение содержания синапина с целью улучшения вкусовых качеств жмыхов, шротов) и др.

Библиографический список

1. В. Путин: в 2018 году экспорт агропродукции превысит \$23 млрд (Росстат) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.oilworld.ru/analytics/localmarket/265205> (дата обращения: 15.07.2018).
2. Гончаров С.В. Масличные культуры: новые вызовы и тенденции их развития / С.В. Гончаров, Л.А. Горлова // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – 2018. – Вып. 2 (174). – С. 96–100.
3. Гончаров С.В. Селекция: фокус на импортозамещение / С.В. Гончаров // Селекция, семеноводство и генетика. – 2017. – № 6 (18). – С. 21–26.
4. Мальцев М. Экспорт масложировой продукции может вырасти в 2,5 раза (Росстат) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.oilworld.ru/news/cat26/263207> (дата обращения: 10.04.2018).
5. Мировой рынок зерновых и масличных 2017 года: в фокусе основных событий (Росстат) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.oilworld.ru/analytics/worldmarket/262998> (дата обращения: 17.04.2018).
6. Направления и результаты селекции рапса и сурепицы во ВНИИМК / Л.А. Горлова, Э.Б. Бочкарева, В.В. Сердюк, С.Г. Ефименко // Известия ТСХА. – 2017. – № 2. – С. 20–33.
7. Перспективы российского аграрного экспорта связаны с поставками продукции глубокой переработки / А. Гордеев (Росстат) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.oilworld.ru/news/265434> (дата обращения: 28.06.2018).
8. Центральная база статистических данных (ЦБСД) Федеральной службы государственной статистики (Росстат) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/databases/ (дата обращения: 18.03.2018).
9. Bayer завершил поглощение Monsanto [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.vedomosti.ru/business/news/2018/06/07/772148-bayer-monsanto?utm-source=news&utm-medium=partner&utm-campaign=news-news> (дата обращения: 15.06.2018).
10. Clarke M. High oleic / low linolenic winter oilseed rape varieties – the first five years of UK cultivation / M. Clarke, D. Leaper, S. Melloul // Proc. 13th Inter. Rapeseed Cong. – Czech Republic, 2011. – Pp. 1342–1345.
11. European Association of cereals, rice, feedstuff, oilseeds, olive oil, oils & fats and agrosupply: EU28 oilseed crop forecasts trade [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.coceral.com/web/june%202018/1011306087/list1187970814/f1.html> (дата обращения: 15.06.2018).
12. Guguin N. Breeding and development of HOLL winter oilseed rape hybrids / N. Guguin, K. Lehman et al. // Proc. 13th Inter. Rapeseed Cong. – Czech Republic, 2011. – Pp. 566–568.
13. JRC MARS Bulletin. Crop monitoring in Europe. – August 2017, Bulletin MAPC. – 2017. – Vol. 25, No. 8. – 34 p.
14. Nuseed omega-3 canola milestones met in Australia and North America [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nufarm.com/assets/36419/1/2017-03NuseedOmega-3.pdf?download> (дата обращения: 17.07.2018).
15. Xiuhi R. Studies on the relationship between seed color and lignin content or seedcoat ratio in yellow-seeded rapeseed (*Brassica napus* L.) / R. Xiuhi, L. Jiana, L. Yang // Proc. 12th Inter. Rapeseed Cong. – China, 2007. – Pp. 102–105.
16. Rashid A. Seed quality improvements in yellow seeded *Brassica napus* / A. Rashid, G. Rakow // Proc. 9th Inter. Rapeseed Cong. – United Kingdom. – 1995. – Vol. 4. – Pp. 1144–1146.
17. United States Department of Agriculture Trade [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fas.usda.gov/> (дата обращения: 15.05.2018).
18. Winter canola extension canola [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://canola.okstate.edu/> (дата обращения: 01.07.2018).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**Принадлежность к организации**

Сергей Владимирович Гончаров – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры селекции, семеноводства и биотехнологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 253-71-81, e-mail: slogan1960@mail.ru.

Людмила Анатольевна Горлова – кандидат биологических наук, руководитель отдела масличных культур ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта», Российская Федерация, г. Краснодар, тел. 8(861) 275-79-10, e-mail: lagorlova26@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию 19.08.2018

Дата принятия к печати 11.09.2018

AUTHOR CREDENTIALS**Affiliations**

Sergey V. Goncharov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Dept. of Plant Breeding, Seed Production and Biotechnology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-71-81, e-mail: slogan1960@mail.ru.

Lyudmila A. Gorlova – Candidate of Biological Sciences, Head of Oil Crops Breeding Division, All-Russian Research Institute of Oil Crops by V.S. Pustovoyt, Russian Federation, Krasnodar, tel. 8(861) 275-79-10, e-mail: lagorlova26@yandex.ru.

Received August 19, 2018

Accepted September 11, 2018

ДНК-ФИНГЕРПРИНТИНГ В ИЗУЧЕНИИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ *BETA VULGARIS* L.

Татьяна Петровна Федулова¹
Дмитрий Николаевич Федорин¹
Михаил Алексеевич Богомолов¹
Галина Геннадьевна Голева²

¹Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара имени А.Л. Мазлумова

²Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Представлены результаты экспериментальных исследований по анализу полиморфизма микросателлитных локусов в генетических ресурсах свеклы рода *Beta*. На основе полученной генетической информации создана пополняемая база данных SSR- и RAPD-фингерпринтов изученных генотипов сахарной, кормовой белой, кормовой красной свеклы и гибридов на их основе. Данная база включает информацию об идентифицированных аллелях SSR- и RAPD-локусов. Цель исследований – изучение генетического разнообразия *Beta vulgaris* L. на основе различных типов ДНК-маркеров. В качестве материалов для исследований были использованы проростки разновидностей корнеплодной кормовой красной и белой свеклы (*convar. crassa* Alef.), МС-линий сахарной свеклы (*convar. saccharifera* Alef.), а также гибридов, полученных с их участием. В работе были использованы праймеры к микросателлитным локусам Sb11, Sb13, Sb15 и RAPD-праймеры (OPAR-16, OPAX-10, OPP-14). Выявлены специфические ПЦР-продукты длиной 1000 п.н. для МС-линии 2113 по локусу Sb13, что отличает ее от других генотипов и может служить генетическим маркером для идентификации. Установлено, что максимальная гетерогенность селекционных материалов сахарной, кормовой красной и кормовой белой свеклы обнаруживается с помощью праймера OPAX-10. RAPD-праймер OPP-14 может использоваться для идентификации образца № 12 (МС 2093), так как только с ним была обнаружена отличительная особенность, проявляющаяся в формировании ампликона длиной 900 п.н. Обнаружено наличие специфического ампликона для кормовой свеклы длиной 700 п.н. по локусу Sb11, что может являться одним из маркерных признаков при ее паспортизации. Результаты представленных молекулярно-генетических исследований имеют теоретическое и практическое значение в селекционном процессе сахарной свеклы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: свекла сахарная, кормовая свекла, генетическое разнообразие, SSR- и RAPD-локусы, ДНК-фингерпринтинг.

DNA FINGERPRINTING IN STUDYING THE GENETIC DIVERSITY OF *BETA VULGARIS* L.

Tatiana P. Fedulova¹
Dmitriy N. Fedorin¹
Mikhail A. Bogomolov¹
Galina G. Goleva²

¹A. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar

²Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

The authors present the results of experimental studies on the analysis of microsatellite loci polymorphism in genetic resources of the genus *Beta*. On the basis of the obtained genetic information the authors have created an appendable database of SSR and RAPD fingerprints of the studied genotypes of sugar, fodder white, and fodder red beet and hybrids derived from them. This database includes the information on identified alleles of SSR and RAPD loci. The objective of research was to study the genetic diversity of *Beta vulgaris* L. on the basis of different types of DNA markers. Study materials included germs of the following types of rhizocarpous beet: fodder red and white beet (*convar. crassa* Alef.), sugar beet MS lines (*convar. saccharifera* Alef.), and hybrids derived from them. The following primers for microsatellite loci were also used for research: Sb11, Sb13, Sb15 and RAPD primers (OPAR-16, OPAX-10, and OPP-14). Specific PCR products of 1 000 b.p. in length for the MS line 2113 have been revealed by Sb13 locus. This distinguishes this line from other genotypes and can serve as a genetic marker for identification. It is established that the maximum heterogeneity of breeding materials of sugar, fodder red and fodder white beet was revealed using the OPAX-10 primer. The OPP-14 RAPD primer can be used for identification of sample No. 12 (MS 2093), since it was the only primer that could reveal the specific feature manifesting itself in the formation of amplicon of 900 b.p. The authors also revealed the presence of a specific amplicon for fodder beet of 700 b.p. for Sb11 locus, which may be one of marker characteristics for its certification. The results of the presented molecular-genetic studies are of theoretical and practical importance in sugar beet breeding process.

KEYWORDS: sugar beet, fodder beet, genetic diversity, SSR and RAPD loci, DNA fingerprinting.

Введение

Эффективная идентификация видов растений, отслеживание их филогенетических отношений вызывали и продолжают вызывать интерес на всех этапах развития биологической науки. Возможность отличать представителей близких видов друг от друга может быть осложнена высоким полиморфизмом внутри каждого из видов или, напротив, межвидовым морфологическим сходством [1].

В последнее время развитие молекулярных методов дало возможность применять молекулярные маркеры для видоидентификации и филогенетических исследований. Данные методы, конечно, не могут полностью заменить классические подходы, но способны эффективно их дополнить. Основой молекулярных подходов является закономерность корреляции степени генетического родства между живыми организмами с уровнем сходства в гомологичных последовательностях нуклеиновых кислот и белков.

Знание генетического разнообразия сельскохозяйственных культур и наследуемости признаков может привести к соответствующим схемам отбора в селекционных программах, работающих с растениями [9]. Известно, что общее генетическое разнообразие видов *Beta*, включая сахарную свеклу, другие свекловичные культуры и их диких родственников, сравнительно высоко [15]. У сахарной свеклы временами оказывается, что отбор уменьшил генетическую изменчивость у улучшенных сортов [12]. Так, было применено множество методов, использующих морфологические и молекулярные маркеры, чтобы проанализировать разнообразие и способствовать управлению генетическими ресурсами. Молекулярные маркеры обычно используются, чтобы охарактеризовать наследственную изменчивость в пределах и между популяциями и обеспечить эффективные средства, чтобы связать фенотипические и генотипические изменения. Несмотря на преимущества и недостатки обоих типов маркеров, рекомендуется их комбинированное использование для усиления разрешающей способности генетического разнообразия [8].

Для сахарной свеклы (*Beta vulgaris* L.) были разработаны и использованы различные типы биохимических и молекулярных маркеров. Для картирования и составления «фingerprintов» (fingerprint – определение профиля фрагментов ДНК) также использовались AFLPs (полиморфизмы длины усиленного фрагмента) [2]. Вне зависимости от методики результатом эксперимента будет набор фрагментов ДНК, число которых и электрофоретическая подвижность различаются между генотипами. Чем больше совпадающих фрагментов в полученных профилях, тем более родственными считаются изучаемые генотипы.

Среди целого ряда молекулярных маркеров SSR-локусы получили широко распространенное применение в генетике и селекции растений благодаря многим желательным свойствам, включая сверхизменчивость, мультиаллельную природу, кодоминантное наследование, воспроизводимость, относительное изобилие, расширенный охват генома и специфическое расположение на хромосоме [10, 11]. Кодоминантная природа SSR-маркеров позволяет оценить аллельные взаимосвязи среди генотипов – свойство, которое делает этот технический прием особенно подходящим для применения на сахарной свекле как самонесовместимой и перекрестно-опыляемой культуры [6]. Для сахарной свеклы созданы несколько сотен SSR-маркеров, и открыто доступны генетические карты, основанные на данных маркерах [3, 5].

В связи с этим использование различных типов ДНК-маркеров для изучения генетического разнообразия *Beta vulgaris* L. является актуальным.

Материалы и методы

Материалами для исследований служили проростки разновидностей корнеплодной кормовой красной и кормовой белой свеклы (*convar. crassa* Alef.), MC-линий сахарной свеклы (*convar. saccharifera* Alef.), гибридов, полученных с их участием.

Геномную ДНК выделяли из растительной ткани фенол-хлороформным методом [4, 14]. Качество выделенной ДНК определяли методом электрофореза в присутствии бро-

мистого этидия. Полученную ДНК растворяли в 10 мМ трис-НСl-буфере, рН 8,0, содержащем 0,1 мМ ЭДТА, и использовали для ПЦР-анализа.

Полимеразно-цепная реакция проводилась на амплификаторе «Genues» (Великобритания). В работе были использованы праймеры к микросателлитным локусам генома Sb11, Sb13, Sb15 [13], а также RAPD-праймеры OPAR-16, OPAX-10, OPP-14 [7]. Нуклеотидные последовательности и характеристики данных праймеров представлены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика используемых праймеров

Название	Нуклеотидные последовательности
Sb11	Forward: 5'-CGA GGG GTA AAA CCA GAC AA-3' Reverse: 5'-GGT TCT GAA ATT TGG GGG TT-3'
Sb13	Forward: 5'-ACA GCA AGA TCA GAG CCG TT-3' Reverse: 5'-TGG ACC CAC CAT TTA CAT CA-3'
Sb15	Forward: 5'-CAC CCA GCC TAT CTC TCG AC-3' Reverse: 5'-GTG GTG GGC AGT TTT AGG AA-3'
OPAR-16	5'-CCTTGCGCCT-3'
OPAX-10	5'-CCAGGCTGAC-3'
OPP-14	5'-CCAGCCGAAC-3'

Параметры амплификации были следующие:

- предварительная денатурация при 95°C в течение 5 мин.;
- затем 35 циклов при 95°C – 30 с, 54–56°C – 30 с, 72°C – 30 с;
- финальный этап элонгации цепи при 72°C – 1 мин.

Результаты и их обсуждение

Результаты ПЦР-анализа с RAPD-праймерами OPAX-10 геномной ДНК образцов сахарной, кормовой свеклы и гибридов с их участием, полученные лабораторией исходного материала, показали их невысокий генетический полиморфизм (рис. 1, табл. 2).

На всех представленных рисунках и в таблицах использованы следующие обозначения:

- № 20 (Б) – кормовая красная свекла;
- № 3-1 – МС 94 × кормовая красная свекла;
- № 19 – кормовая белая свекла;
- № 4 – МС 94;
- № 10 – МС 2113;
- № 2-4 – Триумф;
- № 12 – МС 2093;

М – маркер молекулярных масс ДНК GeneRuler™ (Thermo Scientific, США): снизу вверх – 500, 600, 700, 800, 900, 1000 п.н.

№ 20 (Б) № 3-1 № 19 № 4 № 10 № 2-4 № 12 М



Рис. 1. Амплификация геномной ДНК образцов с праймером OPAX-10

Таблица 2. Полиморфизм исследуемых образцов свеклы лабораторного исходного материала на основе амплификации с праймером OPAX-10

Ампликон, п.н.	Образцы						
	№ 20 (Б)	№ 3-1	№ 19	№ 4	№ 10	№ 2-4	№ 12
500	1	1	1	0	0	1	1
650	1	1	1	1	1	1	1
1500	0	0	1	1	1	1	1
P, %	66	66	100	66	66	100	100

Как следует из данных, приведенных в таблице 2, уровень полиморфизма по данному локусу варьировал от 66 до 100%. В результате амплификации геномных ДНК растений свеклы установлено, что гибриды № 3-1 (F₁МС 94 × кормовая красная) и Триумф имеют однородный генетический материал. Оба продукта ПЦР-амплификации с длинами 500 и 1500 п.н. характерны для родительской формы № 20 ОП-кормовая белая. Гибрид № 3-1 также имеет сходный признак со второй родительской формой – МС 94 с длиной 500 п.н.

Анализ результатов ПЦР с праймерами ОРР-14 свидетельствует об отсутствии ампликонов со всеми используемыми для генетического анализа ДНК, кроме образца № 12 (МС 2093), что может являться селективным признаком данного генотипа свеклы (табл. 3).

Таблица 3. Полиморфизм исследуемых образцов свеклы на основе амплификации с праймером ОРР-14

Ампликон, п.н.	Образцы						
	№ 20 (Б)	№ 3-1	№ 19	№ 4	№ 10	№ 2-4	№ 12
900	-	-	-	-	-	-	+
P, %	0	0	0	0	0	0	100

По RAPD-локусу OPAR-16 характерна однородность продуктов амплификации как для родительских форм, так и для гибридов. Во всех образцах ДНК обнаружено 3 ПЦР-продукта с длинами 800, 900 и 1000 п.н. (табл. 4).

Таблица 4. Матрица наличия/отсутствия ДНК-фрагментов и полиморфизм образцов свеклы по локусу OPAR-16

Ампликон, п.н.	Образцы						
	№ 20 (Б)	№ 3-1	№ 19	№ 4	№ 10	№ 2-4	№ 12
800	1	1	1	1	1	1	1
900	1	1	1	1	1	1	1
100	1	1	1	1	1	1	1
P, %	100	100	100	100	100	100	100

Анализ результатов ПЦР-образцов с SSR-праймерами Sb11 свидетельствует о наличии специфического ампликона для кормовой свеклы с длиной 700 п.н. У гибридов данный признак отсутствует (рис. 2, табл. 5). Для всех исследуемых образцов был установлен сходный признак, проявляющийся в амплификации продукта с длиной 500 п.н.

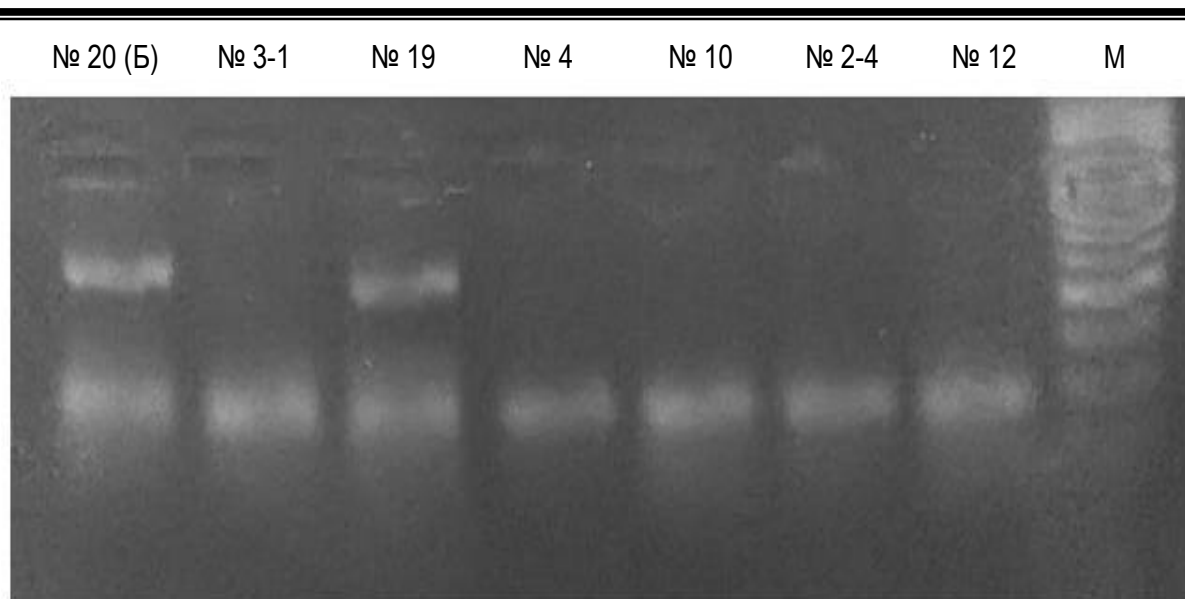


Рис. 2. Амплификация геномной ДНК образцов с праймером Sb11

Таблица 5. Матрица наличия/отсутствия ДНК-фрагментов и полиморфизм образцов свеклы по локусу Sb11

Ампликон, п.н.	Образцы						
	№ 20 (Б)	№ 3-1	№ 19	№ 4	№ 10	№ 2-4	№ 12
500	1	1	1	1	1	1	1
700	1	0	1	0	0	0	0
P, %	100	50	100	50	50	50	50

По микросателлитному локусу Sb13 выявлено наличие специфического ампликона для образца № 10 (МС 2113) с длиной 1000 п.н. Для остальных генотипов свеклы как родительских форм, так и их гибридов характерен идентичный набор ампликонов с длинами 500 и 800 п.н. (рис. 3, табл. 6).

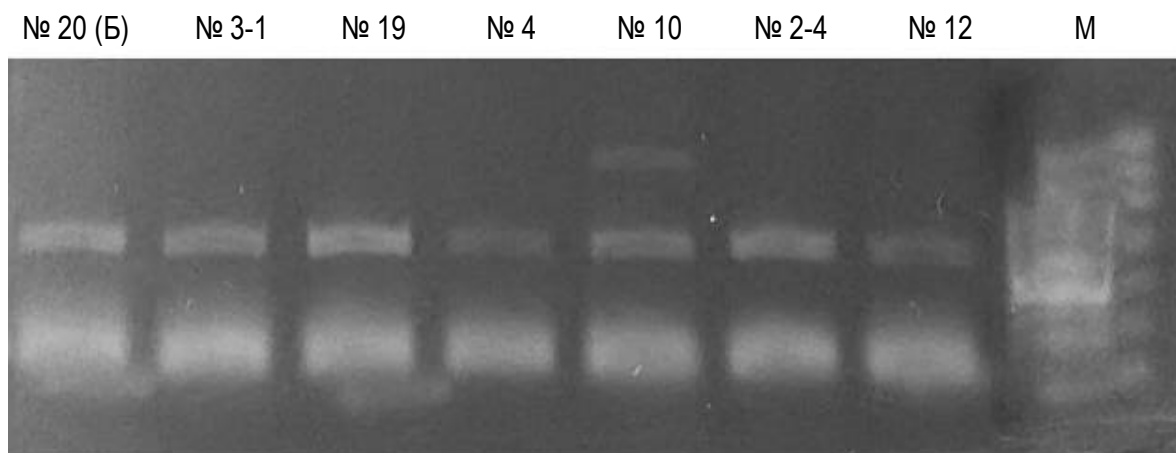


Рис. 3. Амплификация геномной ДНК образцов с праймером Sb13

Таблица 6. Матрица наличия/отсутствия ДНК-фрагментов и полиморфизм образцов свеклы по локусу Sb13

Ампликон, п.н.	Образцы						
	№ 20 (Б)	№ 3-1	№ 19	№ 4	№ 10	№ 2-4	№ 12
500	1	1	1	1	1	1	1
800	1	1	1	1	1	1	1
1000	0	0	0	0	1	0	0
P, %	66	66	66	66	100	66	66

По SSR-локусу Sb15 установлена однородность генетического материала всех исследуемых образцов, что проявляется в обнаружении единственного ампликона с длиной 500 п.н. (рис. 4, табл. 7).

№ 20 (Б) № 3-1 № 19 № 4 № 10 № 2-4 № 12 М



Рис. 4. Амплификация геномной ДНК образцов с праймером Sb15

Таблица 7. Полиморфизм исследуемых образцов свеклы по локусу Sb15

Ампликон, п.н.	Образцы						
	№ 20 (Б)	№ 3-1	№ 19	№ 4	№ 10	№ 2-4	№ 12
500	1	1	1	1	1	1	1
P, %	100	100	100	100	100	100	100

На основании результатов проведенного молекулярно-генетического анализа показано, что максимальная гетерогенность селекционных материалов сахарной, кормовой красной и кормовой белой свеклы обнаруживается при использовании праймера OPAX-10. RAPD-праймер OPP-14 может использоваться для идентификации образца № 12 (МС 2093), так как только с ним была обнаружена отличительная особенность, проявляющаяся в формировании ампликона длиной 900 п.н.

Закключение

Результаты проведенных исследований позволили сделать следующие выводы.

1. Определена молекулярно-генетическая структура родительских форм МС-растений сахарной, кормовой свеклы и гибридного потомства F₁ от их скрещивания по микросателлитным локусам Sb11, Sb13, Sb15 и RAPD-локусам OPAR-16, OPAX-10, OPP-14, позволившая провести их идентификацию.

2. Выявлены специфические ПЦР-продукты длиной 1000 п.н. для МС-линии 2113 по локусу Sb13, что отличает ее от других генотипов и может служить генетическим маркером для идентификации.

3. Установлено, что максимальная гетерогенность селекционных материалов сахарной, кормовой красной и кормовой белой свеклы обнаруживается с помощью праймеров ОРАХ-10.

4. RAPD-праймеры ОРР-14 могут использоваться для идентификации образца № 12 (МС 2093), так как только с ним была обнаружена отличительная особенность, проявляющаяся в формировании ампликона с длиной 900 п.н.

5. Обнаружено наличие специфического ампликона для кормовой свеклы длиной 700 п.н. по локусу Sb11, что может являться одним из маркерных признаков при ее паспортизации.

Библиографический список

1. Молекулярные маркеры для видоидентификации и филогенетики растений / Т.В. Матвеева, О.А. Павлова, Д.И. Богомаз, А.Е. Демкович, Л.А. Лутова // Экологическая генетика. – 2011. – Т. IX, № 1. – С. 32–43.
2. An Extended Map of the Sugar Beet Genome Containing RFLP and RAPD Loci / E. Barzen, W. Mechelke, E. Ritter, E. Schulte-Kappert, F. Salamini // Theoretical and Applied Genetics. – 1995. – Vol. 90. – Pp. 189–193.
3. An Open-Source First-Generation Molecular Genetic Map from a Sugar Beet × Table Beet Cross and its Extension to Physical Mapping / J.M. McGrath, D. Trebbi, A. Fenwick, L. Panella, B. Schulz, V. Laurent, S. Barnes, S.C. Murray // The Plant Genome [A Supplement to Crop Science]. – 2007. – January, No. 1. – Pp. 27–44.
4. Chomczynski P. Single-Step Method of RNA Isolation by Acid Guanidinium Thiocyanate-Phenol-Chloroform Extraction / P. Chomczynski, N. Sacchi // Analytical Biochemistry. – 1987. – Vol. 162, No. 1. – Pp. 156–159.
5. Comparative Effectiveness of Sugar Beet Microsatellite Markers Isolated from Genomic Libraries and GenBank ESTs to Map the Sugar Beet Genome / V. Laurent, P. Devaux, T. Thiel, F. Viard, P. Mielordt, P. Touzet, M.C. Quillet // Theoretical and Applied Genetics. – 2007. – Vol. 115, No. 6. – Pp. 793–805. DOI: 10.1007/s00122-007-0609-y.
6. Development and incorporation of microsatellite markers into the linkage map of sugar beet (*Beta vulgaris* spp.) / S.J. Rae, C. Aldam, I. Dominguez, M. Hoebrechts, S.R. Barnes, K.J. Edwards // Theoretical and Applied Genetics. – 2000. – Vol. 100, No. 8. – Pp. 1240–1248.
7. Genetic Distance Estimated by RAPD Markers and its Relationship with Hybrid Performance in Maize / D.C. Bruel, V. Carpentieri-Pipolo, A.C. Gerage, N.S. Fonseca Junior, C.E.C. Prete, C.F. Ruas, P.M. Ruas, S.G.H. de Souza, D.D. Garbuglio // Pesq. agropec. bras., Brasilia. – 2006. – Vol. 41, No. 10. – Pp. 1491–1498.

8. Genetic Diversity in Cultivated Common Bean: II. Marker-based Analysis of Morphological and Agronomic Traits / S.P. Singh, J. A. Gutierrez, A. Molina, C. Urrea, P. Gepts // *Crop Science*. – 1991. – Vol. 31. – Pp. 23–29.
9. Heritability Estimates of Agronomic Traits and Essential Oil Content in Iranian Fennels / A. Izadi-Darbandi, K. Bahmani, H.A. Ramshini, N. Moradi // *Journal of Agricultural Science and Technology*. – 2013. – Vol. 15, No. 6. – Pp. 1275–1283.
10. Informative Genomic Microsatellite Markers for Efficient Genotyping Applications in Sugarcane / S.K. Parida, K.K. Sanjay, K. Sunita, V. Dalal, G. Hemaprabha, A. Selvi, A. Pandit, A. Singh, K. Gaikwad, T.R. Sharma, P.S. Srivastava, N.K. Singh, T. Mohapatra // *Theoretical and Applied Genetics*. – 2009. – Vol. 118, No. 2. – Pp. 327–338. DOI: 10.1007/s00122-008-0902-4.
11. Kandemir N. Determining the Levels of Genetic Variation Using SSR Markers in Three Turkish Barley Materials Known as Tokak / N. Kandemir, A. Yildirim, R. Gündüz // *Turkish Journal Agriculture and Forestry*. – 2010. – Vol. 34, No. 1. – Pp. 17–23.
12. McGrath J. M. Genetic Diversity in Selected, Historical US Sugar Beet Germplasm and *Beta vulgaris* ssp. *maritima* / J.M. McGrath, C.A. Derrico, Y. Yu // *Theoretical and Applied Genetics*. – 1999. – Vol. 98, No. 6–7. – Pp. 968–976.
13. Polymorphic Microsatellite Markers for Inferring Diversity in Wild and Domesticated Sugar Beet (*Beta vulgaris*) / C.M. Richards, M. Brownson, S.E. Mitchell, S. Kresovich, L. Panella // *Molecular Ecology Notes*. – 2004. – Vol. 4. – Pp. 243–245. DOI: 10.1111/j.1471-8286.2004.00630.
14. Rogers S.O. Extraction of DNA from Milligram Amounts of Fresh, Herbarium and Mummified Plant Tissues / S.O. Rogers, A.J. Bendich // *Plant Molecular Biology*. – 1985. – Vol. 5, No. 2. – Pp. 67–76.
15. Spatial Analysis of Nuclear and Cytoplasmic DNA Diversity in Wild Sea Beet (*Beta vulgaris* ssp. *maritima*) Populations: Do Marine Currents Shape the Genetic Structure? / V. Fievet, P. Touzet, J.F. Arnaud, J. Cuguen // *Molecular Ecology*. – 2007. – Vol. 16, No. 9. – Pp. 1847–1864. DOI:10.1111/j.1365-294X.2006.03208.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Татьяна Петровна Федулова – доктор биологических наук, зав. лабораторией биохимии и молекулярной биологии ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара имени А.Л. Мазлумова», Российская Федерация, Воронежская область, Рамонский район, пос. ВНИИСС, e-mail: biotechnologiya@mail.ru.

Дмитрий Николаевич Федорин – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории биохимии и молекулярной биологии ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара имени А.Л. Мазлумова», Российская Федерация, Воронежская область, Рамонский район, пос. ВНИИСС, e-mail: biotechnologiya@mail.ru.

Михаил Алексеевич Богомолов – доктор сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией исходного материала ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара имени А.Л. Мазлумова», Российская Федерация, Воронежская область, Рамонский район, пос. ВНИИСС, e-mail: biotechnologiya@mail.ru.

Галина Геннадьевна Голева – доктор сельскохозяйственных наук, доцент кафедры селекции, семеноводства и биотехнологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 253-76-93 (доб. 1269), e-mail: selection@agronomy.vsau.ru.

Дата поступления в редакцию 09.08.2018

Дата принятия к печати 03.09.2018

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Tatiana P. Fedulova – Doctor of Biological Sciences, Head of Biochemistry and Molecular Biology Laboratory, A. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar, Russian Federation, Voronezh Oblast, Ramonsky Raion, pos. VNIIS, e-mail: biotechnologiya@mail.ru.

Dmitriy N. Fedorin – Candidate of Biological Sciences, Scientific Researcher, Biochemistry and Molecular Biology Laboratory, A. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar, Russian Federation, Voronezh Oblast, Ramonsky Raion, pos. VNIIS, e-mail: biotechnologiya@mail.ru.

Mikhail A. Bogomolov – Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Starting Material Laboratory, A. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar Russian Federation, Voronezh Oblast, Ramonsky Raion, pos. VNIIS, e-mail: biotechnologiya@mail.ru.

Galina G. Goleva – Doctor of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Plant Breeding, Seed Production and Biotechnology, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-71-81, e-mail: selection@agronomy.vsau.ru.

Received August 09, 2018

Accepted September 03, 2018

ВЛИЯНИЕ ОТЦОВСКИХ ФОРМ НА УБОРОЧНУЮ ВЛАЖНОСТЬ ЗЕРНА У ПРОСТЫХ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ

**Ольга Николаевна Панфилова
Сергей Юрьевич Сергеев
Елена Васильевна Чугунова
Юлия Анатольевна Авилова
Светлана Николаевна Дерунова**

**Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия,
Поволжский филиал**

Создание гибридов кукурузы с быстрой отдачей влаги зерном при созревании является актуальной проблемой в РФ. Во многих регионах страны (Среднее Поволжье, Центральный, Уральский, Сибирский и др. федеральные округа) уборка гибридов кукурузы на зерно комбайнами ведется при высокой влажности – выше 30%. Послеуборочная доработка зерна кукурузы до стандартной 14% влажности требует значительных энергозатрат. Из литературных источников известно, что быстрая отдача влаги зерном во время созревания наследуется в потомствах и контролируется генами с аддитивным характером взаимодействия, имеет место также и неаддитивное действие генов. В процессе селекционной работы, проведенной в 2015–2017 гг., были получены простые межлинейные гибриды путем скрещивания трех стерильных материнских форм с низкой уборочной влажностью и девятью отцовскими формами, являющимися опылителями с еще более низкой уборочной влажностью. Путем межлинейных скрещиваний было получено 27 простых гибридов. В результате комбинаций скрещиваний установлена степень наследуемости признака «уборочная влажность» зерна в зависимости от использования той или иной отцовской формы. Влажность зерна отцовских форм являлась влияющим фактором, влажность зерна полученных гибридов – результативным фактором. На основе корреляционного анализа установлена зависимость между изучаемыми факторами. С учетом высокой вариативности изменчивости влажности полученные величины корреляционных отношений существенны (0,6687–0,7106), это позволило характеризовать связь как заметную и высокую. В нашем анализе доля влияния уборочной влажности отцовских форм на влажность простых межлинейных гибридов в общем числе факторов, влияющих на уборочную влажность зерна гибридов, составила 50,50%, 46,70 и 44,71%. Использование отцовских форм с более низкой уборочной влажностью для получения новых гибридов является существенным резервом в селекции на более низкую уборочную влажность зерна.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: кукуруза, гибрид, инбредная линия, уборочная влажность зерна, наследуемость, регрессия, корреляция.

MALE PARENT FORMS INFLUENCE ON THE HARVESTING MOISTURE OF GRAIN OF SINGLE-CROSS CORN HYBRIDS

**Olga N. Panfilova
Sergey Yu. Sergeev
Elena V. Chugunova
Yuliya A. Avilova
Svetlana N. Derunova**

All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Povolzhskiy Branch

The creation of corn hybrids with a rapid moisture return of grain in the stage of maturity is an urgent problem in Russia. In many regions of the country (Middle Volga, Central, Ural, Siberian and other federal districts) corn hybrids are harvested by harvesters at high grain humidity – above 30%. Post-harvest processing of corn grain towards standard moisture content of 14% requires significant energy consumption. According to literature studies, it is known that rapid moisture return of grain in the stage of maturity is inherited in the offspring and is controlled by genes with an additive character of interaction, there is also a nonadditive effect of genes. In the

process of breeding carried out in 2015–2017, simple interline hybrids were obtained by crossing of three sterile female parent forms with low moisture content at harvesting and nine male parent forms, which are pollinators with even lower harvesting moisture. By interstrain crossing 27 simple hybrids were obtained. As a result of crossing combinations, the authors defined the degree of heritability of such character of grain as 'moisture content at harvesting' depending on certain male parent form involved in the process of crossing. Moisture content of grain of male parent forms was an influencing factor, whereas moisture content of grain of the obtained hybrids was a resultant factor. Based on the correlation data analysis the dependence between the studied factors was established. Considering high variability of humidity changes, the values of correlation relations are significant (0.6687–0.7106). This brings us to the conclusion that correlation is appreciable and high. In our analysis, the rate of the influence of 'moisture content at harvesting' of male parent forms on the humidity of simple interline hybrids in the total number of factors that have an influence on the moisture content at harvesting of grain of hybrids was of 50.50%, 46.70% and of 44.71%. The use of male parent forms with low moisture content in the process of obtaining new hybrids is a significant reserve in selective breeding.

KEYWORDS: corn, hybrid, inbred line, moisture content at harvesting, heritability, regression, correlation.

Введение

Одним из важнейших аспектов в селекции кукурузы является создание гибридов с быстрой отдачей влаги зерном при созревании. Актуальность этой проблемы объясняется тем, что во многих регионах РФ (Среднее Поволжье, Центральный, Уральский, Сибирский и др. федеральные округа) уборка урожая зерна гибридов кукурузы комбайнами ведется при довольно высокой влажности, часто выше 30%. Послеуборочная доработка зерна с повышенной влажностью требует значительных энергетических затрат. Так, на высушивание зерна кукурузы от 30 до 14% влажности количество энергоресурсов превышает необходимые затраты на ее производство.

Из литературных данных известно, что потеря влажности зерна кукурузы во время созревания представляет собой сложный процесс, который зависит от многих факторов. Установлено, что быстрая отдача влаги зерном во время созревания наследуется в потомствах и контролируется преимущественно генами с аддитивным характером взаимодействия, хотя имеет место также и неаддитивное действие генов. Коэффициенты наследуемости быстрой отдачи влаги достигали 95%, что указывает на стабильность проявления признака и эффективность отбора на быструю влагоотдачу зерном кукурузы [1, 3, 5].

При селекции на продуктивность и раннеспелость положительных результатов можно достичь путем создания таких гибридов, которые отличались бы относительно продолжительными периодами роста и налива зерна, благоприятно влияющими на величину урожая, но имели бы короткий период высыхания зерна (от появления черного слоя до наступления технической спелости), сокращающие общую длину вегетационного периода [7, 8, 9].

Многие ученые-селекционеры как в России, так и за рубежом по результатам исследования процессов потери влаги зерном кукурузы при созревании делают выводы, что линии и гибриды кукурузы существенно различаются по скорости высыхания зерна при созревании и этот признак является наследуемым свойством, что дает возможность вести отбор в этом направлении [2, 10, 11].

Величина влажности при уборке есть функция двух взаимосвязанных величин – уровня влажности при наступлении физиологической спелости и скорости высыхания зерна после этого.

Материалы и методы

В процессе селекционной работы простые межлинейные гибриды были получены в результате скрещиваний вручную под изоляторами. В селекционной работе использовалось всего 17 линейных стерильных материнских форм. Из них были отобраны три стерильные линии как доноры низкой уборочной влажности зерна – РП 21С, РП 203С, Ма 21М с целью получения простых межлинейных гибридов.

Две линии «С» типа – боливийского источника (РП 21С, РП 203С) и одна «М» типа – молдавского источника (Ма 21М) имели кремнистый тип зерна. Отцовскими формами были 9 инбредных линий, различающихся по консистенции зерна, из них 6 – кремнистых (РП 3, РП 33, РП 80, РП 136, РП 147, РП 214), 2 – зубовидные (РП 36, РП 121) и одна – полузубовидная (РП 65).

Полученные в результате скрещиваний простые межлинейные гибриды высевали в контрольном питомнике на 3-рядковых делянках, площадью 14,7 м², учетная площадь составила 9,8 м², повторность – двукратная. Изучение проводили по комплексу хозяйственно ценных признаков, в том числе по признаку «уборочная влажность» на дату полной спелости зерна.

Испытания проводили в течение трех лет – с 2015 по 2017 г., климатические условия которых были различными [6].

2015 г. в целом характеризовался как благоприятный, но налив зерна и созревание проходили в условиях дефицита почвенной и воздушной влаги, температура воздуха была выше многолетнего значения на 3–4°C при полном отсутствии осадков, поэтому уборочная влажность гибридов и их родительских форм в этом году была самой низкой из трех лет испытаний.

2016 г. был незначительно засушливым, но август, когда шел период налива зерна, был сухим и жарким, температура была на 6,2°C выше среднемноголетнего значения, но за счет того, что в III декаде августа выпало 20 мм осадков (среднемноголетняя месячная норма 21 мм), растения вновь начали вегетировать, поэтому в фазе полной спелости (I декада сентября) гибриды и линии имели довольно высокую уборочную влажность зерна.

2017 г. был благоприятным, но условия августа были аналогичными 2015 г., осадков выпало в 2 раза меньше среднемноголетнего показателя – 11 мм вместо 22 мм, температура в этом месяце была жарче среднемноголетнего показателя на 3,2°C, фаза полной спелости у ранних гибридов наступила в I декаде сентября.

Уборочную влажность простых межлинейных гибридов кукурузы, материнских и отцовских форм определяли в фазу полной спелости зерна полевым влагомером на одну и ту же дату.

Математическую и статистическую обработку, корреляционный и регрессионный анализ полученных результатов исследований проводили по методике Б.А. Доспехова [4].

Целью проведенных исследований было создание простых межлинейных ранне-спелых гибридов кукурузы зернового использования с низкой уборочной влажностью зерна.

В качестве генетических источников использовали стерильные материнские формы со сравнительно низкой уборочной влажностью, отцовскими формами были инбредные линии – доноры низкой уборочной влажности.

Результаты и их обсуждение

На основе анализа полученных комбинаций скрещиваний установили степень наследуемости признака «уборочная влажность» зерна от использования той или иной отцовской формы с более низкой влажностью зерна, чем у материнской формы.

Показатели уборочной влажности зерна исходных родительских форм и простых межлинейных гибридов кукурузы (2015–2017 гг.) представлены в таблице 1.

Уборочная влажность на дату полной спелости зерна по материнским линиям имела следующие значения:

РП 21С – 20,7%;

РП 203С – 22,5%;

Ма 21М – 19,6%.

Таблица 1. Уборочная влажность зерна исходных родительских форм и простых межлинейных гибридов кукурузы (2015–2017 гг.)

Материнская форма		Отцовская форма		Гибрид		+, - от материнской линии
Линия	Влажность, %	Линия	Влажность, %	Происхождение	Влажность, %	
РП 21С	20,7	РП 3	17,2	РП 21С × РП 3	19,3	-1,4
		РП 33	18,4	РП 21С × РП 33	18,0	-2,7
		РП 36	16,1	РП 21С × РП 36	19,6	-1,1
		РП 65	17,1	РП 21С × РП 65	18,9	-1,8
		РП 80	16,0	РП 21С × РП 80	19,0	-1,7
		РП 121	17,6	РП 21С × РП 121	17,9	-2,8
		РП 136	15,6	РП 21С × РП 136	19,2	-1,5
		РП 147	18,2	РП 21С × РП 147	19,8	-0,9
		РП 214	16,4	РП 21С × РП 214	18,1	-2,6
РП 203С	22,5	РП 3	17,2	РП 203С × РП 3	19,0	-3,5
		РП 33	18,4	РП 203С × РП 33	17,7	-4,8
		РП 36	16,1	РП 203С × РП 36	18,7	-3,8
		РП 65	17,1	РП 203С × РП 65	17,1	-5,4
		РП 80	16,0	РП 203С × РП 80	18,5	-4,0
		РП 121	17,6	РП 203С × РП 121	18,7	-3,8
		РП 136	15,6	РП 203С × РП 136	19,0	-3,5
		РП 147	18,2	РП 203С × РП 147	17,6	-4,9
		РП 214	16,4	РП 203С × РП 214	18,0	-4,5
Ма 21М	19,6	РП 3	17,2	Ма 21М × РП 3	15,5	-4,1
		РП 33	18,4	Ма 21М × РП 33	16,2	-3,4
		РП 36	16,1	Ма 21М × РП 36	15,3	-4,3
		РП 65	17,1	Ма 21М × РП 65	17,0	-2,6
		РП 80	16,0	Ма 21М × РП 80	15,9	-3,7
		РП 121	17,6	Ма 21М × РП 121	16,0	-3,6
		РП 136	15,6	Ма 21М × РП 136	17,3	-2,3
		РП 147	18,2	Ма 21М × РП 147	16,4	-3,2
		РП 214	16,4	Ма 21М × РП 214	15,7	-3,9

У отцовских форм уборочная влажность изменялась от 15,6 до 18,4%, т. е. имела более низкое значение, чем у материнских форм. В результате анализирующих скрещиваний было получено по 9 простых межлинейных гибридов в каждой группе тестеров, всего 27 простых межлинейных гибридов. В результате скрещиваний все полученные простые межлинейные гибриды имели уборочную влажность ниже, чем у любой материнской формы.

Не установлена зависимость между уборочной влажностью полученных простых межлинейных гибридов и консистенцией зерна использованных отцовских форм. В скрещиваниях с отцовскими формами кремнистой, зубовидной и полужубовидной консистенции новые гибриды имели более низкую уборочную влажность зерна.

Корреляционный и регрессионный анализ проводили по осредненным результатам влажности зерна материнской формы, отцовской формы и полученных в результате скрещиваний новых простых межлинейных гибридов за три различных по погодным

условиям года, что позволило нивелировать влияние погодных условий на результаты статистического анализа и акцентировать внимание на связи влажности зерна отцовских форм и гибридов на их основе. Следует отметить, что влажность зерна отцовских форм принималась за влияющий фактор, а влажность зерна полученных гибридов – как результативный фактор.

Перед проведением корреляционного и регрессионного анализа зависимость между изучаемыми факторами (влажность зерна отцовских форм и простых межлинейных гибридов) была проверена на линейность с помощью критерия линейности корреляции. В результате установлена криволинейная зависимость между изучаемыми факторами. Поэтому корреляционный анализ сводился к определению величины корреляционного отношения (табл. 2).

Таблица 2. Показатели корреляции между гибридами

Гибрид	Корреляционное отношение	Коэффициент детерминации	Сила связи по шкале Чеддока
РП 21С × РП 3 РП 21С × РП 33 РП 21С × РП 36 РП 21С × РП 65 РП 21С × РП 80 РП 21С × РП 121 РП 21С × РП 136 РП 21С × РП 147 РП 21С × РП 214	0,7106	0,5050	Высокая
РП 203С × РП 3 РП 203С × РП 33 РП 203С × РП 36 РП 203С × РП 65 РП 203С × РП 80 РП 203С × РП 121 РП 203С × РП 136 РП 203С × РП 147 РП 203С × РП 214	0,6836	0,4673	Заметная
Ма 21М × РП 3 Ма 21М × РП 33 Ма 21М × РП 36 Ма 21М × РП 65 Ма 21М × РП 80 Ма 21М × РП 121 Ма 21М × РП 136 Ма 21М × РП 147 Ма 21М × РП 214	0,6687	0,4471	Заметная

С учетом высокой вариативности изменчивости влажности вообще полученные величины корреляционных отношений следует считать существенными (0,6687–0,7106), что позволяет охарактеризовать связь как заметную и высокую.

Обращают на себя внимание значения коэффициента детерминации, поскольку по ним судят о доле вариации, приходящейся на изменение влажности зерна. В нашем анализе доля влияния влажности зерна отцовских форм на влажность простых межлинейных гибридов в общем числе факторов, влияющих на влажность зерна гибридов в целом, соответствует 50,50%, 46,73 и 44,71%. Как нам представляется, такие показатели можно считать довольно высокими и, как следствие, они подлежат учету в дальней-

ших исследованиях в плане еще более эффективного использования изученных отцовских форм как перспективных для селекции новых гибридов.

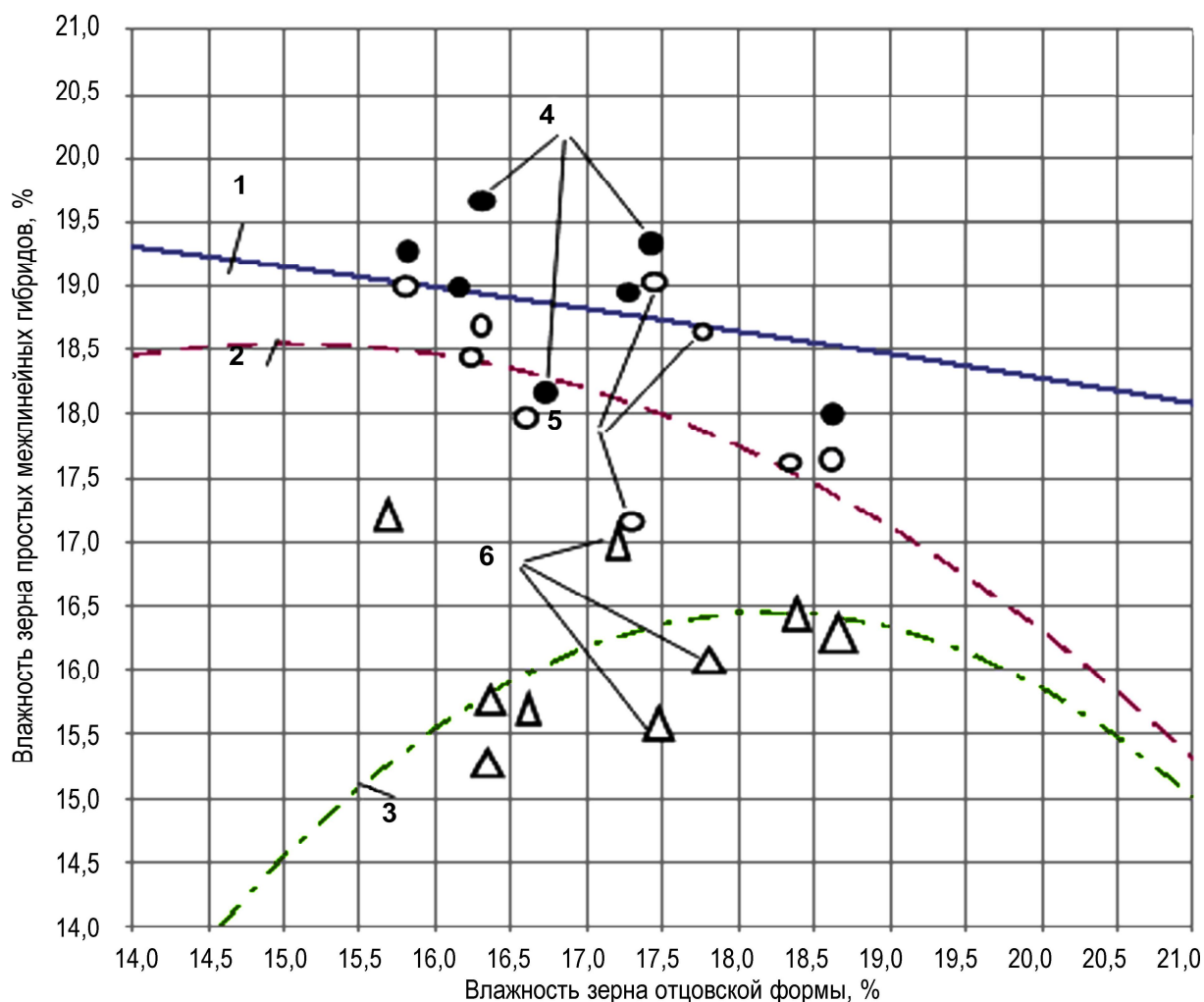
При регрессионном анализе мы использовали параболическую кривую и квадратическую зависимость вида $ax^2 + bx + c$. В результате были получены три эмпирические зависимости, параметры которых приведены в таблице 3 и подтверждаются графически на рисунке.

Таблица 3. Результаты регрессионного анализа простых межлинейных гибридов и их отцовских форм

Гибрид	Коэффициенты регрессии			Уравнение регрессии
	a	b	c	
РП 21С × РП 3 РП 21С × РП 33 РП 21С × РП 36 РП 21С × РП 65 РП 21С × РП 80 РП 21С × РП 121 РП 21С × РП 136 РП 21С × РП 147 РП 21С × РП 214	-0,0029	-0,0694	20,8797	$Y = -0,003x^2 - 0,07x + 20,88$
РП 203С × РП 3 РП 203С × РП 33 РП 203С × РП 36 РП 203С × РП 65 РП 203С × РП 80 РП 203С × РП 121 РП 203С × РП 136 РП 203С × РП 147 РП 203С × РП 214	-0,0906	2,7362	-2,0119	$Y = 0,091x^2 + 2,736x - 2,012$
Ма 21М × РП 3 Ма 21М × РП 33 Ма 21М × РП 36 Ма 21М × РП 65 Ма 21М × РП 80 Ма 21М × РП 121 Ма 21М × РП 136 Ма 21М × РП 147 Ма 21М × РП 214	-0,1855	6,774	-45,22	$Y = -0,186x^2 + 6,774x - 45,22$

Интерполяционные участки эмпирических кривых варьируют в диапазоне влажности зерна от 15,3 до 19,8% и для отцовской формы, и для простых межлинейных гибридов. В пределах этих участков влажность зерна гибридов с материнской линией РП 21С и РП 203С уменьшается с повышением влажности зерна отцовских форм. При этом у гибридов с участием материнской линии РП 203С интенсивность снижения влажности выше, чем у линии РП 21С.

Связь влажности зерна гибридов с материнской линией Ма 21М и влажностью зерна отцовских форм имеет другой характер: повышение влажности зерна отцовских форм сопровождается повышением влажности зерна у простых гибридов. Такая закономерность прослеживается в пределах интерполяционной части кривой в пределах 15,5–18,5%. При проведении экстраполяции, при влажности зерна отцовских форм более 18,5%, закономерность меняется на обратную. В третью эмпирическую кривую (Ма 21М) попал пик параболы. При этом следует отметить, что так как нисходящая часть параболы является интерполяционной, то делать по ней заключение преждевременно.



Влияние влажности зерна отцовских форм на влажность зерна простых межлинейных гибридов: 1 – при $Y = -0,003x^2 - 0,07x + 20,88$; 2 – при $Y = 0,091x^2 + 2,736x - 2,012$; 3 – при $Y = -0,186x^2 + 6,774x - 45,22$; 4, 5, 6 – фактические точки определения влажности зерна отцовских форм и гибридов по материнским линиям РП 21С, РП 203С и Ма 21М

Выводы

Установлено, что при создании простых межлинейных раннеспелых гибридов кукурузы с низкой уборочной влажностью зерна следует учитывать влияние уборочной влажности отцовских форм на уборочную влажность зерна создаваемых гибридов. При этом влияние может выражаться в форме как прямой, так и обратной зависимости. Это связано с индивидуальными особенностями генотипов материнских линий, отцовских форм и создаваемых гибридов.

Использование инбредных линий с низкой уборочной влажностью в качестве отцовских форм является существенным резервом в работе по созданию гибридов кукурузы с более низкой уборочной влажностью зерна, что подтверждено результатами исследований.

Библиографический список

1. Асыка Ю.А. Наследование способности быстрой потери влаги при созревании зерна у гибридов кукурузы / Ю.А. Асыка // Науч.-техн. бюл. ВСГИ. – Одесса, 1985. – № 4 (58). – С. 13–16.
2. Асыка Ю.А. О селекции кукурузы на ускоренное высыхание зерна при созревании / А.Ю. Асыка, В.А. Трофимов // Сельскохозяйственная биология. – 1988. – № 2. – С. 3–9.

3. Виличку Ф.К. Интенсивность высушивания зерна линий кукурузы в полевых условиях / Ф.К. Виличку, И.А. Павленкова // Селекция, семеноводство, производство зерна кукурузы : матер. науч.-практ. конф. 05–07 августа 2002 г. – Пенза, 2002. – С. 83–91.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) : учебник / Б.А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – Москва : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
5. Зозуля А.Л. Селекция кукурузы на снижение уборочной влажности зерна / А.Л. Зозуля // Селекция и семеноводство. – 1982. – № 51. – С. 3–6.
6. Методические рекомендации по проведению полевых опытов с кукурузой. – Днепропетровск, 1980. – 54 с.
7. Мустяца С.И. Динамика влажности зерна / С.И. Мустяца, С.И. Мистрец // Кукуруза и сорго. – 1993. – № 5. – С. 15–17.
8. Панфилов А.Э. Динамика влажности зерна кукурузы в связи с гидротермическими условиями / А.Э. Панфилов, Е.С. Иванова // Известия Челябинского научного центра. – 2008. – № 1 (39). – С. 87–90.
9. Хорошилов С.А. Выделение генотипов для создания гибридов кукурузы с пониженной влажностью зерна к уборке / С.А. Хорошилов, А.Н. Воронин, Г.М. Журба // Селекция. Семеноводство. Технология возделывания кукурузы : матер. науч.-практ. конф., посвящ. 20-летию ГНУ ВНИИ кукурузы. – Пенза, 2009. – С. 111–117.
10. Hallauer A.R. Methods used in developing maize inbreds / A.R. Hallauer // Maydica. – 1990. – Vol. 35, No. 1. – Pp. 1–16.
11. Smith J.S.C. The description and assessment of distances between inbred lines of maize: the utility of morphological, biochemical and genetic descriptors and a scheme for the testing of distinctiveness between inbred lines / J.S.C. Smith, O.S. Smith // Maydica. – 1989. – Vol. 34, No. 2. – P. 151–161.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Ольга Николаевна Панфилова – кандидат сельскохозяйственных наук, директор Поволжского филиала ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия», Российская Федерация, г. Волгоград, тел. 8 (84442) 9-37-16, e-mail: filialpovolg@rambler.ru.

Сергей Юрьевич Сергеев – кандидат технических наук, старший научный сотрудник Поволжского филиала ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия», Российская Федерация, г. Волгоград, тел. 8 (84442) 9-37-16, e-mail: filialpovolg@rambler.ru.

Елена Васильевна Чугунова – старший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства кукурузы Поволжского филиала ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия», Российская Федерация, г. Волгоград, тел. 8 (84442) 9-37-16, e-mail: filialpovolg@rambler.ru.

Юлия Анатольевна Авилова – старший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства кукурузы Поволжского филиала ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия», Российская Федерация, г. Волгоград, тел. 8 (84442) 9-37-16, e-mail: filialpovolg@rambler.ru.

Светлана Николаевна Дерунова – старший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства кукурузы Поволжского филиала ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия», Российская Федерация, г. Волгоград, тел. 8 (84442) 9-37-16, e-mail: filialpovolg@rambler.ru.

Дата поступления в редакцию 02.09.2018

Дата принятия к печати 22.09.2018

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Olga N. Panfilova – Candidate of Agricultural Sciences, Director, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Povolzhskiy Branch, Russian Federation, Volgograd, tel. 8 (84442) 9-37-16, e-mail: filialpovolg@rambler.ru.

Sergey Yu. Sergeev – Candidate of Engineering Sciences, Senior Scientific Researcher, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Povolzhskiy Branch, Russian Federation, Volgograd, tel. 8 (84442) 9-37-16, e-mail: filialpovolg@rambler.ru.

Elena V. Chugunova – Senior Scientific Researcher, Corn Breeding and Seed Production Division, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Povolzhskiy Branch, Russian Federation, Volgograd, tel. 8 (84442) 9-37-16, e-mail: filialpovolg@rambler.ru.

Yuliya A. Avilova – Senior Scientific Researcher, Corn Breeding and Seed Production Division, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Povolzhskiy Branch, Russian Federation, Volgograd, tel. 8 (84442) 9-37-16, e-mail: filialpovolg@rambler.ru.

Svetlana N. Derunova – Senior Scientific Researcher, Corn Breeding and Seed Production Division, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Povolzhskiy Branch, Russian Federation, Volgograd, tel. 8 (84442) 9-37-16, e-mail: filialpovolg@rambler.ru.

Received September 02, 2018

Accepted September 22, 2018

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ВЫСОТЫ И МАССЫ ГЕНЕРАТИВНОГО ПОБЕГА ПИЖМЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*TANACETUM VULGARE* L.) ДЛЯ ПРОГНОЗА УРОЖАЙНОСТИ ЛЕКАРСТВЕННОГО СЫРЬЯ ДИКОРАСТУЩИХ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ

Сергей Алексеевич Бородий
Вера Сергеевна Виноградова
Павел Сергеевич Бородий

Костромская государственная сельскохозяйственная академия

Организация работ по заготовке лекарственного сырья требует прогноза урожайности по ростовым моделям, отсутствующим для пижмы. Цель исследования заключалась в разработке математической модели прогноза урожайности дикорастущих ценопопуляций пижмы обыкновенной. Исследования проводили в 2012–2014 гг. в дикорастущей ценопопуляции пижмы обыкновенной на семилетней залежи в 1,5 км от окраины г. Костромы. Для изучения динамики морфометрических параметров надземную массу 10 побегов (по одному от каждой куртины пижмы) срезали на уровне почвы в период от фазы весеннего отрастания до осеннего отмирания побега с интервалом 7 суток. У каждого побега измеряли высоту, воздушно-сухую (влажность 13%) массу листьев, стебля, соцветий с последующим усреднением результатов. Математическую модель прогноза динамики урожайности разрабатывали при помощи надстройки «Пакет анализа» MS Excel. Прогноз динамики формирования урожайности лекарственного сырья пижмы рассчитывали по разработанным математическим моделям на основании суммарной энтальпии воздуха от стабильного перехода среднесуточной температуры воздуха через +5°C до календарной даты учета фактического количества побегов на единице площади, высоты и надземной фитомассы побега. Точность прогноза оценивали методом корреляционного анализа эмпирических и прогностических данных по коэффициенту детерминации. При использовании разработанных моделей получены следующие показатели точности прогноза динамики высоты побега от весеннего отрастания до цветения – 99,41–99,95%, урожайности надземной общей фитомассы – 93,27–99,05%, надземной активной фитомассы – 92,79–99,76%, массы листьев – 91,77–97,86%, массы стебля – 89,50–99,00%, массы соцветий – 96,83–99,91%. Авторские разработки позволяют прогнозировать урожайность пижмы обыкновенной минимум за 2–3 месяца до начала заготовки лекарственного сырья, что важно для планирования календарных сроков, объемов сбора и организации заготовительных работ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: пижма обыкновенная, *Tanacetum vulgare* L., динамика продуктивности побега, прогноз урожайности, математическая модель.

MATHEMATICAL MODEL OF DYNAMICS OF HEIGHT AND WEIGHT OF GENERATIVE SHOOT OF TANSY (*TANACETUM VULGARE* L.) FOR FORECASTING THE YIELD OF MEDICINAL RAW MATERIAL IN WILD CENOPOPULATIONS

Sergey A. Borodiy
Vera S. Vinogradova
Pavel S. Borodiy

Kostroma State Agricultural Academy

Organizing the work on procurement of medicinal raw materials requires forecasting the yield by growth models that are not available for tansy. The objective of this study was to develop a mathematical model for forecasting the yield of wild cenopopulations of tansy. Studies were conducted in 2012–2014 in a wild cenopopulation of tansy growing on seven-year-old fallow located 1.5 km away from the outskirts of Kostroma. In order to study the dynamics of morphometric parameters, the green weight of top 10 shoots (one from each tansy cluster) were cut

at the soil level in the period from spring regrowth till autumn dieback of shoots at the interval of 7 days. Each shoot was measured by height, air-dry (moisture of 13%) weight of leaves, stem and inflorescences with further averaging of results. The mathematical model was developed using the MSExcel Analysis ToolPak add-in. The forecast of dynamics of yield of tansy medicinal raw material was calculated by the developed mathematical models on the basis of total air enthalpy from the moment of stable average daily temperature transition through the point of +5°C till the calendar date of recording the actual number of shoots per unit area, height, and aboveground biomass of shoots. The accuracy of forecast was evaluated using the method of correlation analysis of empirical and predictive data by the coefficient of determination. The developed models allowed obtaining the following forecast accuracy values: 99.41–99.95% for forecast dynamics of shoot height from spring regrowth till flowering, 93.27–99.05% for yield of total aboveground biomass, 92.79–99.76% for yield of active aboveground biomass, 91.77–97.86% for weight of leaves, 89.50–99.00% for weight of stem, and 96.83–99.91% for weight of inflorescences. The authors' developments allow forecasting the yield of tansy at least 2–3 months before the beginning of procurement of medicinal raw materials, which is important for planning the calendar terms, harvesting volumes and organization of works.

KEYWORDS: tansy, *Tanacetum vulgare* L., dynamics of productivity of shoot, yield forecasting, mathematical model.

Введение

Пижма обыкновенная применяется в медицине [5], защите растений от вредителей и болезней [1, 6], кулинарии [3, 10]. В настоящее время основная масса лекарственного сырья собирается в дикорастущих ценопопуляциях, что вызывает необходимость заблаговременной оценки урожайности соцветий на эксплуатируемых участках в зависимости от эдафических и агрометеорологических факторов текущего года.

В сельскохозяйственном производстве существует достаточно много способов управления формированием урожая (подкормки, стимуляторы и ингибиторы ростовых процессов, средства защиты от вредоносных объектов и др.), которые принципиально можно использовать и для дикорастущих растений. Однако экономическая целесообразность антропогенного регулирования продукционного процесса зависит от прогноза потенциальной урожайности на фоне фактического плодородия почвы. Принципы программирования урожайности были сформулированы еще в конце XX в. [9]. В это же время для основных сельскохозяйственных культур начата разработка ростовых моделей планирования и прогноза урожайности [2, 7, 8], но для пижмы обыкновенной такие модели отсутствуют.

Цель исследований состояла в разработке математической модели прогноза урожайности дикорастущих ценопопуляций пижмы обыкновенной.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- изучить динамику морфометрических параметров надземных фитоорганов пижмы обыкновенной;
- разработать математические модели динамики высоты и массы фитоорганов побега в зависимости от суммарной энтальпии воздуха.

Материалы и методы

Исследования проводили в 2012–2014 гг. в дикорастущей ценопопуляции пижмы обыкновенной, произраставшей на семилетней залежи в 1,5 км от окраины г. Костромы.

Для изучения динамики морфометрических параметров надземную массу 10 побегов (по одному от каждой куртины пижмы) срезали на уровне почвы в период от фазы весеннего отрастания до осеннего отмирания побега с интервалом 7 суток. У каждого побега измеряли высоту, воздушно-сухую (влажность 13%) массу листьев, стебля, соцветий с последующим усреднением результатов.

Математическую модель прогноза динамики урожайности разрабатывали при помощи надстройки «Пакет анализа» MS Excel. В качестве параметра времени использовали суммарную энтальпию воздуха [2].

Точность прогноза оценивали методом корреляционного анализа эмпирических и прогностических данных по коэффициенту детерминации [4].

Результаты и их обсуждение

Высота побега

Увеличение высоты побега от весеннего отрастания до фазы начала цветения пижмы обыкновенной подчинялось линейной зависимости, далее рост прекращался, и высота оставалась практически стабильной до конца вегетации.

Прогноз динамики высоты побега (h , см) до фазы цветения в зависимости от суммарной энтальпии воздуха (C_p , КДж/кг) рассчитывается по формулам:

$$h = (0,376 \cdot C_p - 2,2432) + h';$$

$$h' = hf - (0,376 \cdot C_p - 2,2432),$$

где h' – корректирующий коэффициент, см;

hf – эмпирическая высота стебля на момент учета, см;

C_p – суммарная энтальпия воздуха от весеннего перехода среднесуточной температуры воздуха через +5°C до календарной даты учета, КДж/кг.

Диапазон C_p для корректной работы модели лежит в пределах 80,0–3000,0 КДж/кг (табл. 1).

Таблица 1. Верификация модели прогноза динамики высоты побега пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.) в дикорастущих ценопопуляциях

Дата учета	Суммарная энтальпия воздуха, кДж/кг	Высота побега, см (эмпирическая)	Высота побега, см (прогноз)
26.04.2012 г.	202,19	5,50	5,36
03.04.2012 г.	359,65	10,40	11,28
10.05.2012 г.	554,46	19,27	18,60
17.05.2012 г.	765,57	27,17	26,54
21.06.2012 г.	2041,09	72,47	74,50
27.06.2012 г.	2267,92	83,52	83,03
05.07.2012 г.	2604,61	96,21	95,69
12.07.2012 г.	2952,72	108,90	108,78
R ²		0,9995	
30.04.2013 г.	82,72	7,00	7,00
07.05.2013 г.	223,20	14,41	12,28
15.05.2013 г.	495,46	22,79	22,52
22.05.2013 г.	714,01	31,75	30,74
29.05.2013 г.	966,60	44,50	40,23
11.06.2013 г.	1465,85	59,72	59,01
18.06.2013 г.	1737,67	65,00	69,23
25.06.2013 г.	2035,40	75,72	80,42
01.07.2013 г.	2363,89	93,37	92,77
09.07.2013 г.	2772,07	101,78	108,12
R ²		0,9941	
29.04.2014 г.	264,70	13,65	13,65
06.05.2014 г.	363,43	17,55	17,36
13.05.2014 г.	536,37	22,65	23,86
20.05.2014 г.	750,36	32,10	31,91
27.05.2014 г.	1050,11	46,20	43,18
03.06.2014 г.	1283,67	57,00	51,96
10.06.2014 г.	1592,81	69,30	63,59
17.06.2014 г.	1808,02	69,40	71,68
24.06.2014 г.	2015,56	77,10	79,48
01.07.2014 г.	2214,75	77,00	86,97
08.07.2014 г.	2500,54	85,80	97,72
R ²		0,9709	

Верификация математической модели, разработанной по эмпирическим данным 2012 г., по независимым данным 2013 и 2014 гг. показала точность прогноза соответственно 99,41 и 97,31% (табл. 1), что обуславливает пригодность модели для прогноза динамики высоты побега пижмы обыкновенной в дикорастущих ценопопуляциях.

Надземная общая фитомасса

Стабильное нарастание этого параметра до начала цветения побега подчинялось степенной зависимости. На последующих стадиях развития растения изменение массы было нестабильным в результате разнокачественности побегов, взятых для анализа, однако наблюдалась тенденция к снижению вследствие отмирания листовой массы и рассеивания семян.

Модель прогноза динамики воздушно-сухой (13%) надземной общей фитомассы (Mo) побега от весеннего отрастания до цветения представляет собой систему уравнений:

$$Mo = (0,00000003 \cdot Cp^{2,1922}) + Mo';$$

$$Mo' = Mof - (0,00000003 \cdot Cp^{2,1922}),$$

где Mo' – корректирующий коэффициент, г/побег;

Mof – эмпирическая надземная общая фитомасса на момент учета, г/побег;

Cp – суммарная энтальпия воздуха от весеннего перехода среднесуточной температуры воздуха через +5°C до календарной даты учета, КДж/кг.

Верификация модели показала точность прогноза в диапазоне от 93,3 до 99,1% (табл. 2).

Надземная активная фитомасса побега представляет собой массу вегетирующих фитоорганов без учета отмерших частей побега. Динамика активной фитомассы в целом в исследованиях была аналогична общей массе, количественно отличаясь от нее на величину массы отмерших фитоорганов, и до начала цветения подчинялась степенной зависимости.

Надземная активная фитомасса (Mn) является частью общей надземной фитомассы (Mo), поэтому для прогноза требуется вычислить коэффициент надземной активной фитомассы (Kn), позволяющий рассчитать Mn в любой заданный момент времени по прогнозу Mo .

Коэффициент надземной активной фитомассы (Kn) до фазы 7–9-го листа практически равнялся единице, поскольку отмирания фитоорганов еще не происходило. После формирования 9-го листа Kn снижался вследствие отмирания листьев.

Динамика коэффициента надземной активной фитомассы (Kn) прогнозируется системой уравнений по формулам:

$$Kn = 1 \text{ при } Cp < 766,00 \text{ КДж/кг};$$

$$Kn = -0,00003 \cdot Cp + 0,9969 \text{ при } Cp \text{ от } 766,10 \text{ до } 3000 \text{ КДж/кг}.$$

Верификация модели показала точность прогноза в диапазоне от 75,2 до 97,3% (табл. 3).

Для прогноза надземной активной фитомассы (Mn) надземная общая масса побега (Mo) умножается на Kn

$$Mn = Mo \cdot Kn.$$

Точность модели составляет 93,3–99,1% (табл. 2).

Масса листьев дикорастущей ценопопуляции возрастала до начала цветения и достигала максимума в период цветения. В дальнейшем отмечена тенденция снижения этого показателя вследствие постепенного отмирания листьев.

В каждый момент времени масса листьев (MI) в общей надземной активной массе побега занимала определенную долю, величина которой с возрастом снижалась вследствие естественного отмирания листьев и роста других фитоорганов. Таким образом, следует установить зависимость коэффициента массы листьев побега (KI) от суммарной энтальпии воздуха.

Динамика коэффициента массы листьев побега (KI) прогнозируется с точностью от 95,7 до 97,6% (табл. 3) по логарифмической функции

$$KI = -0,2701 \cdot \ln(Cp) + 2,4762 \quad \text{для } Cp \text{ от } 80,00 \text{ до } 3000,00 \text{ КДж/кг.}$$

Верификация модели показала возможность прогнозировать динамику воздушно-сухой массы листьев побега с точностью от 91,8 до 97,9% (табл. 2) по уравнению

$$MI = Mn \cdot KI.$$

Масса стебля возрастала до начала цветения и достигала максимума в период цветения. В дальнейшем отмечена тенденция снижения этого параметра вследствие постепенного отмирания стебля, которое начиналось от верхней части побега.

В каждый момент времени масса стебля (Ms) в общей надземной активной массе побега занимала определенную долю, значение которой возрастало до фазы бутонизации, а затем стабилизировалось.

Динамика коэффициента массы стебля (Ks) прогнозируется с точностью от 91,3 до 98,9% (табл. 3) по логарифмической функции

$$Ks = 0,2058 \cdot \ln(Cp) - 1,077 \quad \text{для } Cp \text{ от } 202,0 \text{ до } 3000,0 \text{ КДж/кг.}$$

Верификация модели показала возможность прогнозировать массу стебля побега пижмы с точностью от 89,5 до 99,0% (табл. 2) по уравнению

$$Ms = In \cdot Ks.$$

Масса соцветий (корзинок) увеличивалась до начала цветения, была довольно стабильной в период цветения, а позднее имела тенденцию к возрастанию за счет формирования и роста плодов.

В каждый момент времени масса соцветий в надземной активной массе побега, как и другие фитоорганы, занимала определенную долю (коэффициент соцветий).

Динамика коэффициента массы соцветий (Kg) прогнозируется с точностью от 90,2 до 99,6% (табл. 3) по логарифмической функции

$$Kg = 0,2438 \cdot \ln(Cp) - 1,8437 \quad \text{для } Cp \text{ от } 2000,0 \text{ до } 3000,0 \text{ КДж/кг.}$$

Верификация модели показала возможность прогнозировать массу соцветий (Mg) побега с точностью от 98,2 до 99,9% (табл. 2) по уравнению

$$Mg = Mn \cdot Kg.$$

Следовательно, по эмпирическим результатам весеннего учета надземной массы побега, количества побегов на единице площади, прогнозу суммарной энтальпии воздуха от стабильного перехода среднесуточной температуры воздуха через $+5^{\circ}\text{C}$ [2] и разработанной математической модели можно прогнозировать урожайность пижмы обыкновенной минимум за 2–3 месяца до начала заготовки лекарственного сырья (до фазы цветения).

Таблица 2. Верификация моделей прогноза динамики воздушно-сухой массы фитоорганов побега пажиты обыкновенной (*Galactium vulgare* L.) в дикорастущей ценопопуляции

Дата учета	Суммарная энталпия воздуха, кДж/кг	Надземная общая фитомасса, г/побег		Надземная активная фитомасса, г/побег		Масса листьев, г/побег		Масса стебля, г/побег		Масса соцветий, г/побег	
		эмпир.	прогноз	эмпир.	прогноз	эмпир.	прогноз	эмпир.	прогноз	эмпир.	прогноз
26.04.2012 г.	202,19	0,0427	0,1092	0,0427	0,1092	0,0427	0,1138	0,0000	0,0017		
03.04.2012 г.	359,65	0,0892	0,1955	0,0892	0,1955	0,0645	0,1733	0,0247	0,0262		
10.05.2012 г.	554,46	0,3840	0,3858	0,3840	0,3858	0,3170	0,2970	0,0670	0,0861		
17.05.2012 г.	765,57	0,8660	0,7053	0,8660	0,7053	0,6300	0,4814	0,2360	0,2043		
21.06.2012 г.	2041,09	5,9440	5,4827	5,970	5,1300	2,3740	2,1428	3,1760	2,5212	0,0470	0,0737
27.06.2012 г.	2267,92	7,4230	6,8881	7,0370	6,3981	2,7020	2,4904	4,1780	3,2831	0,1570	0,2562
05.07.2012 г.	2604,61	10,7650	9,3033	9,9000	8,5475	3,3120	3,0075	6,0770	4,6296	0,5110	0,6308
12.07.2012 г.	2952,72	12,0540	12,2243	11,1820	11,1035	2,7470	3,5306	7,0420	6,3006	1,3930	1,1590
R^2		0,9905		0,9925		0,9396		0,9900		0,9683	
30.04.2013 г.	82,72	0,0800	0,0800	0,0800	0,0800	0,0800	0,0800	0,0000	0,0000		
07.05.2013 г.	223,20	0,2490	0,1175	0,2490	0,1175	0,2220	0,1175	0,0270	0,0042		
15.05.2013 г.	495,46	0,5510	0,3179	0,5510	0,3179	0,4440	0,2544	0,1070	0,0636		
22.05.2013 г.	714,01	1,2440	0,6160	1,2440	0,6160	0,8720	0,4320	0,3720	0,1696		
29.05.2013 г.	966,60	1,8740	1,1257	1,8290	1,0895	1,0630	0,6751	0,7660	0,3678		
11.06.2013 г.	1465,85	3,4420	2,6923	3,1100	2,5656	1,5250	1,3010	1,5850	1,0861		
18.06.2013 г.	1737,67	4,9940	3,8752	4,5900	3,6611	2,0360	1,6884	2,5540	1,6780		
25.06.2013 г.	2035,40	6,7710	5,4498	6,1250	5,1001	2,5240	2,1342	3,5230	2,5035	0,0780	0,0698
01.07.2013 г.	2363,89	9,9080	7,5360	8,6430	6,9782	2,6310	2,6381	5,5530	3,6403	0,4590	0,3500
09.07.2013 г.	2772,07	11,9250	10,6540	11,6200	9,7350	3,8110	3,2614	6,5600	5,3975	1,2490	0,8663
R^2		0,9900		0,9976		0,9786		0,9817		0,9991	
29.04.2014 г.	264,70	0,2010	0,2010	0,2010	0,2010	0,1620	0,1949	0,0390	0,0143		
06.05.2014 г.	363,43	0,3220	0,2626	0,3220	0,2626	0,2610	0,2321	0,0610	0,0358		
13.05.2014 г.	536,37	0,6280	0,4284	0,6280	0,4284	0,5050	0,3336	0,1230	0,0927		
20.05.2014 г.	750,36	1,2400	0,7425	1,2400	0,7425	0,9000	0,5109	0,3400	0,2120		
27.05.2014 г.	1050,11	2,2810	1,3993	2,2390	1,3509	1,3610	0,8068	0,8780	0,4791		
03.06.2014 г.	1283,67	4,0580	2,0961	3,8500	2,0088	2,0960	1,0907	1,7540	0,7955		
10.06.2014 г.	1592,81	4,8900	3,2794	4,5810	3,1125	2,0110	1,5086	2,5700	1,3708		
17.06.2014 г.	1808,02	5,2300	4,2849	5,0150	4,0392	2,2810	1,8195	2,7230	1,8843	0,0110	0,0000
24.06.2014 г.	2015,56	6,7420	5,4000	6,0700	5,0567	2,5410	2,1294	3,4780	2,4720	0,0510	0,0571
01.07.2014 г.	2214,75	7,1270	6,6072	6,5130	6,1477	2,6670	2,4323	3,7180	3,1246	0,1280	0,2107
08.07.2014 г.	2500,54	8,0210	8,5786	7,2670	7,9085	2,9760	2,8697	3,8820	4,2171	0,4090	0,5050
R^2		0,9327		0,9279		0,9177		0,8950		0,9824	

Таблица 3. Верификация моделей прогноза динамики коэффициентов массы фитоорганов побега пажиты обыкновенной (*Thapsacetum vulgare* L.) в дикорастущей ценопопуляции

Дата учета	Суммарная энталпия воздуха, кДж/кг	Коэффициент надземной активной фитомассы, Кл		Коэффициент массы листьев, КЛ		Коэффициент массы стебля, Кs		Коэффициент массы соцветий, Кg	
		эмпирич.	расчетный	эмпирич.	расчетный	эмпирич.	расчетный	эмпирич.	расчетный
26.04.2012 г.	202,19	1,0000	1,0000	1,0000	1,0422	0,0000	0,0156	*	*
03.04.2012 г.	359,65	1,0000	1,0000	0,9128	0,8866	0,0872	0,1342	*	*
10.05.2012 г.	554,46	1,0000	1,0000	0,8255	0,7697	0,1745	0,2232	*	*
17.05.2012 г.	765,57	1,0000	1,0000	0,7275	0,6826	0,2725	0,2896	*	*
21.06.2012 г.	2041,09	0,9416	0,9357	0,4242	0,4177	0,5674	0,4915	0,0084	0,0144
27.06.2012 г.	2267,92	0,9480	0,9289	0,3840	0,3892	0,5937	0,5131	0,0223	0,0400
05.07.2012 г.	2604,61	0,9196	0,9188	0,3345	0,3519	0,6138	0,5416	0,0516	0,0738
12.07.2012 г.	2952,72	0,9277	0,9083	0,2457	0,3180	0,6298	0,5674	0,1246	0,1044
R ²		0,9733		0,9763		0,9890		0,9019	
30.04.2013 г.	82,72	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	*	*
07.05.2013 г.	223,20	1,0000	1,0000	0,8916	1,0000	0,1084	0,0360	*	*
15.05.2013 г.	495,46	1,0000	1,0000	0,8058	0,8001	0,1942	0,2001	*	*
22.05.2013 г.	714,01	1,0000	1,0000	0,7010	0,7014	0,2990	0,2753	*	*
29.05.2013 г.	966,60	0,9760	0,9679	0,5812	0,6196	0,4188	0,3376	*	*
11.06.2013 г.	1465,85	0,9035	0,9529	0,4904	0,5071	0,5096	0,4233	*	*
18.06.2013 г.	1737,67	0,9191	0,9448	0,4436	0,4612	0,5564	0,4583	*	*
25.06.2013 г.	2035,40	0,9046	0,9358	0,4121	0,4185	0,5752	0,4909	0,0127	0,0137
01.07.2013 г.	2363,89	0,8723	0,9260	0,3044	0,3780	0,6425	0,5217	0,0531	0,0502
09.07.2013 г.	2772,07	0,9007	0,8966	0,3280	0,3350	0,5645	0,5544	0,1075	0,0890
R ²		0,8404		0,9711		0,9677		0,9955	
29.04.2014 г.	264,70	1,0000	1,0000	0,8060	0,9694	0,1940	0,0711	*	*
06.05.2014 г.	363,43	1,0000	1,0000	0,8106	0,8838	0,1894	0,1363	*	*
13.05.2014 г.	536,37	1,0000	1,0000	0,8041	0,7787	0,1959	0,2164	*	*
20.05.2014 г.	750,36	1,0000	0,9744	0,7258	0,6880	0,2742	0,2855	*	*
27.05.2014 г.	1050,11	0,9816	0,9654	0,6079	0,5972	0,3921	0,3547	*	*
03.06.2014 г.	1283,67	0,9487	0,9584	0,5444	0,5430	0,4556	0,3960	*	*
10.06.2014 г.	1592,81	0,9368	0,9491	0,4390	0,4847	0,5610	0,4404	*	*
17.06.2014 г.	1808,02	0,9589	0,9427	0,4548	0,4505	0,5430	0,4665	0,0022	0,0000
24.06.2014 г.	2015,56	0,9475	0,9364	0,4186	0,4211	0,5730	0,4889	0,0084	0,0113
01.07.2014 г.	2214,75	0,9550	0,9305	0,4095	0,3956	0,5709	0,5083	0,0197	0,0343
08.07.2014 г.	2500,54	0,9507	0,9219	0,4095	0,3629	0,5342	0,5332	0,0563	0,0639
R ²		0,7521		0,9574		0,9126		0,9493	

Примечание: * – стадия цветения не достигнута.

Выводы

1. Для дикорастущих ценопопуляций пижмы обыкновенной рекомендуется применять математическую модель, обеспечивающую точность прогноза высоты побега 99,41–99,95%, надземной общей фитомассы – 93,27–99,05%, надземной активной фитомассы – 92,79–99,76%, массы листьев – 91,77–97,86%, массы стебля – 89,50–99,00%, массы соцветий – 96,83–99,91%.

2. Прогноз динамики формирования урожайности лекарственного сырья пижмы рассчитывается по предлагаемой математической модели на основании суммарной энтропии воздуха от стабильного перехода среднесуточной температуры воздуха через +5°C до календарной даты учета фактического количества побегов на единице площади, высоты и надземной фитомассы побега.

Авторские разработки позволяют прогнозировать урожайность пижмы обыкновенной минимум за 2–3 месяца до начала заготовки лекарственного сырья, что важно для планирования календарных сроков, объемов сбора и организации заготовительных работ.

Библиографический список

1. Богуславская Н.В. Совершенствование ассортимента биологически активных веществ и препаратов, обладающих нематитцидной активностью [опыты по защите огурца от галловых нематод (Белорусия)] / Н.В. Богуславская // Экологическая безопасность в АПК. – 2010. – № 3. – С. 760.
2. Бородий С.А. Теоретическое обоснование комплексной имитационно–мониторинговой модели продукционного процесса растений в агроэкосистемах : дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.01.09 / С.А. Бородий. – Кострома, 2000. – 364 с.
3. Веретнова О.Ю. Разработка и товароведная оценка желированных десертов на основе шротов полыни горькой, багульника болотного и пижмы обыкновенной Красноярского края : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.15 / О.Ю. Веретнова. – Красноярск, 2009. – 20 с.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) : учебник / Б.А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – Москва : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
5. Махлаюк В.П. Лекарственные растения в народной медицине / В.П. Махлаюк. – Саратов : Приволжское кн. изд-во, 1993. – 544 с.
6. Милевская И.А. Влияние экстрактов из четырех видов лекарственных растений на рост фитопатогенных грибов и бактерий (Польша) / И.А. Милевская // Экологическая безопасность в АПК. – 1999. – № 1. – С. 126.
7. Образцов А.С. Системный метод: применение в земледелии / А.С. Образцов. – Москва : Агропромиздат, 1990. – 303 с.
8. Полуэктов Р.А. Динамические модели агроэкосистемы / Р.А. Полуэктов. – Москва : Гидрометеоиздат, 1991. – 312 с.
9. Растениеводство : учебник / Г.С. Посыпанов, Г.Е. Долгодворов, Б.Х. Жеруков и др. ; под ред. Г.С. Посыпанова. – Москва : КолосС, 2007. – 612 с.
10. Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование ; отв. ред. П.Д. Соколов. – Санкт-Петербург : Наука, 1993. – 352 с.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ
Принадлежность к организации**

Сергей Алексеевич Бородий – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры растениеводства, селекции, семеноводства и луговодства ФГБОУ ВО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», Российская Федерация, г. Кострома, пос. Караваево, e-mail: borody.sergei@yandex.ru.

Вера Сергеевна Виноградова – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры ботаники, физиологии растений и кормопроизводства ФГБОУ ВО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», Российская Федерация, г. Кострома, пос. Караваево, e-mail: verochka@mail.ru.

Павел Сергеевич Бородий – аспирант кафедры ботаники, физиологии растений и кормопроизводства ФГБОУ ВО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», Российская Федерация, г. Кострома, пос. Караваево, e-mail: pavel_borodiy@mail.ru.

Дата поступления в редакцию 06.08.2018

Дата принятия к печати 03.09.2018

**AUTHOR CREDENTIALS
Affiliations**

Sergey A. Borodiy – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Dept. of Crop Science, Plant Breeding, Seed Production and Meadow Management, Kostroma State Agricultural Academy, Russian Federation, Kostroma, pos. Karavaevo, e-mail: borody.sergei@yandex.ru.

Vera S. Vinogradova – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Dept. of Botany, Plant Physiology and Fodder Production, Kostroma State Agricultural Academy, Russian Federation, Kostroma, pos. Karavaevo, e-mail: verochka@mail.ru.

Pavel S. Borodiy – Postgraduate Student, the Dept. of Botany, Plant Physiology and Fodder Production, Kostroma State Agricultural Academy, Russian Federation, Kostroma, pos. Karavaevo, e-mail: pavel_borodiy@mail.ru.

Received August 06, 2018

Accepted September 03, 2018

ХОЗЯЙСТВЕННО ПОЛЕЗНЫЕ ПРИЗНАКИ БЫЧКОВ МОЛОЧНЫХ ПОРОД ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ГОВЯДИНЫ В УСЛОВИЯХ ПРИДНЕСТРОВЬЯ

**Александр Викторович Востроиллов
Любовь Николаевна Сярова
Евгений Александрович Андрианов**

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Представлены результаты исследований, проводимых с целью определения хозяйственно полезных признаков бычков молочных пород при производстве говядины в условиях Приднестровья. Для научно-производственного опыта было сформировано по принципу пар-аналогов две группы бычков по 18 гол. в каждой: в контрольную входили чистопородные бычки местной селекции, в опытную – помесные животные ($\frac{1}{2}$ чп $\times$ $\frac{1}{2}$ голштины). Животные находились в равных условиях содержания и кормления, с рационами кормления, составленными по нормам ВИЖ. Оценка динамики живой массы бычков указывает на превосходство помесей в исследуемых периодах. Во все возрастные периоды помесные бычки превосходили своих сверстников по живой массе: в возрасте 3, 6, 9, 12, 15 и 18 месяцев масса помесных бычков была выше показателей животных контрольной группы соответственно на 14,8; 23,9; 21,4; 38,1; 40,3 и 33,5 кг. К концу периода откорма помесные бычки увеличили свою массу в 12,2 раза, чистопородные животные – в 11,5 раза. Среднесуточный прирост в контрольной группе составил 802,8 г, в опытной – 864,1 г. Результаты проведенных исследований показали, что при высоком уровне кормления помесные животные полностью проявляют свой генетический и биологический потенциал. Животные в группах дают полновесные туши, при этом превосходство помесей по многим показателям связано с их скороспелостью. Оптимальным является срок убоя в 16–18-месячном возрасте при достижении живой массы 440–500 кг, что обеспечивает получение постного и нежного мяса.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: порода, помесь, рост, развитие, линейный промер, убойные качества, морфологический состав.

ECONOMICAL USEFUL CHARACTERISTICS OF BULL CALVES OF DAIRY BREEDS IN BEEF PRODUCTION UNDER CONDITIONS OF TRANSDNESTRIA

**Aleksandr V. Vostroilov¹
Lyubov N. Siarova²
Evgeniy A. Andrianov¹**

¹Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

²T.G. Shevchenko Pridnestrovian State University

The paper presents the results of research performed with the purpose of identifying economical useful characteristics of bull calves of dairy breeds in beef production under conditions of Transdnistria. In order to fulfill the task of research and production experiment bull calves were divided in two groups by matched pairs. Each group included 18 animals, the control one was composed of purebred bull calves of local selection, experimental one was composed of crossbred animals ($\frac{1}{2}$ Black-and-White $\times$ $\frac{1}{2}$ Holstein). Animals were kept under equal housing and feeding conditions, their diet was designed in accordance with livestock management standards approved by All-Russian Research Institute for Animal Husbandry (VIZh). Evaluation of the dynamics of live weight of bull calves indicated the superiority of crossbred animals in the periods of study. In all age periods, crossbred bull calves surpassed their herdmates in live weight: at the age of 3, 6, 9, 12, 15 and 18 months, the mass of crossbred animals was higher than the indicators of the control group animals by 14.8; 23.9; 21.4; 38.1; 40.3 and 33.5 kg, respectively. By the end of the fattening period, crossbred and purebred bull calves increased their weight by 12.2 and 11.5 times, respectively. The average daily live weight gain of animals in the experimental group (864.1 g) was higher than that in the control group (802.8 g). As experience showed, due to high level of feeding, cross-bred animals fully realized their true genetic and biological potential. Animals in both groups gave full-weight carcasse meat. It should be noted that crossbred animals were superior to purebred ones in many characteristics due to their precociousness. The optimal slaughter age is 16–18 months when the bull calves reach the live weight of 440–500 kg, which allows obtaining lean and tender meat.

KEYWORDS: breed, hybrid, growth, development, linear measurements, slaughter parameters, morphological composition.

Введение

Главной задачей любого государства является обеспечение населения продуктами питания, в том числе мясом. Говядину используют не только как сортовое мясо для реализации в чистом виде, но и как ценное сырье в мясоперерабатывающей промышленности. Благодаря говядине повышаются технологические свойства фарша при производстве колбас: питательность, влагоемкость, влагоудерживающая способность, вязкость, цветность и вкус. Недостаток доступного мясного сырья вынуждает переработчиков мяса использовать его заменители растительного происхождения, тем самым снижая пищевую ценность готовых изделий.

В Приднестровье климатические условия не позволяют использовать естественные пастбища для откорма животных, и поэтому в данном регионе практически не разводят мясные породы крупного рогатого скота. Производство говядины в Приднестровье осуществляется за счет бычков и выбракованных коров молочного или комбинированного направления продуктивности.

По данным министерства экономики Приднестровской Молдавской Республики, животноводство является наиболее проблемной отраслью сельского хозяйства. По состоянию на 1 января 2017 г. зафиксирован спад поголовья крупного рогатого скота на 10,1% по отношению к 2015 г., также зафиксирован спад производства молока на 5,7% по отношению к уровню 2014 г. [9, 10].

Поиск путей эффективного получения говядины в условиях начавшегося процесса голштинизации местного черно-пестрого скота является актуальной проблемой для Приднестровья.

Российскими учеными доказано, что межпородное скрещивание является важным дополнительным резервом увеличения животноводческой продукции [1, 5, 6, 7, 8, 11].

Научно-производственный опыт по изучению данного вопроса был поставлен в 2016–2017 гг. в условиях ООО «Фиальтр-агро» Рыбницкого района Приднестровья.

Методика эксперимента

Для опыта было сформировано по принципу пар-аналогов две группы бычков по 18 голов в каждой: контрольная, состоящая из чистопородных бычков местной селекции, и опытная, состоящая из помесных бычков ($\frac{1}{2}$ чп $\times$ $\frac{1}{2}$ голштины).

Животные находились в равных условиях содержания и кормления, с рационами кормления, составленными по нормам ВИЖ из кормов, имеющихся в хозяйстве.

Исследование животных проводили при рождении, в 3, 6, 9, 12, 15 и 18-месячном возрасте. Взвешивали бычков в утренние часы за 2 часа до поения и кормления. Основные промеры брали с интервалом в три месяца.

Мясную продуктивность определяли по методикам ВИЖ. Для этого проводили контрольный убой по 3 бычка из каждой группы.

Результаты и их обсуждение

За весь период роста и развития до 18-месячного возраста животные опытной и контрольной групп получали одинаковое количество корма. В среднем на одно животное: в молочный период телятам скармливали 15 л молозива, 75 л цельного молока, 900 л ЗЦМ, 39 кг Премикса и 54 кг гранул Витафарм. С 6-месячного возраста и до конца периода откорма бычки получали 5700 кг силоса, 1185 кг комбикорма и 169,5 кг сена по норме для каждого возраста.

Данная схема применяется ежегодно, вне зависимости от времени года. В хозяйстве для кормления животных не используют зеленую массу.

Результаты взвешиваний подопытных бычков представлены в таблице 1.

Таблица 1. Динамика живой массы подопытных бычков, кг

Возраст, мес.	Группа животных		Опытная $\pm$ к контрольной
	контрольная	опытная	
	$M \pm m$	$M \pm m$	
При рождении	41,3 $\pm$ 0,43	41,7 $\pm$ 0,5	0,4
1	54,6 $\pm$ 1,20	59,5 $\pm$ 1,1	4,9
3	85,1 $\pm$ 3,4	99,9 $\pm$ 2,4	14,8
6	160,6 $\pm$ 2,9	184,5 $\pm$ 3,3	23,9
9	233,2 $\pm$ 2,7	254,6 $\pm$ 2,9	21,4
12	283,2 $\pm$ 2,9	321,3 $\pm$ 2,9	38,1
15	370,2 $\pm$ 3,0	410,5 $\pm$ 3,9	40,3
18	474,8 $\pm$ 3,0	508,3 $\pm$ 4,3	33,5

Как видно из данных таблицы 1, подопытные животные имели высокую живую массу при рождении. Во все возрастные периоды помесные бычки превосходили своих сверстников по данному показателю. Так, в возрасте 3 мес. разница составила 14,8 кг, в 6 мес. – 23,9 кг ($p < 0,05$), в 9 – 21,4 кг ($p < 0,01$), в 12 – 38,1 кг ($p < 0,001$), в 15 – 40,3 кг ($p < 0,001$) и 18 мес. – 33,5 кг ($p < 0,001$).

К концу срока откорма бычки опытной группы увеличили свою массу в 12,2 раза, что в 1,2 раза больше, чем у чистокровных животных.

Расчеты среднесуточных приростов подтвердили превосходство помесных животных над чистопородными сверстниками. Относительную скорость роста животных рассчитывали по формуле С. Броди (табл. 2).

Таблица 2. Приросты подопытных бычков

Возрастные периоды, мес.	Группа животных				Опытная ± к конт- рольной
	контрольная		опытная		
	Среднесуточные приросты, г	Относительная скорость роста, %	Среднесуточные приросты, г	Относительная скорость роста, %	
0–3	487,0 ± 36,3	69,30	647,4 ± 25,5	82,22	160,4 ^{***}
3–6	838,8 ± 21,2	61,61	939,6 ± 17,2	59,49	100,8 ^{***}
6–9	695,3 ± 10,0	36,87	787,5 ± 12,4	31,93	92,2 ^{***}
9–12	672,0 ± 16,0	19,36	741,3 ± 21,0	23,16	69,3 ^{***}
12–15	959,8 ± 14,2	26,63	990,8 ± 28,3	24,39	31,0*
15–18	1162,3 ± 20,2	24,76	1118,6 ± 24,1	21,22	–43,7 ^{***}
0–18	802,8	–	864,1	–	61,3

Примечание: * – $p < 0,05$; *** – $p < 0,001$

Более высокий среднесуточный прирост за исследуемый период получен по группе помесных животных – 864,1 г, что на 61,3 г (7,6%) выше, чем у чистопородных сверстников. В период заключительного откорма от 15 до 18 мес. преимущество по среднесуточному приросту было у чистопородных животных, что подтверждает их позднеспелость. Разница составила 43,7 г, или 3,8%.

Установлена наибольшая скорость роста в молочном периоде с превосходством помесных животных на 12,9% к возрасту 3 мес. и превосходством чистопородных животных на 2,1% к возрасту 6 мес. После окончания молочного периода отмечено закономерное снижение роста бычков в обеих группах. Выявлено снижение роста в возрасте 9–12 мес., причем чистопородные животные отставали от сверстников на 3,8%, а с 12 мес. и в период интенсивного откорма произошло некоторое усиление роста животных в обеих группах. Превосходство чистопородных животных над сверстниками еще раз подтверждает долгорослость бычков данной группы.

Проведенные в производственных условиях исследования позволяют сделать вывод, что использование чистопородных голштинских быков для скрещивания с коровами черно-пестрой породы способствует получению более тяжеловесного помесного потомства: их превосходство в возрасте 18 мес. составило 33,5 кг, или 7,1% ($p < 0,01$). Наши выводы о превосходстве помесей по тяжеловесности согласуются с результатами исследований многих российских ученых, проведенных на различных породах животных [3, 4, 6, 8]. Рост животных характеризуется не только массой, но и экстерьерными особенностями. Многими исследователями установлена взаимосвязь развития отдельных частей тела и мясной продуктивности [1, 2, 5].

В проведенных исследованиях были выполнены промеры отдельных статей животных один раз с интервалом в три месяца (табл. 3).

Таблица 3. Линейные промеры подопытных бычков, см

Группа животных	Высота в холке	Высота в крестце	Глубина груди	Обхват груди за лопатками	Ширина груди за лопатками	Ширина зада в маклоках	Полуобхват зада	Косая длина туловища	Обхват пясти
	$M \pm m$	$M \pm m$	$M \pm m$	$M \pm m$	$M \pm m$	$M \pm m$	$M \pm m$	$M \pm m$	$M \pm m$
3 месяца									
1	89,22 ± 0,51	89,86 ± 0,55	37,14 ± 0,48	107,28 ± 0,68	22,64 ± 0,40	25,50 ± 0,42	46,86 ± 0,39	89,28 ± 0,56	13,93 ± 0,18
2	90,67 ± 0,82	91,61 ± 0,78	37,47 ± 0,48	108,64 ± 0,68	22,06 ± 0,30	25,28 ± 0,34	45,89 ± 0,51	91,53 ± 0,52	13,77 ± 0,16
6 месяцев									
1	103,25 ± 0,42	104,61 ± 0,50	47,19 ± 0,44	128,78 ± 0,59	28,22 ± 0,31	33,08 ± 0,28	55,94 ± 0,33	109,89 ± 0,55	14,80 ± 0,12
2	104,67 ± 0,89	106,50 ± 0,94	47,53 ± 0,27	130,53 ± 0,76	29,39 ± 0,36	32,53 ± 0,38	55,25 ± 0,47	112,25 ± 0,91	14,52 ± 0,14
9 месяцев									
1	113,53 ± 0,53	115,37 ± 0,49	54,33 ± 0,58	139,67 ± 0,51	30,72 ± 0,33	36,39 ± 0,32	62,08 ± 0,47	122,01 ± 0,63	15,85 ± 0,13
2	115,83 ± 0,51	117,44 ± 0,52	54,47 ± 0,37	142,31 ± 0,97	31,92 ± 0,43	35,11 ± 0,31	60,17 ± 0,45	125,56 ± 0,65	15,39 ± 0,15
12 месяцев									
1	117,81 ± 0,81	121,33 ± 0,61	57,83 ± 0,70	153,97 ± 0,67	38,31 ± 0,38	43,58 ± 0,42	69,89 ± 0,45	132,33 ± 0,79	16,55 ± 0,40
2	121,83 ± 0,51	125,06 ± 0,48	58,19 ± 0,32	156,33 ± 0,65	39,58 ± 0,37	41,03 ± 0,37	65,81 ± 0,42	138,83 ± 0,92	16,38 ± 0,14
15 месяцев									
1	123,75 ± 0,63	125,97 ± 0,74	62,19 ± 0,81	163,86 ± 0,71	41,64 ± 0,49	45,81 ± 0,48	76,56 ± 0,41	138,58 ± 0,87	17,01 ± 0,12
2	126,86 ± 0,53	130,36 ± 0,44	63,00 ± 0,43	169,42 ± 0,67	42,50 ± 0,33	42,52 ± 0,45	72,11 ± 0,41	145,17 ± 0,67	16,89 ± 0,12
18 месяцев									
1	129,67 ± 0,59	132,61 ± 0,62	65,97 ± 0,53	177,33 ± 0,64	44,56 ± 0,60	48,39 ± 0,37	82,17 ± 0,5	147,19 ± 0,64	18,49 ± 0,13
2	131,61 ± 0,49	135,29 ± 0,57	66,89 ± 0,47	183,36 ± 0,91	45,89 ± 0,50	45,46 ± 0,53	78,07 ± 0,47	153,11 ± 0,65	18,24 ± 0,18

Данные таблицы 3 свидетельствуют о том, что за помесными животными закрепились преимущества в высоте холки и крестца в течение всего срока развития, а также незначительная разница в промере глубины груди: в возрасте 3 мес. разница высоты в холке составила 1,45 см (1,6%), в 6 мес. – 1,42 см (1,37%), в 9 мес. – 2,30 см

(2,0%), в 12 мес. – 4,04 см (3,4%), в 15 мес. – 3,11 см (2,5%), в 18 мес. – 1,94 см (1,5%). Кроме того, у помесных животных отмечено превосходство в развитии первой трети туловища, на что указывают такие промеры, как глубина груди, ширина груди и обхват груди за лопатками. У помесных животных с возрастом отмечено более интенсивное развитие грудной клетки. Особо следует отметить увеличение разницы в промере обхвата груди между группами с 1,75 см (1,4%) в возрасте 6 мес. до 6,03 см (3,4%) ($p < 0,05$) в возрасте 18 мес., что говорит о молочном типе телосложения помесных бычков.

Помесные животные были более растянутые. Преимущество перед черно-пестрыми животными в возрасте 3 мес. составило 2,5%, в 6 мес. – 2,2%, в 9 мес. – 2,9%, в 12 мес. – 4,9%, в 15 мес. – 4,8%, в 18 мес. – 4,0% ($p < 0,05$).

У помесных животных ширина зада превосходила ширину груди за лопатками (хоть и в меньшей степени, чем у чистопородных), т. е. прослеживается улучшение мясных качеств задней трети туловища подопытных животных. Промеры ширины зада в маклоках животных контрольной группы превышают этот показатель животных опытной группы. В возрасте 3 мес. разница незначительная, в 6 мес. разница составила 0,55 см, в 9 мес. – 1,28 см, в 12 мес. – 2,55 см, в 15 мес. – 3,29 см, в 18 мес. – 2,93 см. В опытной группе в большей степени проявляются мясные качества.

Лидерство бычков контрольной группы сохраняется в отношении промера полуобхвата зада. Так, в возрасте 3 мес. разница составила 0,97 см (2,4%), в 6 мес. – 0,69 см (1,3%), в 9 мес. – 1,91 см (3,2%), в 12 мес. – 4,08 см (6,2%), в 15 мес. – 4,45 см (6,2%). Отмечено некоторое снижение разницы промеров полуобхвата зада до 4,1 см (на 5,3%) в возрасте 18 мес. По обхвату пясти преимущество в 1,2–1,4% в зависимости от возраста закреплено за животными контрольной группы. Следует отметить, что достоверных различий по промерам у подопытных групп бычков не выявлено.

Объективное представление о пропорциях телосложения дают индексы, которые рассчитаны на основе выполненных промеров (табл. 4).

Таблица 4. Индексы телосложения подопытных бычков, %

Группа	длинноности	растянутости	тазо-грудной	грудной	сбитости	костистости	массивности	мясности
3 месяца								
Контрольная	58,4	100,1	88,8	61,0	120,2	15,6	120,2	52,5
Опытная	58,7	100,9	87,3	58,9	118,7	15,2	119,8	50,6
6 месяцев								
Контрольная	54,3	106,4	85,3	60,0	117,7	14,3	124,7	54,2
Опытная	54,6	107,2	90,4	61,8	116,3	13,9	124,7	52,8
9 месяцев								
Контрольная	52,0	107,5	84,4	56,5	114,5	14,0	123,0	54,7
Опытная	53,0	108,4	90,9	58,6	113,3	13,3	122,9	51,9
12 месяцев								
Контрольная	50,9	112,3	87,9	66,2	116,4	14,0	130,7	59,3
Опытная	52,2	114,0	96,5	68,0	112,6	13,4	128,3	54,0
15 месяцев								
Контрольная	49,6	113,2	90,9	67,0	118,2	13,7	132,4	61,9
Опытная	50,3	114,4	100,0	67,5	116,7	13,3	133,5	56,9
18 месяцев								
Контрольная	49,1	113,5	90,0	67,5	120,5	14,3	136,8	63,4
Опытная	49,2	116,3	100,9	68,6	119,8	13,9	139,3	59,3

Индексы длинноногости показывают, что с возрастом в обеих группах рост животных в высоту снижается.

По тазо-грудному индексу видно, что у помесных животных грудная клетка по отношению к задней части туловища развивается более интенсивно по сравнению с чистопородными сверстниками.

Во все возрастные периоды индекс сбитости у чистопородных животных был выше. С возрастом разница показателя сбитости снижается. Это связано с тем, что помесные животные более скороспелые. По этой же причине после 9 мес. развития у бычков закрепилось преимущество по индексу массивности.

Проведенный анализ показал, что у помесных животных основной рост заканчивается раньше, чем у чистопородных сверстников. С возрастом у них формируется более округлая грудная клетка. Отмечено усиление мясных характеристик экстерьера, что связано с развитием задней трети туловища.

О мясной продуктивности судят не только по предубойной массе, возрасту при убое, издержкам производства, но и по убойному выходу.

В план исследований входило изучение убойных показателей подопытных бычков.

Контрольный убой подопытных бычков проведен в 2017 г. в условиях Парканского мясокомбината Слободзейского района Приднестровья. Результаты исследований убойных показателей и морфологического состава мякоти представлены в таблице 5.

Таблица 5. Убойные показатели и морфологический состав мякоти черно-пестрых и помесных бычков в 18-месячном возрасте

Показатели	Группа животных				Опытная ± к контрольной
	контрольная		опытная		
	M ± m	с, %	M ± m	с, %	
Количество животных, гол.	3		3		
Съемная живая масса, кг	474,9 ± 5,4	2,0	508,2 ± 4,8	5,0	33,3**
Предубойная живая масса, кг	453,3 ± 7,5	2,9	483,7 ± 13,5	4,8	30,4*
Масса парной туши, кг	242,1 ± 4,3	3,1	251,9 ± 7,2	5,0	9,8
Масса охлажденной туши, кг	237,1 ± 4,3	3,2	248,0 ± 7,3	7,5	10,9
Выход туши, %	53,2		52,1		−1,1
Масса внутреннего жира, кг	11,0 ± 0,4	5,9	11,1 ± 0,3	4,6	0,1
Выход внутреннего жира, %	2,42		2,30		−0,12
Убойная масса, кг	252,1 ± 4,4	3,1	263,1 ± 4,6	4,9	11,0**
Убойный выход, %	55,6		54,4		−1,2
Мякоть, кг	176,7 ± 3,6	3,5	186,2 ± 5,5	5,1	9,3
% к массе туши	74,5 ± 0,29	0,7	75,1 ± 0,1	0,2	0,6
в том числе:					
мышечная ткань, кг	161,3 ± 3,18	3,4	168,2 ± 4,26	5,0	6,9
% к массе мякоти	91,2 ± 0,18	0,3	90,7 ± 0,1	0,2	−0,5
жир, кг	15,4 ± 0,52	5,9	17,9 ± 0,7	6,8	2,5
% к массе мякоти	8,8 ± 0,18	3,5	9,6 ± 0,1	1,8	0,8
Кости, кг	45,9 ± 0,6	2,4	47,3 ± 1,2	4,4	1,4
% к массе туши	19,4 ± 0,23	2,1	19,0 ± 0,09	0,2	−0,4
Сухожилия и связки, кг	14,5 ± 0,3	3,6	14,6 ± 0,5	6,3	0,1
% к массе туши	6,1 ± 0,06	1,6	5,9 ± 0,06	1,7	−0,2
Выход мякоти на 1 кг костей, кг	3,85		3,94		0,09

Примечание: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,001$

Как видно из данных таблицы 5, помесные бычки отличались большей тяжеловесностью: разница составила 33,3 кг (7,0%) по сравнению с чистопородными животными ($p < 0,01$).

Разница по предубойной живой массе составила 30,4 кг (6,7%) в пользу помесных животных. Кроме того, чистопородный молодняк уступал помесам по массе парной туши на 9,8 кг (4,0%), а также по убойной массе на 11,0 кг (4,4%), но превосходил их по выходу туши на 1,1% и по убойному выходу – на 1,2%. Убойный выход составил 55,6% в контрольной группе и 54,4% – в опытной группе.

Масса внутреннего жира у бычков контрольной группы составила 11,0 кг, у бычков опытной группы – 11,1 кг. Несмотря на незначительную разницу в абсолютной массе, выход внутреннего жира у чистопородных животных был выше на 0,12% по сравнению с помесными голштинскими бычками.

Анализ морфологического состава туш свидетельствует о том, что мякоти у помесных животных было выделено на 9,3 кг (0,6%) больше, чем у чистопородных бычков. Преимущество в 0,4% по содержанию костей и 0,2% по содержанию сухожилий было отмечено у чистопородных животных.

Выход мякоти на 1 кг костей 3,85% в первой группе и 3,94% у второй свидетельствует о том, что помесные животные являются более скороспелыми и успевают к 18-месячному возрасту накопить больше жировой ткани. Накопление большего количества мышц у черно-пестрых животных связано с особенностями породы и их позднеспелостью.

Выводы

При высоком уровне кормления помесные животные полностью проявили свой генетический и биологический потенциал.

Обе группы животных дают полновесные туши. Превосходство помесей по многим показателям связано с их скороспелостью. Оптимальным сроком убоя является возраст 16–18 месяцев при достижении живой массы 440–500 кг, что обеспечивает получение постного и нежного мяса.

Библиографический список

1. Абонеев В.В. Откормочные и мясные качества потомства разных вариантов подбора в товарных стадах / В.В. Абонеев, Л.Н. Скорых // Зоотехния. – 2013. – № 1. – С. 5–8.
2. Бабич В.Н. Рост, развитие и мясная продуктивность бычков разных генотипов в условиях Северного Казахстана : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.02.01 / В.Н. Бабич. – Троицк, 2000. – 22 с.
3. Дунин И.М. Настоящее и будущее отечественного скотоводства / И. Дунин, В. Шаркаев, А. Кочетов // Молочное и мясное скотоводство. – 2012. – № 6. – С. 2–5.
4. Востроилов А.В. Развитие молодняка красно-пестрой молочной породы в условиях ГПЗ колхоза «Большевик» / А.В. Востроилов, Е.С. Артемов, Р.Н. Аристов // Актуальные проблемы животноводства, ветеринарной медицины, переработки сельскохозяйственной продукции и товароведения: матер. международной науч.-практ. конф., посвященной памяти заслуженного деятеля науки РФ, доктора ветеринарных наук, проф. Кузнецова Н.И. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. – 2010. – С. 8–10.
5. Кибкало Л.И. Межпородное скрещивание в скотоводстве / Л.И. Кибкало, Н.И. Жеребилов. – Курск : КГСХА, 2000. – 352 с.
6. Магомедов М.Ш. Качество мясной продукции бычков разных генотипов / М.Ш. Магомедов, М.М. Садыков, М.П. Алиханов // Горное сельское хозяйство. – 2015. – № 2. – С. 118–120.
7. Мироненко С.И. Продуктивные качества бычков черно-пестрой породы и ее помесей / С.И. Мироненко, В.И. Косилов // Зоотехния. – 2009. – № 12. – С. 19–20.
8. Наумов М.К. Влияние межпородного скрещивания на рост и развитие животных красной степной, симментальской пород и их лимузинских помесей / М.К. Наумов, В.А. Панин // Молодые ученые – агропромышленному комплексу Поволжья: матер. Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов, 24–26 февраля 2010 г., г. Саратов (ГНУ «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока»). – Саратов : Изд-во ООО «Ракурс», 2010. – С. 328–331.
9. Отчет о деятельности министерства экономического развития ПМР за 2017 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.google.ru/search?q> (дата обращения: 08.03.2018).
10. Статистический ежегодник Приднестровской Молдавской Республики. 2017 : статистический сборник (2012–2016 гг.) / Государственная служба статистики Приднестровской Молдавской Республики. – Тирасполь, 2017. – 188 с.
11. Тагиров Х. Влияние голштинизации на мясную продуктивность помесного молодняка / Х. Тагиров, Ш. Гиниятуллин, Д. Якупова // Молочное и мясное скотоводство. – 2008. – № 2. – С. 9–11.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Александр Викторович Востроилов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой частной зоотехнии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 253-92-04, e-mail: kaftchz@veterin.vsau.ru.

Любовь Николаевна Сярова – соискатель кафедры частной зоотехнии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 253-92-04, e-mail: kaftchz@veterin.vsau.ru; старший преподаватель кафедры ветеринарной медицины ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко», Приднестровская Молдавская Республика, г. Тирасполь, e-mail: lyubov.syarova@mail.ru.

Евгений Александрович Андрианов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры технологического оборудования, процессов перерабатывающих производств, механизации сельского хозяйства и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, e-mail: evgeniy377@gmail.com.

Дата поступления в редакцию 02.09.2018

Дата принятия к печати 18.09.2018

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Aleksandr V. Vostroiлов – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Dept. of Special Animal Science, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-92-04, e-mail: kaftchz@veterin.vsau.ru.

Lyubov N. Siarova – Candidate Degree-Seeking Student, the Dept. of Special Animal Science, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-92-04, e-mail: kaftchz@veterin.vsau.ru; Senior Lecturer, the Dept. of Veterinary Medicine, T.G. Shevchenko Pridnestrovian State University, Pridnestrovian Moldavian Republic, Tiraspol, e-mail: lyubov.syarova@mail.ru.

Evgeniy A. Andrianov – Doctor of Agricultural 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, Russian Federation, Voronezh, e-mail: evgeniy377@gmail.com.

Received September 02, 2018

Accepted September 18, 2018

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРАКТОРНЫХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ

Николай Филиппович Скурятин¹
Владимир Иванович Оробинский²
Андрей Викторович Ворохобин²
Евгений Владимирович Соловьев¹
Сергей Владимирович Соловьев¹
Борис Станиславович Зданович³

¹Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина

²Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

³Белгородский филиал ООО «Юпитер 9»

Рассмотрены способы рационального использования тракторных транспортно-технологических агрегатов. Разработано новое тягово-догрузочное устройство к агрегату в составе МТЗ-80+РОУ-6. Это устройство выполнено на базе автоматической сцепки и дает возможность переместить догружающую трактор силу внутрь его базы на уровне опорной поверхности, что исключает разгрузку передних управляемых колес трактора и делает его грузонесущим. Предложена уточненная методика определения грузоподъемности транспортно-технологического агрегата с учетом изменяющихся условий эксплуатации в ЦЧР. Показано, что при грузоподъемности 80,44 кН и при степени загрузки двигателя трактора 0,9 агрегат может двигаться со скоростью 3 м/с на склоне в диапазоне от 0 до 2°. Предельными условиями увеличения грузоподъемности агрегата являются прочностные свойства каркаса трактора, несущая способность шин и мощность двигателя. Применение разработанного тягово-догрузочного устройства к двухосному прицепу типа 2ПТС-4 позволяет увеличить грузонесущую способность агрегата в составе МТЗ-80+2ПТС-4 на 0,785 т. Проведена модернизация полуприцепа-распределителя органических удобрений типа РОУ-6, заключающаяся в переустановке рабочих органов с задней части кузова на переднюю и изменении направления подачи удобрений, позволившая обеспечить постоянную догрузку трактора в процессе опорожнения кузова. Данное конструктивное решение позволяет гарантировать стабильную догрузку сцепного устройства трактора в процессе опорожнения кузова, уменьшить часовой расход топлива двигателем на 1,126 л/ч и снизить буксование на 0,523%, при этом нагрузка на переднюю ось находится в допустимых пределах для углов склона полей до 4,2°.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: прицеп, грузоподъемность, полуприцеп-распределитель, удобрение, подача, догрузка, сила, агрегат.

ON FINDING WAYS FOR EFFICIENCY UPGRADING OF ACTUAL USE OF TRACTOR TRANSPORTING AND TECHNOLOGICAL UNITS

Nikolai F. Skuryatin¹
Vladimir I. Orobinsky²
Andrey V. Vorokhobin²
Evgeniy V. Solovov¹
Sergey V. Solovov¹
Boris S. Zdanovich³

¹Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin

²Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

³ООО Jupiter 9, Belgorod Branch

The ways of rational use of tractor transporting and technological units are considered. The new traction and loading device to the unit in assembly with MTZ-80+ROU-6 is offered. This device is designed on the basis of automatic coupling and makes it possible to remove traction boosting force inside tractor's base at the level of the support surface, which eliminates the unloading of the front driven wheels of the tractor and makes it load-

bearing. The paper presents a refined method of determining the load capacity of the transport and technological unit, taking into account the changing operating conditions in the CChR. It was found that with a load capacity of 80.44 kN and at the tractor engine load of 0.9, the unit can move at a speed of 3 m/s on a slope which profile is in the range from 0° to 2°. Limiting conditions for increasing the load capacity of the unit are the strength properties of the tractor frame, load-bearing capacity of the tires and the engine power. The application of the developed traction and loading device to 2PTS-4 type double-axle trailer allows increasing load-carrying ability of the unit in assembly with MTZ-80+2PTS-4 by 0.785 ton. The authors fulfilled modernization of the ROU-6 type semitrailer-distributor of organic fertilizers, consisting in the reinstallation of the working elements from the rear to the forebody section, and in change the direction of fertilizer supply. Such modernization allowed ensuring constant additional loading of the tractor in the process of the body clearance. The proposed design solution guarantees stable reloading of the tractor coupling device in the process of body clearance, to reduce the engine fuel consumption per hour by 1.126 L/h and to reduce slipping by 0.523%, whereas the load on the front axle group is within the limits of permissible norms for the angles of slope of the fields up to 4.2°.

KEYWORDS: trailer, load capacity, semitrailer-distributor, fertilizer, supply, reloading, force, unit.

В настоящее время совершенствование конструкции мобильных энергетических средств идет по пути повышения их энергонасыщенности, автоматизации, электризации, интеллектуализации и другим направлениям. Активно внедряется направление по использованию шин низкого давления для снижения негативного влияния на почву. Увеличение единичной мощности выпускаемых тракторов подтверждается анализом их технических характеристик [2, 3, 23, 25].

В настоящее время возникла необходимость расширить возможности двигателей при использовании тракторов классической схемы на транспортно-технологических операциях. Из-за недостаточности весовой нагрузки, приходящейся на ведущий мост, реализация потенциала двигателей не представляется возможной [5, 6, 7, 12, 16].

Доля занятости тракторов на транспортных работах составляет 50–67%, а на внесении органических и минеральных удобрений – 5% [4, 9]. В подразделениях, осуществляющих деятельность, связанную с применением различных видов удобрений, годовая загрузка подобных тракторов на транспортных и транспортно-технологических работах достигает 90%. Это указывает на необходимость выполнения анализа факторов, влияющих на увеличение эффективности применения колесных тракторов на транспортных операциях.

Известны следующие способы улучшения тягово-сцепных свойств тракторов:

- деление мощности двигателя на два и более потоков;
- изменение сцепного веса трактора;
- совершенствование ходовой системы энергетического средства.

Доказано, что наиболее эффективными способами увеличения тяговых свойств тракторов являются те, которые направлены на изменение сцепного веса.

Когда применяют балластные грузы и заливку воды в пневматические шины, происходит увеличение сцепного веса трактора, но это приводит к повышению затрат энергии на транспортирование балласта, хотя в этом нет необходимости [10, 11, 21, 22, 24].

В сельскохозяйственном производстве для перевозки различных грузов применяют прицепы и полуприцепы, агрегируемые с тягачами посредством гидрокрюка или седельных устройств.

Современная структура парка подвижного состава характеризуется следующим образом: прицепы общего назначения составляют 65–75%, распределители органических удобрений – 10–20%, распределители минеральных удобрений – 5–10%. Прицепной вариант подвижных средств получил наибольшее распространение, отличается простотой агрегирования с тягачом, не зависит от его компоновочной схемы. Эффективное использование трактора в агрегате с прицепом целесообразно, если его сцепной вес является достаточным. Это требование обуславливает увеличение сцепного веса трактора.

Проанализируем известные способы повышения эффективности применения полуприцепного и прицепного тракторного агрегата, а также полуприцепного транспортно-технологического агрегата переменной массы.

Полуприцепной агрегат

Очевидным является то, что при условии расположения составляющей равнодействующей силы взаимодействия полуприцепа и трактора между задней и передней осями ее вертикальная составляющая не перераспределяет общий вес трактора между передними и задними опорами, а увеличивает реакции опорной поверхности на обе оси. Кроме того, горизонтальная составляющая силы также не ведет к перераспределению его веса между опорами из-за того, что плечо приложения этой силы равно нулю.

Анализ технической и патентной литературы показал, что имеющиеся конструктивные решения сцепных устройств обеспечивают приложение силы взаимодействия трактора и полуприцепа в базе трактора [1, 14, 15], но ни одно из известных технических решений не может приложить к трактору силу на уровне опорной поверхности. Известно сцепное устройство [15], предназначенное для агрегатирования тракторов классической схемы с полуприцепами, позволяющее повысить грузоподъемность транспортно-технологических агрегатов и улучшить их тягово-сцепные свойства.

Тягово-сцепное устройство (ТСУ) создано на базе известной автоматической сцепки СА-1, причем ответный элемент жестко крепится к дышлу полуприцепа, а навеска трактора переоборудуется в двухточечную. Особенность его заключается в том, что проекции верхней и нижних тяг звеньев на вертикальную плоскость располагаются под острым углом друг к другу (рис. 1).

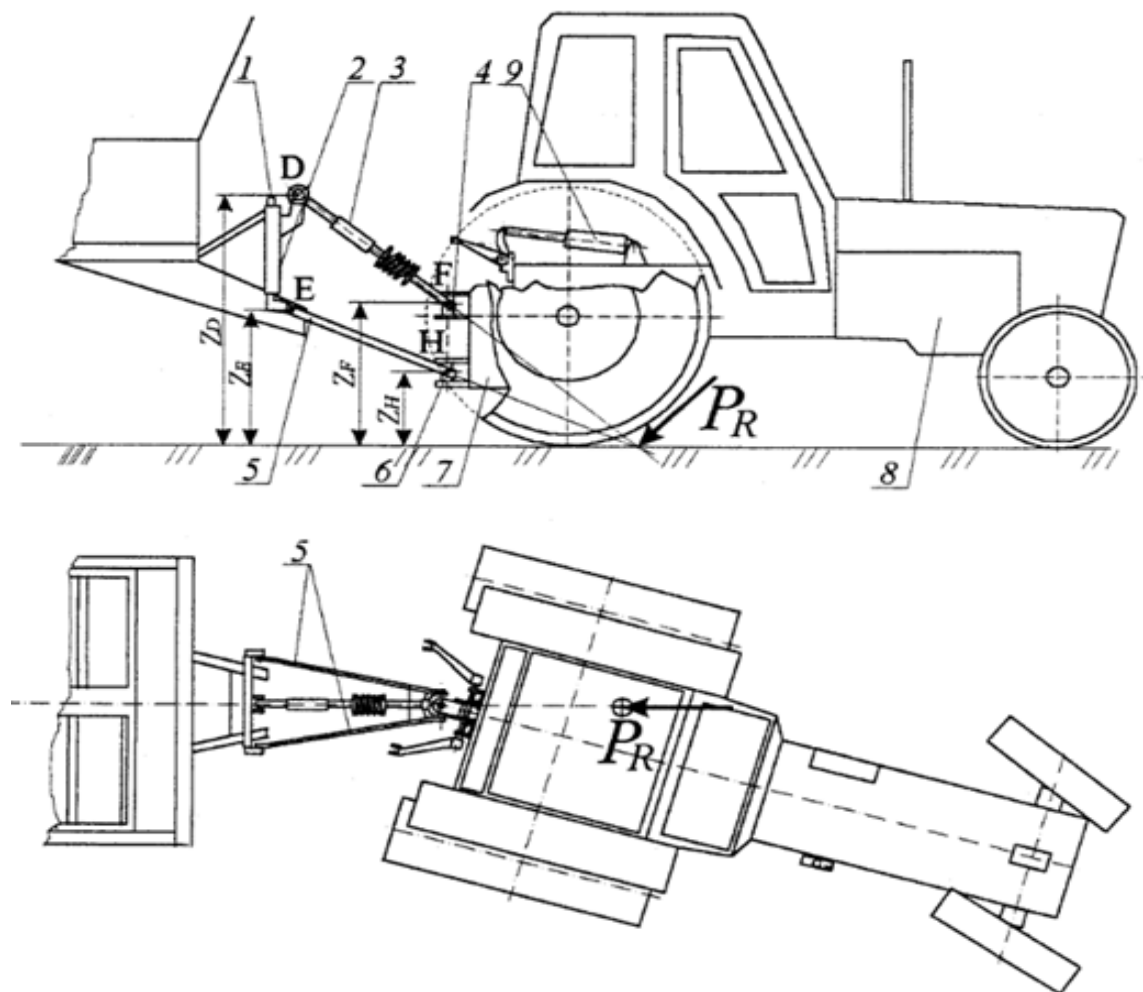


Рис. 1. Схема тягово-сцепного устройства к трактору тягового класса 14 кН:
1 – сцепной элемент; 2 – ответный элемент; 3 – верхняя тяга гидронавески;
4, 6 – шарниры кардана-Гука; 5 – нижние тяги гидронавески;
7 – кронштейн; 8 – трактор; 9 – гидроцилиндр

Рассматриваемое тягово-сцепное устройство (ТСУ) имеет сцепной элемент 1, соединенный тремя шарнирами тяги гидронавески трактора (двумя – нижними и одним – верхним). Ответный элемент 2 приварен к дышло полуприцепа, а верхняя тяга 3 передним концом соединена с горизонтальной осью шарнира кардана-Гука 4, закрепленного на кронштейне 7, а задним – со сцепным элементом 1 (посредством специального шарнира). Нижние тяги гидронавески 5 передними концами, через специальные шарниры, соединены с горизонтальной осью шарнира кардана-Гука 6. Он также установлен на кронштейне 7, который жестко прикреплен к корпусу заднего моста трактора 8. Оба шарнира кардана-Гука расположены на кронштейне 7 с возможностью поворота вокруг вертикальных осей, причем оси шарниров расположены на вертикальной линии.

Тягово-сцепное устройство функционирует следующим образом. Для реализации соединения полуприцеп подводят к трактору. Сцепной элемент 1 соединяют с ответным элементом 2, посредством подъема нижних тяг гидронавески трактора 5 гидроцилиндром 9. Затем соединяют элементы шлицевого конца карданного вала и привода рабочих органов разбрасывателя. Соединенные элементы 1 и 2 фиксируют запорным устройством. При этом золотник гидрораспределителя, который управляет гидроцилиндром 9 навески трактора, включают в «плавающее» положение.

В горизонтальное положение кузов полуприцепа переводят путем изменения длины центральной тяги гидронавески 3. В результате взаимодействия конструктивных элементов ТСУ часть веса полуприцепа передают на трактор.

Поворот трактора в горизонтальной плоскости относительно полуприцепа осуществляют поворотом тяг 5 и верхней тяги 3 вокруг вертикальной оси шарниров кардана-Гука.

При движении агрегата в начале подъема или его завершении изменение положения трактора относительно полуприцепа в продольной плоскости осуществляют путем поворота нижних тяг и тяги 3 вокруг горизонтальной оси шарнира кардана-Гука 4. В момент изменения положения полуприцепа и трактора в поперечно-вертикальной плоскости поворот нижних тяг гидронавески 5 осуществляется в специальных шарнирах, а тяги 3 – вокруг вертикальной оси шарнира кардана-Гука 4.

Отсоединение полуприцепа от трактора осуществляют следующим образом: размыкают запорное устройство ТСУ, переключают золотник гидрораспределителя в положение «опускание», дышло полуприцепа ставят на подставку, сцепной элемент автосцепки выводят из зацепления с ответным элементом автосцепки.

Ранее отмечалось, что горизонтальная составляющая догружающей трактор силы со стороны полуприцепа, действующая на уровне опорной поверхности, не перераспределяет его общий вес между опорами, а лишь способствует росту или снижению реакции опорной поверхности одновременно на переднюю и заднюю оси.

В этом случае в полуприцепном агрегате трактор становится не только тяговым, но и грузонесущим, поэтому возникает необходимость в уточнении методики определения его рациональной грузоподъемности.

В основу методики определения грузоподъемности полуприцепного агрегата положены следующие допущения:

- трактор используется как тягово-приводное средство и как грузонесущее;
- сила со стороны полуприцепа, догружающая трактор, находится внутри базы;
- мощность и степень загрузки двигателя трактора известны.

Таким образом, мощностной баланс транспортно-технологического агрегата примет вид [18]

$$N_{en} \cdot \xi = \frac{[(G_{TЭ} + P_Z) \cdot (f_{TP} + \sin \alpha) + (Q_{OB} - P_Z) \cdot (f_{ПР} + \sin \alpha)] \cdot V_P}{\eta_{TP} \cdot [1 - \delta_{TP}]} + \frac{N_{BOM}}{\eta_{BOM}}, \quad (1)$$

где N_{en} – мощность двигателя, Вт;
 ξ – степень загрузки двигателя;
 $G_{TЭ}$ – вес трактора, Н;
 Q_{OB} – общий (полный) вес полуприцепа, Н;
 N_{BOM} – мощность, потребляемая приводом рабочих органов распределителя, Вт;
 V_P – расчетная скорость агрегата, м/с;
 η_{TP} – КПД трансмиссии;
 η_{BOM} – КПД ВОМ;
 δ_{TP} – буксование ведущих колес трактора;
 $f_{TP}, f_{ПР}$ – коэффициенты сопротивления перекатыванию трактора и полуприцепа;
 α – угол склона, градус.

Выразим переменные, входящие в выражение (1) в функции грузоподъемности агрегата.

В работе [18] показано, что мощность, потребляемая приводом рабочих органов полуприцепа-распределителя органических удобрений, есть функция

$$N_{BOM} = f(B_P; d; V_P; Q), \quad (2)$$

где B_P – ширина захвата распределителя, м;
 d – установленная доза внесения органических удобрений, кг/м²;
 Q – грузоподъемность полуприцепа-распределителя, Н.

Экспериментальными исследованиями [18] установлена эмпирическая зависимость мощности привода вала отбора

$$N_{BOM} = 820 + 6,73 \cdot 10^{-3} \cdot Q + 5,91 \cdot 10^{-4} \cdot B_P \cdot d \cdot V_P \cdot Q. \quad (3)$$

На основе сбора и обработки данных технических характеристик полуприцепов-распределителей органических удобрений получена корреляционная зависимость грузоподъемности и веса распределителя органических удобрений [18]

$$G_{ПР} = 0,345 \cdot Q. \quad (4)$$

Принимая во внимание, что сила, догружающая трактор, есть часть веса полуприцепа и веса транспортируемого груза, представим ее величину в виде следующей зависимости:

$$P_Z = 1,345 \cdot Q \cdot \beta_Z, \quad (5)$$

где β_Z – доля общего веса груженого полуприцепа-распределителя, догружающая трактор.

Далее определим рациональную грузоподъемность полуприцепа-распределителя органических удобрений, агрегируемого с трактором МТЗ-80, оснащенным тягово-сцепным устройством. С целью получения эмпирической зависимости буксования ведущих колес трактора от догружающего усилия P_Z и веса полуприцепа Q_{OB} без учета силы, догружающей трактор, были проведены эксперименты.

В результате обработки экспериментальных данных получена следующая зависимость:

$$\delta_{TP} = -4,804 + 0,163 \cdot Q_{OB} - P_Z - 0,33 \cdot P_Z - 4,65 \cdot 10^{-4} \cdot (Q_{OB} - P_Z)^2 + 0,021 \cdot P_Z \cdot (Q_{OB} - P_Z) + 0,0395 \cdot P_Z^2. \quad (6)$$

После подстановки в выражение мощностного баланса переменных, представленных как функции грузоподъемности распределителя, и сделанных преобразований зависимость (1) приняла вид

$$Q^3 \cdot A_1 \cdot A_3 - Q^2 \cdot (N \cdot A_3 - A_2 \cdot A_3 - A_1 \cdot A_4) - \\ - Q \cdot [N \cdot A_4 + 1,345 \cdot \beta_Z \cdot (f_{TP} + \sin \alpha) \cdot V - 1,345 \cdot (f_{TP} + \sin \alpha) \cdot V \cdot (\beta_Z - 1) - A_2 \cdot A_4 + A_1 \cdot 1,04804] + \\ + N + N \cdot 0,04804 - G_{TЭ} \cdot (f_{TP} + \sin \alpha) - A_2 - A_2 \cdot 0,04804 = 0, \quad (7)$$

где $A_1 = (6,73 \cdot 10^{-3} + 5,91 \cdot 10^{-4} \cdot B_p \cdot d \cdot V_p) \cdot \eta_{TP}$;

$$A_2 = 820 \cdot \eta_{TP};$$

$$A_3 = -8,41 \cdot 10^{-12} + 3,974 \cdot 10^{-10} \cdot \beta_Z + 3,249 \cdot 10^{-10} \cdot \beta_Z^2;$$

$$A_4 = 2,19 \cdot 10^{-16} - 2,949 \cdot 10^{-5} \cdot \beta_Z;$$

$$N = N_{en} \cdot \xi \cdot \eta_{TP} \cdot \eta_{BOM};$$

$$V = \eta_{BOM} \cdot V_p;$$

V – расчетная скорость трактора, м/с.

Результаты расчетов по определению рациональной грузоподъемности тракторного транспортно-распределительного агрегата на базе трактора типа МТЗ-80 с двигателем мощностью 58 кВт при его степени загрузки 0,9, дозе внесения органических удобрений 4,5 кг/с, ширине распределения 5 м показали, что для углов склона полей до 2° , грузоподъемность этого агрегата составляет 80,44 кН. При этой грузоподъемности агрегат может двигаться со скоростью $V_p = 10$ км/ч. На четвертой передаче можно работать при угле склона до 5° (в Центрально-Черноземном регионе поля с углом склона более 5° встречаются с вероятностью 5% [8]).

Прицепной агрегат

Анализ известных конструктивных решений по догрузке трактора со стороны прицепа выявил разнообразие решений, а также их недостатки. При этом общим недостатком всех известных решений является отсутствие конструктивных элементов, позволяющих использовать силу сопротивления передвижению прицепа в качестве догружающей сцепное устройство трактора.

Предложено тягово-догрузочное устройство к прицепу, позволяющее силу сопротивления перекачивания $P_{кр}$ использовать как догружающую сцепное устройство трактора [17, 19] (рис. 2).

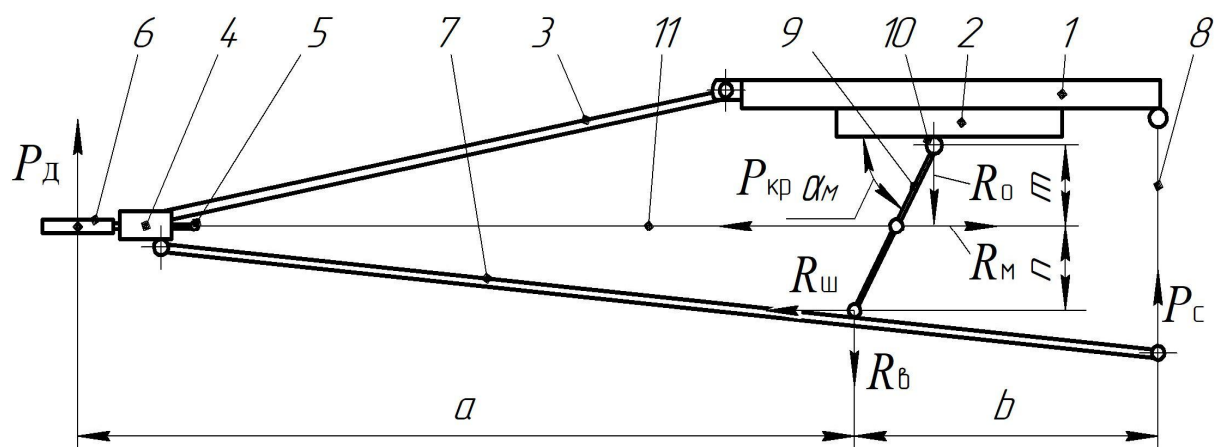


Рис. 2. Схема ТДУ к двухосному прицепу: 1 – рама поворотной тележки прицепа; 2 – упор; 3 – дышло; 4 – муфта; 5 – кронштейн; 6 – тяговое кольцо; 7 – балка; 8 – серьга; 9 – маятник; 10 – ролик; 11 – тяга

Взаимодействие конструктивных элементов ТДУ одного с другим и воздействие их на гидронавеску трактора осуществляется следующим образом: силу сопротивления перекачивания прицепа $P_{кр}$ трактор преодолевает путем приложения силы к тяговому кольцу дышла прицепа 6, кронштейн 5, соединенный с тягой 11, причем ее противоположный конец шарнирно соединен со серединой маятника 9. В точке присоединения тяги 11 к маятнику 9 возникает реакция опоры R_m , равная значению $P_{кр}$, но направленная в обратную сторону, причем она распределяется на две составляющие: R_o и $R_{ш}$. Реакция опоры R_o в точке D направлена перпендикулярно упору 2, а в точке A (см. рис. 3), лежащей на балке 7, $R_{ш}$ направлена горизонтально.

Сила $R_{ш}$ является составляющей суммарной силы, действующей со стороны нижнего конца маятника 9 на балку 7. Вертикальная составляющая равнодействующей сил R_o в точке A равна по величине силе R_o , она направлена вниз и компенсируется реакциями сил, образующихся в тяговом кольце 6 – сила P_d и серьге 8 – сила P_c .

Откуда следует, что применение предложенного ТДУ к прицепу позволяет использовать силу сопротивления $P_{кр}$ в качестве догружающей трактор силы P_d , однако наблюдается разгрузка передней оси прицепа, что указывает на необходимость корректирования его установленной грузоподъемности.

Взаимодействие конструктивных элементов предложенного ТДУ описано выражением (8), анализ которого показывает, что догружающая сила P_d есть функция крюкового усилия трактора, соотношения плеч маятника, балки и угла наклона маятника к упору.

$$P_d = P_{кр} \cdot \frac{1}{1 + \frac{n}{m}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{a}{b}} \cdot \operatorname{tg} \alpha_M, \quad (8)$$

где m и n – проекции верхней и нижней части плеч маятника на вертикальную плоскость;

a и b – длина соответственно переднего и заднего концов балки.

Зависимость (8) указывает на широкие возможности регулирования догружающей трактора силы со стороны прицепа в зависимости от условий эксплуатации прицепного ТТА. Наиболее существенным является то, что с увеличением силы сопротивления прицепу возрастает и догружающая сцепное устройство трактора сила.

Предложенное ТДУ позволяет разгрузить прицеп на величину, равную P_d , и делает при этом трактор грузонесущим энергетическим средством. Следовательно, номинальную грузоподъемность прицепа можно повысить на величину P_d

$$Q_{пп}^* = Q_{пп} + P_d, \quad (9)$$

где $Q_{пп}^*$ – значение рациональной грузоподъемности прицепа, оснащенного ТДУ;

$Q_{пп}$ – номинальное значение грузоподъемности прицепа.

Тогда с учетом зависимости (8) выражение (9) запишется как

$$Q_{пп}^* = Q_{пп} + P_{кр} \cdot \frac{1}{1 + \frac{n}{m}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{a}{b}} \cdot \operatorname{tg} \alpha_M, \quad (10)$$

при этом значение крюкового усилия определяется зависимостью

$$R_{кр}^I = G_{пп} \cdot f_{пп} \cdot \cos \alpha + G_{пп} \cdot \sin \alpha. \quad (11)$$

Следовательно, рациональная грузоподъемность модернизированного прицепа будет равна

$$Q_{пп}^* = Q_{пп} + G_{пп} (f_{пп} \cdot \cos \alpha + \sin \alpha) \cdot \frac{1}{1 + \frac{n}{m}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{a}{b}} \cdot \operatorname{tg} \alpha_M. \quad (12)$$

Из уравнения (12) следует, что рациональная грузоподъемность модернизированного прицепа есть функция параметров, характеризующих производственные условия – $f_{пр}$, α и конструктивных параметров ТДУ – a, b, n, m, α_M .

Для средних условий эксплуатации угла склона поля $\bar{\alpha} = 2,5^\circ$ и коэффициента сопротивления передвижению агрегата $\bar{f} = 0,12$ рациональная грузоподъемность прицепа типа 2ПТС-4, оснащенного ТДУ, равна $Q_{пр}^* = 4,785t$.

Полуприцепной агрегат с переменной массой.

Особенность работы кузовных распределителей органических удобрений заключается в том, что разгрузка кузова при распределении удобрений выполняется с передней части, что в результате приводит к снижению догрузки на сцепное устройство трактора. Сократить или устранить снижение догрузки сцепного устройства трактора можно двумя способами:

- провести модернизацию распределителя так, чтобы осуществлялось смещение назад балансиров колес относительно рамы, а затем при определенной разгрузке кузова происходил подъем передних колес.

- установить распределяющие рабочие органы (битера) не традиционно в задней части кузова, а в передней, т. е. подачу органических удобрений осуществлять не классически – назад (от трактора), а вперед (в сторону трактора).

Модернизация по первому способу будет проведена для полуприцепа-распределителя типа РОУ-6, имеющего грузоподъемность 6 тонн, оборудованного планчатым подающим транспортером, а его распределяющие рабочие органы состоят из двух горизонтальных битеров.

На рисунке 3 представлена схема изменения догружающего усилия на сцепное устройство трактора со стороны полуприцепа-распределителя по первому варианту модернизации. На графике показаны три кривые (1, 2, 3), которые в первом случае характеризуют базовый вариант, во втором случае – смещение кронштейнов назад, а в третьем – кривая соответствует одновременному смещению кронштейнов назад и подъему передних колес вверх. Точка О указывает на полное опорожнение кузова полуприцепа-разбрасывателя.

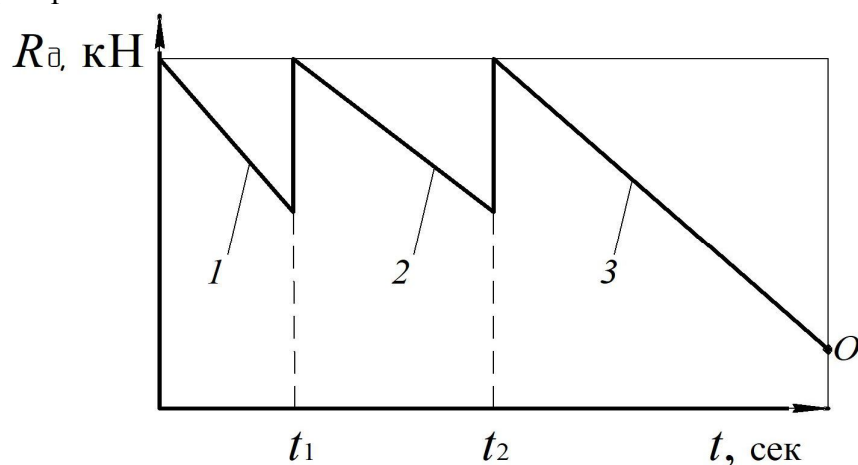


Рис. 3 Схема изменения догружающего усилия сцепного устройства трактора от продолжительности опорожнения кузова полуприцепа-разбрасывателя (первый вариант модернизации)

Как следует из приведенного анализа, модернизация полуприцепа-распределителя по первому варианту потребует существенных затрат средств.

Проанализируем второй способ догрузки сцепного устройства трактора, когда распределяющие рабочие органы (битера) смонтированы в передней части кузова.

На рисунке 4 показана модель полуприцепа-разбрасывателя органических удобрений, с расположенными в передней части кузова распределяющими рабочими органами, что подразумевает подачу удобрений вперед, а не назад, то есть, как уже говорилось, освобождение кузова совершается с задней его части [14, 15].

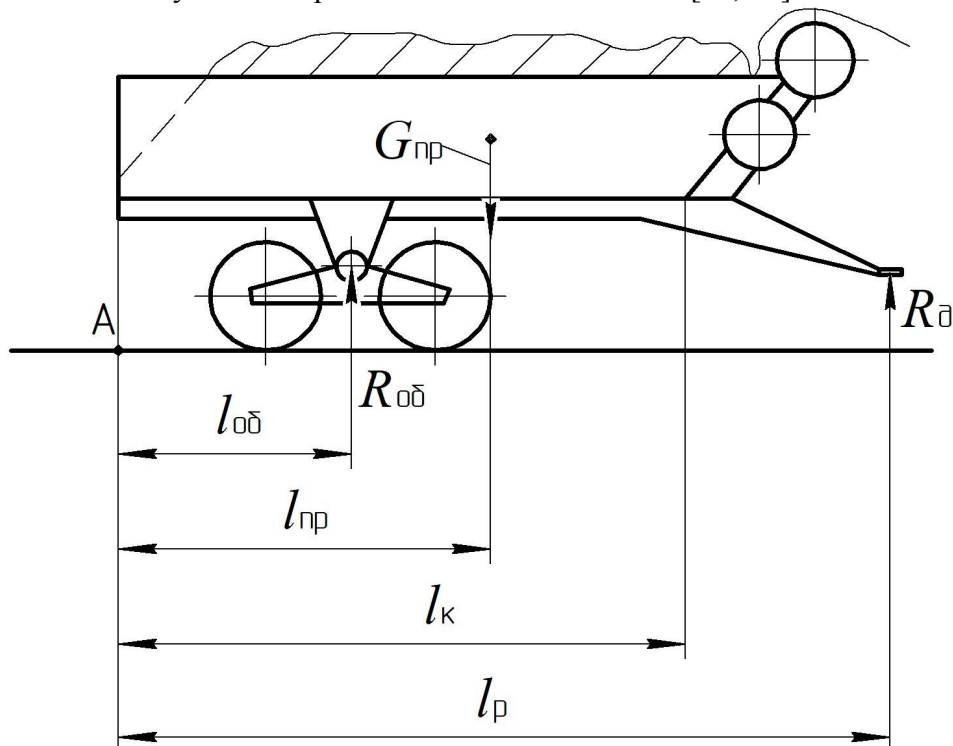


Рис. 4. Схема сил, действующих на полуприцеп-разбрасыватель при подаче органических удобрений к распределяющим рабочим органам, установленным вместо переднего борта кузова

Для получения зависимости изменения догружающего усилия на прицепное устройство трактора $R_о$ от степени опорожнения кузова составим уравнения моментов сил, действующих на полуприцеп-разбрасыватель относительно точки А (рис. 5), оно имеет вид

$$R_о = \frac{q \cdot \frac{l_k^2}{2} \cdot \lambda^2 + (q \cdot l_k \cdot l_{об} - q \cdot l_k^2) \cdot \lambda + G_{пр}(l_ц - l_{об})}{(l_p - l_{об})}, \quad (13)$$

где q – удельный вес груза в кузове полуприцепа-распределителя, приходящийся на один метр его длины, кН/м;

λ – степень опорожнения кузова;

$G_{пр}$ – вес пустого полуприцепа-распределителя, кН;

l_k – длина кузова полуприцепа-распределителя, м;

$l_{об}$, $l_ц$, l_p – расстояние от точки А до точки действия соответственно: реакции опоры, центра тяжести и реакции со стороны прицепного устройства трактора, м.

Анализ зависимости (13) показывает, что догружающее прицепное устройство трактора сила имеет экстремальное значение.

Значение экстремального усилия на сцепное устройство трактора определяется согласно известной схеме, а именно:

- находится 1-я производная функции в соответствии со степенью разгрузки кузова λ и приравняется нулю, устанавливается наилучшее ее значение λ^{opt} ,

- подставляется в полученное уже после дифференцирования уравнение значение λ^{opt} и находится максимальная величина догружающего усилия $R_о^{max}$.

Превышение догружающего усилия ΔR_{∂} над исходным R_{∂}^u находится как разность

$$\Delta R_{\partial} = R_{\partial}^{\max} - R_{\partial}^u. \quad (14)$$

Проанализируем изменения реакции опоры на передние колеса трактора вследствие воздействия на него догружающего усилия со стороны полуприцепа-распределителя и крюкового усилия, зависящего от степени опорожнения кузова и угла склона. На рисунке 5 представлены силы, действующие на трактор со стороны полуприцепа-распределителя.

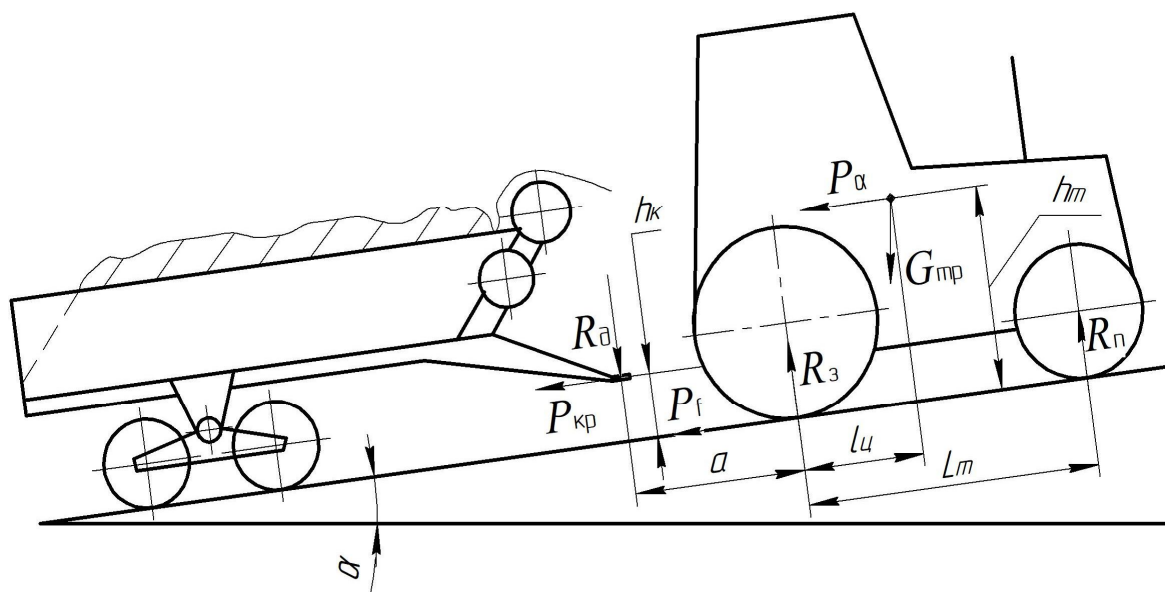


Рис. 5. Схема сил, действующих на прицепное устройство трактора со стороны полуприцепа-распределителя при движении на подъеме с постоянной скоростью

Уравнение моментов сил относительно точки А имеет следующий вид:

$$R_{\partial} \cdot a + P_{кр} \cdot h_k + P_{\alpha} \cdot h_m + R_n \cdot L_m = G_{мп} \cdot \cos \alpha \cdot l_y. \quad (15)$$

Из равенства (15) находим реакцию опоры на передние колеса трактора

$$R_n = \frac{G_{мп} \cdot \cos \alpha \cdot l_y - (R_{\partial} \cdot a + P_{кр} \cdot h_k + P_{\alpha} \cdot h_m)}{L_m}, \quad (16)$$

где $G_{мп}$ – вес трактора, кН;

$P_{кр}$ – сила сопротивления передвижению полуприцепа-распределителя, кН;

P_{α} – сила сопротивления подъема, кН;

l_y – горизонтальная координата центра тяжести трактора, м;

h_m – вертикальная координата центра тяжести трактора, м;

h_k – расстояние от опорной поверхности до прицепного устройства трактора, м;

a – расстояние до точки присоединения полуприцепа-разбрасывателя к трактору, м.

В свою очередь, сила $P_{кр}$ находится в зависимости от степени опорожнения кузова распределителя, а именно

$$P_{кр} = [G_{np} - Q_p(1 - \lambda) - R_{\partial}] \cdot f, \quad (17)$$

$$P_{\alpha} = G_{mp} \cdot \sin \alpha, \quad (18)$$

где f – коэффициент сопротивления перекачиванию полуприцепа-распределителя;
 α – угол склона.

Таким образом, сила, догружающая прицепное устройство трактора R_{α} , представляет собой функцию степени опорожнения кузова полуприцепа-распределителя λ , угла склона поля α , коэффициента сопротивления перекачиванию прицепа f .

В результате исследований было установлено, что нагрузка на переднюю ось трактора $G_K > 0,2 G_{TP}$ располагается в допустимых границах при значении угла склона полей до $4,2^{\circ}$ (в Центрально-Черноземном регионе поля с углом склона более $4,2^{\circ}$ встречаются с вероятностью не более 16%). Помимо этого, использование модернизированного полуприцепа-разбрасывателя органических удобрений позволяет добиться снижения буксования на 0,523% и часового расхода топлива на 1,126 л/ч при осуществлении подачи удобрений от заднего борта к переднему.

Усовершенствование полуприцепного агрегата посредством использования предложенного тягово-сцепного устройства, выполненного на базе автоматической сцепки, дает возможность переместить догружающую трактор силу внутрь его базы на уровне опорной поверхности, что исключает разгрузку передних управляемых колес трактора и делает его грузонесущим. Предельными условиями увеличения грузоподъемности агрегата являются прочностные свойства каркаса трактора и несущая способность шин и мощность двигателя. Для трактора типа МТЗ-80 с мощностью двигателя 58 кВт при степени его загрузки 0,9 и углах склона до 2° грузоподъемность полуприцепа-разбрасывателя органических удобрений должна быть 80 кН, при этом рабочая скорость агрегата может достигать 10 км/ч.

Увеличить эффективность использования прицепных тракторных транспортных агрегатов можно за счет применения разработанного тягово-догрузочного устройства, которое обеспечивает перемещение доли веса прицепа на сцепное устройство трактора, что дает возможность увеличить тоннажность агрегата при номинальной величине 40 кН на 4,785 кН, причем тягово-догрузочное устройство преобразует силу сопротивления перемещения прицепа в догружающую сцепное устройство трактора, что позволяет снизить буксование движителей и сократить часовой расход топлива двигателем.

В процессе распределения удобрений полуприцепом-распределителем происходит постоянное изменение веса агрегата, что приводит к изменению догружающего усилия сцепного устройства трактора. Теоретически и экспериментально доказано, что при традиционной подаче органических удобрений в кузове, от переднего борта к заднему, где смонтированы шнеки, догружающее усилие сцепного устройства два раза не только достигает нулевого значения, но и уходит в отрицательную зону значений.

Смещение колесного хода полуприцепа-распределителя относительно рамы назад и дальнейший подъем передних колес позволяют, в какой-то мере, стабилизировать догружающее усилие на сцепное устройство трактора и сделать его более сбалансированным, но существенного снижения буксования и часового расхода топлива достичь нельзя. Поэтому предложен второй вариант модернизации полуприцепа-распределителя путем изменения подачи органических удобрений от заднего борта кузова к переднему, оснатив бitera кожухом. Данное конструктивное решение позволяет гарантировать стабильную догрузку сцепного устройства трактора в процессе опорожнения кузова, уменьшить часовой расход топлива двигателем на 1,126 л/ч и снизить буксование на 0,523%, при этом нагрузка на переднюю ось находится в допустимых пределах для углов склона полей до $4,2^{\circ}$.

Библиографический список

1. А. с. 1414662 СССР, МКИ³ В 60 D 1/00. Сцепное устройство / А.Г. Аверков [и др.] ; заявитель и патентообладатель Специальное конструкторско-технологическое бюро Главмосинжстроя при Мосгорисполкоме. – № 4128473/30-11 ; заявл. 24.09.1986 ; опубл. 07.08.1988, Бюл. № 29. – 3 с.
2. Агеев Л.Е. Сверхмощные тракторы сельскохозяйственного назначения / Л.Е. Агеев, В.С. Шкрабак, В.Ю. Моргулис-Якушев. – Ленинград : Агропромиздат, 1986. – 120 с.
3. Антышев Н.М. Прогноз потребности и необходимой структуры тракторного парка / Н.М. Антышев // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1993. – № 8. – С. 1–5.
4. Величкин И.Н. Разработка методики испытаний с учетом накопленного опыта / И.Н. Величкин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1999. – № 9. – С. 24–27.
5. Волощенко А.Е. Исследование и оценка транспортных агрегатов : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / А.Е. Волощенко. – Воронеж, 1976. – 22 с.
6. Ворохобин А.В. Повышение эффективности использования тракторно-транспортного агрегата при корректировании вертикальных нагрузок на колеса : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / А.В. Ворохобин. – Воронеж, 2007. – 177 с.
7. Завалишин Ф.С. Исследования работы различных схем тракторного транспорта в труднопроходимых дорожных условиях / Ф.С. Завалишин, А.Е. Волощенко // Науч. тр. Воронежского с.-х. ин-та им. К.Д. Глинки. – 1974. – С. 11–15.
8. Захаржевский А.П. Совершенствование процесса высева многолетних трав под покровную культуру сошником на базе стрельчатой лапы : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / А.П. Захаржевский. – Воронеж, 2000. – 22 с.
9. Ксенович И.П. Об оптимальной массе трактора / И.П. Ксенович // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1988. – № 12. – С. 3–5.
10. Ксенович И.П. Тракторы МТЗ-80 и МТЗ-82 / И.П. Ксенович, С.С. Кустанович, П.Н. Степанюк. – Москва : Колос, 1983. – 254 с.
11. Лебедев А.С. Определение навесоспособности трактора / А.С. Лебедев, И.Б. Шишков // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1987. – № 12. – С. 25–26.
12. Мацнев М.Г. Грузоподъемность транспортного агрегата с трактором класса 14-20 кН разной компоновки / М.Г. Мацнев // Обоснование оптимальных параметров мобильной сельскохозяйственной техники : тр. Воронежского СХИ. – 1978. – С. 59–68.
13. Пат. 162350 Российская Федерация, МПК А 0 1С 15/18 (2006.01), В 62 D 63/06 (2006.01). Полуприцеп-разбрасыватель органических удобрений / В.И. Оробинский [и др.] ; заявитель и патентообладатель Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина. – № 2016100547/11 ; заявл. 11.01.2016 ; опубл. 10.06.2016, Бюл. № 16. – 2 с.
14. Пат. 2297938 Российская Федерация, МПК⁷ В 62 D 53/04, В 60 D 1/00, А 01 В 59/04. Сцепное устройство для соединения колесного трактора с прицепом / В.П. Гребнев, В.И. Панин, А.В. Ворохобин (Россия) ; заявитель и патентообладатель Воронежский государственный аграрный университет им. К.Д. Глинки. – № 2005138232/11 ; заявл. 08.12.2005 ; опубл. 27.04.2007, Бюл. № 12. – 5 с.
15. Пат. 2096190 Российская Федерация, МПК В 60 D 1/00 (1995.01). Тягово-догрузочное устройство / Скурятин Н.Ф. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Белгородская государственная сельскохозяйственная академия. – № 96115610/1 ; заявл. 26.07.1996 ; опубл. 20.11.1997, Бюл. № 32. – 5 с.
16. Петров Д.Г. МТА с активным приводом ходовых колес прицепной машины / Д.Г. Петров // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1988. – № 7. – С. 25–28.
17. Скурятин Н.Ф. Повышение грузоподъемности прицепного агрегата / Н.Ф. Скурятин, Е.В. Соловьев, А.В. Бондарев // Сельский механизатор. – 2014. – № 12. – С. 38–39.
18. Скурятин Н.Ф. Разработка методов оптимизации грузоподъемности разбрасывателей органических удобрений в связи с их унификацией : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Н.Ф. Скурятин. – Воронеж, 1977. – 22 с.

19. Скурятин Н.Ф. Тягово-догрузочное устройство к прицепу / Н.Ф. Скурятин, А.В. Бондарев, Е.В. Соловьев // Сельский механизатор. – 2013. – № 3. – С. 38–39.
20. Соловьев С.В. Стабилизация догрузки трактора со стороны полуприцепа-разбрасывателя органических удобрений : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / С.В. Соловьев. – Воронеж, 2017. – 139 с.
21. Тракторы Беларусь МТЗ-80, МТЗ-80Л, МТЗ-82, МТЗ-82Л. Руководство по эксплуатации и уходу. – Минск : Ураджай, 1973. – 265 с.
22. Тракторы Т-150К, Т-157, Т-158. Техническое описание и инструкция по эксплуатации / А.И. Иголкин [и др.]. – Харьков : ХТЗ, 1989. – 310 с.
23. Шпилько А.В. Создание техники нового поколения для растениеводства / А.В. Шпилько, В.М. Кряжков, Л.М. Пилюгин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1998. – № 3. – С. 3–4.
24. Чудаков Д.А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля / Д.А. Чудаков. – Москва : Колос, 1972. – 384 с.
25. Эксплуатация тракторов МТЗ-100 и МТЗ-102 / П.А. Амельченко [и др.]. – Москва : Росагропромиздат, 1991. – 173 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Николай Филиппович Скурятин – доктор технических наук, профессор кафедры технического сервиса в АПК ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», Российская Федерация, Белгородская обл., Белгородский р-н, п. Майский, e-mail: skurjatin_nf@bsaa.edu.ru.

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», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 224-39-39, 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», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 224-39-39, e-mail: dogruzka@rambler.ru.

Евгений Владимирович Соловьев – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технического сервиса в АПК ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», Российская Федерация, Белгородская обл., Белгородский р-н, п. Майский, e-mail: solovyewwww@mail.ru.

Сергей Владимирович Соловьев – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры электрооборудования и электротехнологий в АПК ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», Российская Федерация, Белгородская обл., Белгородский р-н, п. Майский, e-mail: ser-solovyev@mail.ru.

Борис Станиславович Зданович – кандидат технических наук, руководитель сервисной службы Белгородского филиала ООО «Юпитер 9», Российская Федерация, г. Белгород, e-mail: boris.zdanovich@jupiter9.ru.

Дата поступления в редакцию 24.08.2018

Дата принятия к печати 17.09.2018

AUTHOR CREDENTIALS

Affiliations

Nikolai F. Skuryatin – Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Technological Service in Agro-Industrial Complex, Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin, Russian Federation, Belgorod Region, Belgorod Oblast, pos. Maitskiy, e-mail: skurjatin_nf@bsaa.edu.ru.

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, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 224-39-39, 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, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-78-68, e-mail: dogruzka@rambler.ru.

Evgeniy V. Solovev – Candidate of Engineering Sciences, Senior Lecturer, the Dept. of Technological Service in Agro-Industrial Complex, Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin, Russian Federation, Belgorod Region, Belgorod Oblast, pos. Maitskiy, e-mail: solovyewwww@mail.ru.

Sergey V. Solovev – Candidate of Engineering Sciences, Senior Lecturer, the Dept. of Electrical Equipment and Electrical Technologies in Agro-Industrial Complex, Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin, Russian Federation, Belgorod Region, Belgorod Oblast, pos. Maitskiy, e-mail: ser-solovyev@mail.ru.

Boris S. Zdanovich – Candidate of Engineering Sciences, Head of the Service Division, ООО Jupiter 9, Belgorod Branch, Russian Federation, Belgorod, e-mail: boris.zdanovich@jupiter9.ru.

Received August 24, 2018

Accepted September 17, 2018

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ КОРМОВЫХ КОРНЕПЛОДОВ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ ГОФРОЩЕТОЧНОГО ОЧИСТИТЕЛЯ

**Владислав Викторович Карпов¹
Вячеслав Анатольевич Гулевский²**

¹Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко

²Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Механические повреждения кормовых корнеплодов зависят от способа и сроков уборки и эффективности технологии послеуборочной доработки при подготовке корнеплодов к хранению или скармливанию сельскохозяйственным животным. Механически поврежденные кормовые корнеплоды хуже хранятся, начинают прорастать в конце февраля – начале марта, тогда как здоровые неповрежденные хорошо сохраняются до конца апреля. Наличие на корнеплодах углублений, трещин и корешков затрудняет очистку, для чего требуются рабочие органы с интенсивным воздействием на труднодоступные места. Однако следствием интенсификации процесса механической очистки является увеличение числа наружных и внутренних повреждений корнеплодов. В разработанном авторами гофрощеточном очистителе рабочие элементы имеют защитные демпфирующие покрытия с более высокими по сравнению с аналогичными устройствами амортизирующими свойствами. Это способствует снижению повреждений кормовых корнеплодов при их очистке от загрязнений. Проведено исследование повреждаемости корнеплодов кормовой и сахарной свеклы рабочими органами гофрощеточного очистителя, определен характер повреждений корнеплодов в рабочем объеме очистителя и построен график изменения повреждаемости корнеплодов по длине тракта очистки. Значительные наружные и внутренние повреждения у корнеплодов кормовой и сахарной свеклы по окончании их обработки в рабочем объеме гофрощеточного очистителя не наблюдались. Проведенные эксперименты показали, что применение гофрощеточного очистителя снижает травмирование корнеплодов на 5–10% в сравнении с другими щеточными очистителями комбинированного типа благодаря использованию щеточного ворса, имеющего криволинейную форму и обладающего высокими демпфирующими свойствами.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: повреждаемость, кормовые корнеплоды, гофрощеточный очиститель, рабочие органы, наружные и внутренние повреждения.

CASE STUDIES ON FEEDING ROOT CROPS DAMAGES BY WORKING ELEMENTS OF CORRUGATED BRUSH CLEANER

**Vladislav V. Karpov¹
Vyacheslav A. Gulevsky²**

¹Luhansk Taras Shevchenko National University

²Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

Mechanical damages of feeding root crops depend on harvesting techniques and time, as well as on the efficiency of additional modifications of post-harvesting technology at root crops preparation for storage or feeding to farm animals. Mechanically broken root crops are kept badly, start to sprout prematurely at the end of February – at the beginning of March, whereas healthy intact ones keep quite well to the end of April. The presence of depressions, cracks and rootlets on beet roots makes the process of cleaning more difficult, thus working elements with intensive impact on hard-to-reach spots are required. However, an increase in number of external and internal damages of beet roots is a consequence of an intensification of the process of mechanical cleaning. In the corrugated brush cleaner developed by the authors working elements have specially designed form and are supplied with protective damping coating with higher cushioning properties as compared to similar devices. Such design promotes significant decline in damages of feeding root crops at their cleaning from dirtiness. The authors undertook a study on mode and degree of damages of root crops of fodder and sugar beet by working elements of corrugated brush cleaner, they plotted changes of damages of beet roots versus path length of the proposed cleaner. Significant external and internal damages of root crops of fodder and sugar beet upon completion their cleaning in the service volume of

corrugated brush cleaner weren't observed. The experiments showed that corrugated brush cleaner usage reduces mechanical damages of root crops by 5–10%, in comparison with other brush cleaners of the combined type due to brush pile of the curvilinear form with high damping properties.

KEYWORDS: damages, feeding root crops, corrugated brush cleaner, working elements, external and internal damages.

Введение

После комбайновой уборки кормовых корнеплодов и буртовом или траншейном хранении на обработку в кормоприготовительные цеха или на хранение в стационарные хранилища поступают корнеклубнеплоды, имеющие повышенную загрязненность органическими и минеральными примесями и значительные поверхностные повреждения, полученные ими от рабочих органов свеклоуборочной техники.

В соответствии с ГОСТ 28736-90 [1] общее количество поврежденных корнеплодов (кормовая, полусахарная и сахарная свекла, брюква, морковь, турнепс, выращенные в колхозах, совхозах и других сельскохозяйственных предприятиях и предназначенные на корм сельскохозяйственным животным) должно составлять не более 15%, в том числе сильноповрежденных (более $\frac{1}{3}$ части корнеплода) – не более 8%. Поверхностные повреждения корнеплодов могут составлять при благоприятных условиях уборки от 120 до 2000 см², при неблагоприятных – до 5000 см²/100 корнеплодов, причем отдельные рабочие процессы по-разному влияют на повреждения.

Механически поврежденные кормовые корнеплоды хуже хранятся, быстрее проходят период покоя и начинают прорастать в конце февраля – начале марта, тогда как здоровые неповрежденные хорошо сохраняются до конца апреля [4]. При первичной послеуборочной обработке кормовых корнеплодов практически невозможно полностью удалить как свободные, так и связанные с поверхностями корнеплодов примеси почвы. Мелкие частицы почвы налипают на корнеплоды, остаются в углублениях, впадинах и межкорешковом пространстве и их общее количество после обработки может достигать 3,5% и более [2, 3]. В соответствии с ГОСТ 28736-90 [1] общая загрязненность корнеплодов не должна превышать 10%, в том числе массовая доля механической примеси (земля, камни) – не более 3%. Для корнеплодов, предназначенных на хранение, массовая доля влажных растительных остатков должна составлять не более 7%.

Использование в стационарных хранилищах, в хранилищах животноводческих ферм или непосредственно на фермах устройств для механической безводной очистки кормовых корнеплодов от примесей при подготовке их к скармливанию сельскохозяйственным животным позволяет значительно снизить затраты на единицу обрабатываемой продукции, так как отпадает необходимость в пресной воде, в системе канализации, отстойниках и специально отапливаемых помещениях. Однако рабочие органы большинства известных механических очистителей (шнековые, роликовые, кулачковые, барабанные и др.) не обеспечивают требуемого зоотехническими нормами качества очистки при отделении почвы, связанной с поверхностями корнеплодов [5, 6], а также в значительной степени травмируют обрабатываемые корнеплоды. Наличие на корнеплодах углублений, трещин и корешков затрудняет очистку, для чего требуются рабочие органы с интенсивным воздействием на труднодоступные места. Однако следствием интенсификации процесса механической очистки является увеличение числа повреждений корнеплодов, зачастую весьма тяжелых.

Методика эксперимента

Целью настоящей работы является исследование повреждаемости корнеплодов кормовой и сахарной свеклы рабочими органами гофрощеточного очистителя. Под рабочими органами очистителя следует понимать четыре гофрощеточных вращающихся барабана и направляющую заслонку между ними (рис. 1), установленные в рабочем объеме очистителя с возможностью наклона их к горизонту на угол $\gamma = 0-15^\circ$.

Для определения характера повреждений корнеплодов кормовой и сахарной свеклы рабочими органами очистителя в процессе их обработки и изучения повреждаемости корнеплодов по длине тракта очистки в рабочем объеме гофрощеточного очистителя были проведены экспериментальные исследования в лаборатории сепарации сыпучих материалов Луганского национального университета имени Тараса Шевченко.

В исследованиях использовались корнеплоды сахарной свеклы сорта Юбилейный и корнеплоды кормовой свеклы сорта Эккендорфский желтый после ручной уборки урожая 2017 года. Выкопанные вручную корнеплоды сахарной и кормовой свеклы взвешивались и доставлялись к месту проведения опытов. Время между выкапыванием корнеплодов и проведением опытов не превышало 1 часа.

Результаты и их обсуждение

Эффективность использования кормовых корнеплодов в рационах сельскохозяйственных животных определяется качеством их подготовки к скармливанию. В свою очередь, качество и лежкоспособность кормовых корнеплодов определяются наличием органических и минеральных примесей в ворохе корнеклубнеплодов и степенью их повреждения рабочими органами машин при уборке и послеуборочной доработке.

Механические повреждения кормовых корнеплодов зависят от способа и сроков уборки, зрелости корнеклубнеплодов, эффективности технологии послеуборочной доработки, а также от влажности и температуры почвы и наличия комков и камней в грядках.

При уборке кормовых корнеплодов копателями суммарные механические повреждения клубней в зависимости от условий составляют от 5–6 до 10–12%, а комбайнами – от 12–14 до 20–25% [4, 9]. Степень механических повреждений корнеклубнеплодов зависит также от состояния почвы: чем выше ее влажность и ниже температура, тем больше повреждений. Это часто бывает при поздних сроках уборки: суммарные повреждения корнеклубнеплодов во время уборки при температуре 20°C составляют 10%, при 12°C – 21%, при 4°C – 37%, при 1°C – 48% [4, 10].

При послеуборочной доработке, очистке и подготовке к хранению степень механического воздействия на обрабатываемые кормовые корнеплоды или клубни определяется кинематическими и геометрическими параметрами рабочих органов машин и их отдельных элементов, т. е. линейными и окружными скоростями движения рабочих элементов, ускорениями при движении или вращении, подбрасывании или встряхивании, величиной и видами перепадов в рабочем объеме очистителей, временем действия, размерами и кривизной элементов рабочих поверхностей, жесткостью их поверхности, а также прочностью покровных тканей корнеклубнеплодов, их массой, размерами и формой [7]. Например, в известном транспортерно-щеточном отделителе клубней картофеля от примесей (автор В.М. Фурлетов) имеются перепады высот в расположении рабочих элементов – из-за падений корнеклубнеплоды приобретают поверхностные и внутренние повреждения [9].

Основу конструкции барабанно-щеточного очистителя корнеплодов (авторы В.И. Сыроватка, А.В. Дервиш) составляет прутковый металлический грохот и размещенная в нем и вращающаяся с противовращением цилиндрическая щетка, выполненная из капрона или кардной проволоки – в данном устройстве травмирование корнеплодов происходит из-за контакта с металлическими необрезиненными прутками грохота и щеточным ворсом из кардной проволоки [10].

В рабочем объеме разработанного авторами гофрощеточного очистителя процесс очистки и сепарации кормовых корнеплодов от примесей протекает следующим образом (рис. 1).

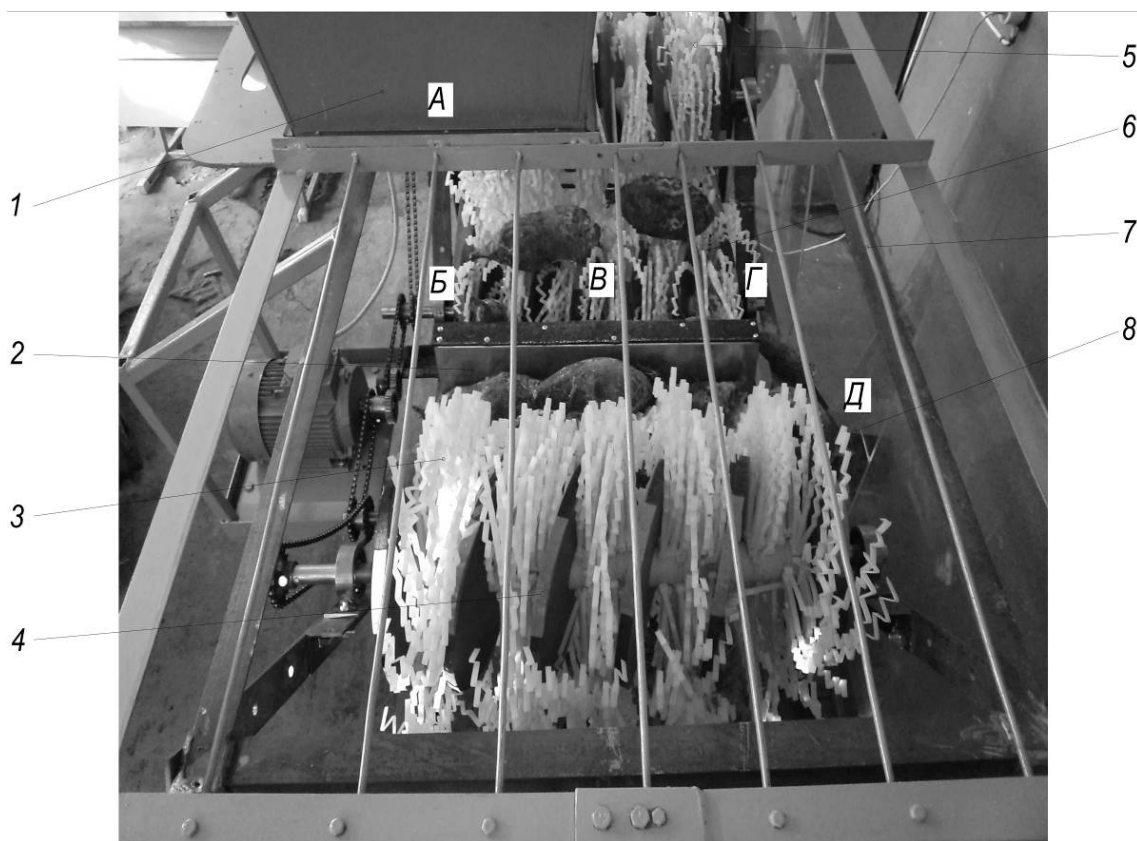


Рис. 1. Рабочие органы гофрощеточного очистителя кормовых корнеплодов:
 1 – загрузочный бункер с заслонкой; 2 – направляющая заслонка; 3 – щеточный ворс криволинейной формы пильчатого профиля; 4 – опорный диск с эллиптическими утолщениями; 5 – верхний гофрощеточный барабан; 6 – нижний гофрощеточный барабан; 7 – прутковые отражатели; 8 – выгрузной лоток; А – подача корнеплодов «бункер – заслонка»; Б – начало тракта очистки «нижний барабан – заслонка – верхний барабан – отражатели»; В – середина тракта очистки; Г – конец тракта очистки; Д – выгрузка продукта «выгрузной лоток – тара»

Перед началом работы устанавливаем требуемое сечение рабочего объема очистителя на входе и выходе, а также направление и частоту вращения гофрощеточных барабанов (поз. 5 и 6). Регулированием направляющей заслонки (поз. 2) устанавливаем необходимую величину зазора между барабанами. Подаваемый на очистку ворох корнеклубнеплодов через загрузочный бункер (поз. 1) попадает в рабочий объем очистителя на вращающиеся наклонные гофрощеточные барабаны с дисками и заслонки. На валы гофрощеточных барабанов на определенном расстоянии друг от друга насажены опорные диски (поз. 4) с дополнительными эллиптическими утолщениями. В пространствах между дисками на подвесной системе шарнирно закреплен щеточный ворс (поз. 3), состоящий из набора гофрированных полосок криволинейной формы пильчатого профиля. Внутри рабочего объема, встречаясь с барабанами, вращающимися с определенной частотой и направлением, корнеклубнеплоды изменяют направление своего вращения и начинают совершать циклическое движение: вначале перемещаются по поверхностям центральных (нижних) барабанов, далее подхватываются боковыми (верхними) гофрощеточными барабанами и поднимаются на некоторый угол до отражателей (поз. 7), а затем скатываются вниз, интенсивно перетираясь друг с другом.

Вращающиеся диски с эллиптическими утолщениями создают дополнительное динамическое воздействие на корнеклубнеплоды, перемещая их в радиальном направлении. За счет ударов дисков с утолщениями и трения корнеклубнеплодов о вращающиеся гофрированные полоски криволинейной формы пильчатого профиля, опорные диски и

направляющую заслонку обеспечивается активный динамический контакт корнеклубнеплодов с барабанами, благодаря чему связанная с корнеклубнеплодами почва переходит в разряд свободной и вместе с другими загрязнениями просеивается через зазоры между гофрощеточными барабанами. Сужение рабочего объема очистителя на выходе тормозит скорость продвижения корнеклубнеплодов, что увеличивает степень поджата гофрированных полосок к очищаемым поверхностям, создавая лучшие условия для эффективной очистки различных по размерам, форме и степени загрязнения корнеклубнеплодов. Очищенные корнеклубнеплоды скатываются по выгрузному лотку (поз. 8) и далее подаются или в транспортное средство для перевозки к месту хранения, или на транспортер для подачи в измельчитель – смеситель кормов. Отделенная же почва, камни и растительные остатки просеиваются вниз и попадают на нижний выгрузной транспортер при-месе-й.

Проведенные экспериментальные исследования различных конструкций рабочих органов гофрощеточного очистителя [5–7] показали, что нормируемая остаточная загрязненность корнеплодов кормовой свеклы (при влажности связанной почвы $W = 10\text{--}18\%$ и начальной загрязненности связанными почвенными примесями $\delta_n = 1,2\text{--}10\%$) после механической очистки на гофрощеточном очистителе составила $\delta_{oct} = 1\text{--}1,1\%$; для корнеплодов сахарной свеклы при $W = 3\text{--}30\%$ и $\delta_n = 2,5\text{--}15\%$ остаточная загрязненность составила $\delta_{oct} = 2,81\text{--}3,2\%$, что соответствует зоотехническим требованиям к подготовке корнеклубнеплодов к скармливанию сельскохозяйственным животным.

При подготовке к последующему хранению или к скармливанию сельскохозяйственным животным кормовые корнеклубнеплоды получают наружные и внутренние повреждения. Из наружных учитываются обдир кожуры, ссадины до 3 мм, вырывы мякоти до 5 мм, более 5 мм, трещины длиной до 20 мм, более 20 мм, разрезы и раздавливания корнеплодов и клубней [3, 8]. К внутренним повреждениям корнеплодов и клубней относят потемнение мякоти глубиной до 3 мм, от 3 до 5 мм, от 5 до 10 мм и более 10 мм. Внутренние повреждения кормовых корнеклубнеплодов определялись нами по прошествии 10 дней после их обработки на гофрощеточном очистителе.

Степень механических повреждений кормовых корнеклубнеплодов, обрабатываемых в рабочем объеме гофрощеточного очистителя, можно снизить рациональным обоснованием режимных, кинематических и отдельных геометрических параметров элементов рабочих органов очистителя, а также применением в разработанном устройстве рабочих элементов, непосредственно контактирующих с обрабатываемым материалом, с более высокими амортизирующими свойствами и имеющих защитные покрытия из новых материалов.

Длина тракта очистки (путь прохождения очищаемых кормовых корнеклубнеплодов) в рабочем объеме гофрощеточного очистителя условно поделена на стадии (рис. 1):

A – подача корнеплодов «бункер – заслонка»;

Б – начало тракта очистки «нижний барабан – заслонка – верхний барабан – отражатели»;

В – середина тракта очистки;

Г – конец тракта очистки;

Д – выгрузка продукта «выгрузной лоток – тара».

Стадии *A* и *Д* характеризуются большим перепадом по высоте между загрузочным бункером и нижележащими гофрощеточными барабанами и выгрузным лотком и тарой, приводящим к наружным повреждениям корнеклубнеплодов. Стадии *Б*, *В* и *Г* характеризуются многократным изменением направления движения кормовых корнеплодов, интенсивным динамическим воздействием со стороны опорных дисков с утолщениями и гофрощеточным ворсом криволинейной формы пильчатого профиля – это приводит к внутренним повреждениям корнеклубнеплодов (рис. 2).

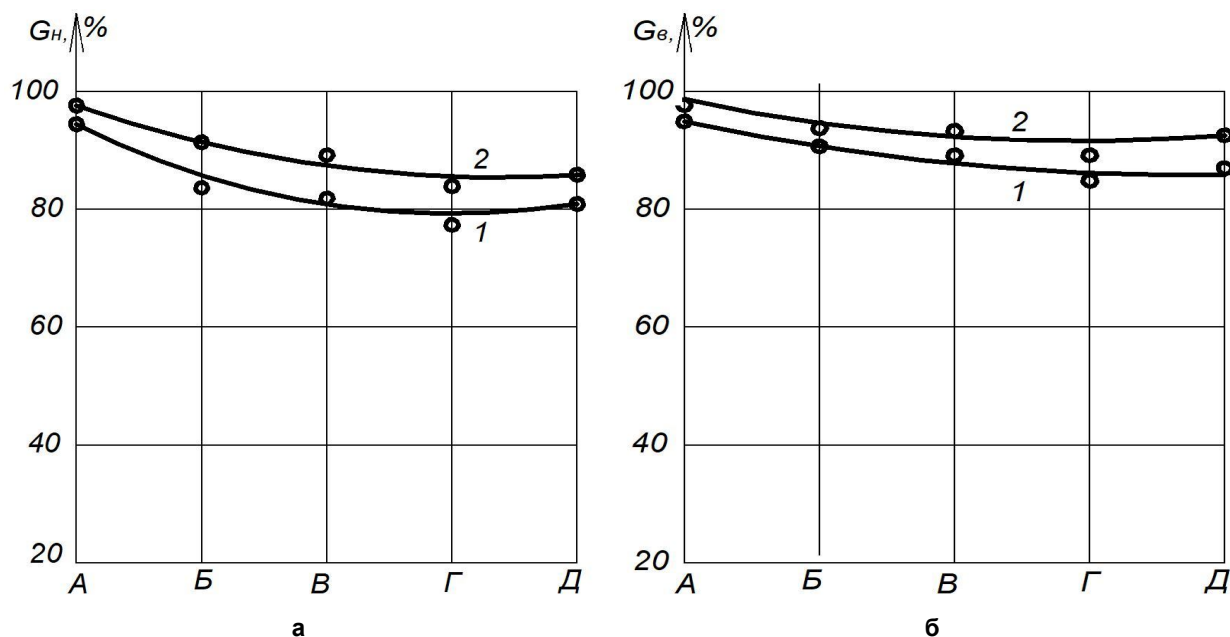


Рис. 2. Снижение веса корнеплодов кормовой и сахарной свеклы без наружных повреждений (а) и без внутренних повреждений (б): 1 – корнеплоды кормовой свеклы; 2 – корнеплоды сахарной свеклы

Анализ результатов проведенных экспериментов показал, что больших наружных повреждений (трещины длиной 20 мм и более, вырывы глубиной от 5 мм и более, разрезы и раздавливания корнеплодов) в процессе обработки корнеплодов в рабочем объеме гофрощеточного очистителя не наблюдалось.

Наружные повреждения в виде содранной кожуры с менее $\frac{1}{4}$ поверхности корнеплода, ссадины до 3–5 мм и обламывание хвостиков корнеплодов кормовой и сахарной свеклы имеют место в основном на стадиях А и Д тракта очистки (рис. 1). Стадии А и Д характеризуются большим перепадом по высоте между загрузочным бункером и нижележащими гофрощеточными барабанами и выгрузным лотком и тарой соответственно.

Больших внутренних повреждений (потемнение мякоти на глубину от 5 мм и более, повреждения в виде содранной кожуры с более чем $\frac{1}{4}$ поверхности корнеплода) практически не наблюдалось. Внутренние повреждения в виде потемнения мякоти на глубину до 5 мм корнеплоды кормовой и сахарной свеклы получают на стадиях Б, В и Г тракта очистки (рис. 1). Внутренние повреждения корнеплодов учитывались после хранения не менее 10 дней.

Выводы

1. Существующие щеточные устройства комбинированного типа для очистки и отделения кормовых корнеплодов от примесей не могут качественно обрабатывать корни без одновременного их травмирования из-за соударений или значительного трения их об элементы рабочих органов и перепадов по высоте, имеющих в их конструкции.

2. Предложенная конструкция гофрощеточного очистителя, обладая рядом преимуществ (обрезиненные рабочие поверхности, использование рабочих элементов с высокими демпфирующими свойствами), является более перспективной как по эффективности очистки, так и по отсутствию больших наружных и внутренних повреждений у корнеплодов в сравнении с существующими аналогичными устройствами.

3. Снижение веса корнеплодов кормовой и сахарной свеклы без наружных повреждений по окончании их обработки в рабочем объеме гофрощеточного очистителя составило соответственно 70 и 79% и без внутренних повреждений – 78 и 83%. Наиболее характерными из возникающих наружных повреждений являются повреждения в виде содранной кожуры с менее $\frac{1}{4}$ поверхности корнеплода, ссадины до 3–5 мм и обламывание хвостиков корнеплодов кормовой и сахарной свеклы, из возникающих внутренних – повреждения в виде потемнения мякоти на глубину до 5 мм.

4. Выявлены рациональные параметры и режимы работы очистителя, снижающие процент поврежденных корнеплодов, а именно: угловая скорость вращения гофрощеточных барабанов $\omega = 16,186 \text{ с}^{-1}$, их диаметр $D = 0,42168 \text{ м}$ и длина $L = 0,80019 \text{ м}$, высота эллиптических утолщений на опорных дисках $h = 0,01507 \text{ м}$.

6. Применение гофрощеточного очистителя снижает травмирование корнеплодов на 5–10% в сравнении с другими щеточными очистителями комбинированного типа благодаря использованию щеточного ворса, имеющего криволинейную форму и обладающего высокими демпфирующими свойствами.

Библиографический список

1. ГОСТ 28736-90. Корнеплоды кормовые. Технические условия (1990). Межгосударственный стандарт. – Москва : Стандартинформ, 1991. – 6 с.
2. Дикарев Ю.А. Сухая очистка корнеплодов / Ю.А. Дикарев, Б.В. Кононов, Ч.Е. Агданов // Степные просторы. – 1987. – № 12. – С. 36.
3. Жистин Е.А. Исследование механической повреждаемости клубней картофеля на маятниковом копре / Е.А. Жистин, К.С. Козюра // Всесоюзный НИИ механизации сельского хозяйства. Науч.-техн. бюллетень. – Москва : Изд-во ВНИИМСХ, 1984. – Вып. 57. – С. 20–22.
4. Зейрук В.Н. Как снизить потери картофеля при уборке и хранении / В.Н. Зейрук, К.А. Пшеченков // Картофель и овощи. – 2001. – № 4. – С. 6–11.
5. Карпов В.В. Анализ взаимодействия рабочих органов гофрощеточных барабанов очистителя кормовых корнеплодов с объектами очистки / В.В. Карпов, В.А. Гулевский // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2017. – № 2 (53) – С. 121–128.
6. Карпов В.В. Влияние загрязненности и влажности почвенных примесей на эффективность очистки кормовых корнеплодов / В.В. Карпов, В.А. Гулевский // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2017. – № 3 (54). – С. 82–87.
7. Колчин Н.Н. Сохранение качества картофеля и овощей при их послеуборочной обработке / Н.Н. Колчин // Научные основы хранения и переработки плодоовощной продукции и картофеля. – Москва : ВО «Агропромиздат», 1987. – С. 9–17.
8. Красниченко А.В. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин : в 2-х т. Т. 2 / А.В. Красниченко. – Москва : Государственное научно-техническое изд-во машиностроительной лит-ры, 1961. – 863 с.
9. Сыроватка В.И. Энергетические и геометрические параметры барабанно-щеточного очистителя корнеплодов / В.И. Сыроватка, А.В. Дервиш // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1972. – № 9. – С. 42–45.
10. Фурлетов В.М. Транспортно-щеточные отделители клубней картофеля от примесей / В.М. Фурлетов // Тракторы и сельхозмашины. – 1984. – № 1. – С. 19–21.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ
Принадлежность к организации

Владислав Викторович Карпов – старший преподаватель кафедры безопасности жизнедеятельности, охраны труда и гражданской защиты ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет имени Тараса Шевченко», ЛНР, г. Луганск, e-mail: vip_belyy@mail.ru.

Вячеслав Анатольевич Гулевский – доктор технических наук, профессор кафедры математики и физики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 253-18-68, e-mail: main@srd.vsau.ru.

Дата поступления в редакцию 23.07.2018

Дата принятия к печати 12.08.2018

AUTHOR CREDENTIALS
Affiliations

Vladislav V. Karpov – Senior Lecturer, the Dept. of Health & Safety, Labor Protection and Civil Defense, Luhansk Taras Shevchenko National University, Peoples' Republic of Lugansk, Lugansk, e-mail: vip_belyy@mail.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, tel. 8(473) 253-18-68, e-mail: main@srd.vsau.ru.

Received July 23, 2018

Accepted August 12, 2018

ЗАВИСИМОСТЬ СТЕПЕНИ ДРОБЛЕНИЯ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ ОТ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ОЧЕСЫВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

Владимир Юрьевич Савин

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана,
Калужский филиал

Одним из перспективных вариантов совершенствования процесса уборки зерновых культур является использование технологии очеса растений на корню, важнейшим преимуществом которой является увеличение доли зерна в уборном ворохе. На базе Калужского филиала МГТУ имени Н.Э. Баумана разработано и изготовлено очесывающее устройство прицепного типа с одним очесывающим барабаном, оснащенным гребенками, изготовленными из легированной стали. Ширина захвата устройства составляет 1,5 м. Использование компактного недорогого прицепного очесывающего устройства дает предпосылки для решения проблемы дефицита зерноуборочной техники, главным образом в небольших хозяйствах. Для оценки качественных параметров уборки пшеницы в Калужской области в 2017 г. были проведены экспериментальные исследования на уборке озимой пшеницы сорта Московская 39, в ходе которых скорость движения агрегата поддерживалась в пределах 1,0–1,5 м/с, очесывающий барабан устанавливался на высоте 0,22 м, частота вращения очесывающего барабана была 450, 700, 1100 мин⁻¹. Выявлено, что при частоте вращения барабана, равной 700 мин⁻¹, доля дробленого зерна составляет 0,75%. Уменьшение частоты вращения очесывающего барабана до 450 мин⁻¹ дает незначительное уменьшение этого показателя – до 0,7%. При увеличении частоты вращения барабана до 1100 мин⁻¹ доля дробленого зерна значительно увеличивается и составляет 2,56%. Исследования показали, что в диапазоне частот вращения 450–700 мин⁻¹ процент дробленого зерна практически не изменяется. Предложено при последующей доработке вороха выделять свободное зерно без обмолота, при этом основной объем зерна не будет подвергаться дополнительному травмированию.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: уборка зерновых, прицепное очесывающее устройство, очесывающий барабан, очесывающая гребенка, дробление зерна.

THE DEPENDENCE OF THE DEGREE OF DAMAGING OF WHEAT GRAIN ON THE ROTATIONAL VELOCITY OF ROTARY-COMB DRESSER

Vladimir Yu. Savin

Bauman Moscow State Technical University, Kaluga Branch

One of the promising options for improving the process of grain crops harvesting is the use of combing standing plants technology, the most important advantage of which is an increase in share of grain in trashed heap. Staff members of Kaluga Branch, Bauman Moscow State Technical University designed and manufactured a trailing combing device with one rotary-comb dresser equipped with combs made of alloy steel. Operating width of the device is 1.5 m. The use of a compact low-cost trailing combing device provides the prerequisites for solving the problem of shortage of grain harvesting equipment, mainly in small farms. To assess the qualitative parameters of wheat harvesting in Kaluga Oblast in 2017, experimental studies were conducted on harvesting Moskovskaya 39 winter wheat variety. During the experimental studies, the speed of movement of the unit was maintained within 1.0–1.5 m/s, the combing device was installed at a height of 0.22 m, the rotational velocity of the combing device was 450, 700, 1100 rpm. It was defined that when the rotational velocity of the comb dresser was equal to 700 rpm, the fraction of damaged grain was 0.75%. A decrease in rotational velocity of the combing device to 450 rpm resulted in a slight decrease in the parameter under study up to 0.7%. An increase in rotational velocity of the combing device up to 1100 rpm resulted in a sensible increase in the fraction of damaged grain: in this case it was equal to 2.56%. Studies have shown that in the range of rotation velocity of 450–700 rpm the parameter values of the damaged grain

fraction remained practically unchanged. It is offered at the subsequent completion of a heap to allocate free grain without threshing, thus the main volume of grain will not be exposed to additional damaging.

KEYWORDS: grain crops harvesting, trailing combing device, rotary-comb dresser, stripper fingers, crushing of grain.

Введение

Одним из перспективных вариантов развития процесса уборки зерновых культур является использование технологии очеса растений на корню. Реализация данной технологии может производиться по двум направлениям. В соответствии с первым направлением в традиционных зерноуборочных комбайнах обычная жатка заменяется на жатку очесывающего типа. Второе направление предусматривает создание компактного прицепного очесывающего устройства.

Важнейшим преимуществом технологии уборки зерновых культур методом очеса является увеличение доли зерна в убранном ворохе [2, 7]. Так, при традиционной уборке зерновых соотношение массы зерна и соломы в зерновой массе, поступающей в молотильный аппарат комбайна, составляет $1 : 1 - 1 : 1,5$. В результате испытаний экспериментального прицепного очесывающего устройства получено соотношение массы зерна и солоmistых частиц от $1 : 0,59$ до $1 : 0,81$ [7].

Использование компактного недорогого прицепного очесывающего устройства дает предпосылки для решения проблемы дефицита зерноуборочной техники, главным образом в небольших хозяйствах.

На базе Калужского филиала МГТУ имени Н.Э. Баумана разработано и изготовлено очесывающее устройство прицепного типа с одним очесывающим барабаном, который оснащен гребенками, изготовленными из легированной стали. Ширина захвата устройства составила 1,5 м (рис. 1).



Рис. 1. Экспериментальное прицепное очесывающее устройство

Для оценки качественных параметров уборки зерновых культур в 2017 г. в Калужской области были проведены экспериментальные исследования предложенного очесывающего устройства. Одной из основных задач испытаний явилось определение значений дробления зерна на разных режимах работы устройства, так как процент дробленого зерна является одним из важнейших качественных показателей уборки зерновых культур. Дробление семенного зерна не должно превышать 1%, продовольственного – 2% [5, 6, 10].

Исследования зерна на дробимость показывают, что разрушение начинается при скорости соударения зерна с рабочим органом 17,7–25 м/с [3, 8, 9]. При этом необходимо отметить, что прочность зерна зависит от формы, размеров, веса, влажности, стекловидности и других физико-механических свойств.

На основе обзора результатов исследований известных очесывающих устройств по уровню дробления зерна можно отметить следующее. Специалистами КубНИИТиМ проводились испытания зерноуборочного комбайна СК-5М «Нива» с очесывающим хедером SR-4200 фирмы «Shelbourne-Reynolds» [4]. На уборке озимой пшеницы сорта Спартанка при урожайности 6,63 т/га, высоте растений 70,4 см, полеглости до 10,1% дробление зерна составило 1,46%. В данном случае дробление зерна складывалось из дробления при очесе и дробления при воздействии рабочих органов комбайна [1].

Методика эксперимента

Для определения значений дробления зерна на различных режимах работы очесывающего устройства были проведены экспериментальные исследования на уборке озимой пшеницы сорта Московская 39. Высота растений пшеницы составила 0,91 м, полеглость достигала 11%, влажность зерна – 15,8%, урожайность – 2,4 т/га.

Для отбора проб очесанного вороха был изготовлен и установлен на выгрузной трубопровод очесывающего устройства специальный сборник вороха, исключающий просыпание и представляющий собой емкость из брезента.

На протяжении экспериментальных исследований скорость движения агрегата поддерживалась в пределах 1,0–1,5 м/с, очесывающий барабан устанавливался на высоте 0,22 м.

Для расчета степени дробления зерна при определенной частоте вращения очесывающего барабана брали 150–200 г зернового вороха, полученного в результате соответствующего опыта, и очищали зерно от солоmistых частиц и сорных примесей. Затем из полученной зерновой массы брали пробу в количестве 200–300 зерен, сортировали на целое и поврежденное зерно и рассчитывали процент дробления. Для большей достоверности пробы брали по три раза. Дробленые частицы переводили в целые зерна.

Пробы зерна отбирали при различной частоте вращения очесывающего барабана экспериментального устройства: 450, 700 и 1100 мин⁻¹.

Результаты и их обсуждение

С учетом указанных выше факторов в результате экспериментального исследования получена зависимость дробления зерна от частоты вращения очесывающего барабана (рис. 2).

На рисунке представлена полученная графическая зависимость дробления пшеницы от частоты вращения барабана. Из графика видно, что частоте вращения барабана $n = 700$ мин⁻¹ соответствует дробление зерна 0,75%. Увеличение частоты вращения барабана дает значительное увеличение дробления зерна. С уменьшением частоты вращения очесывающего барабана до 450 мин⁻¹ отмечается незначительное уменьшение дробления – до 0,7%.

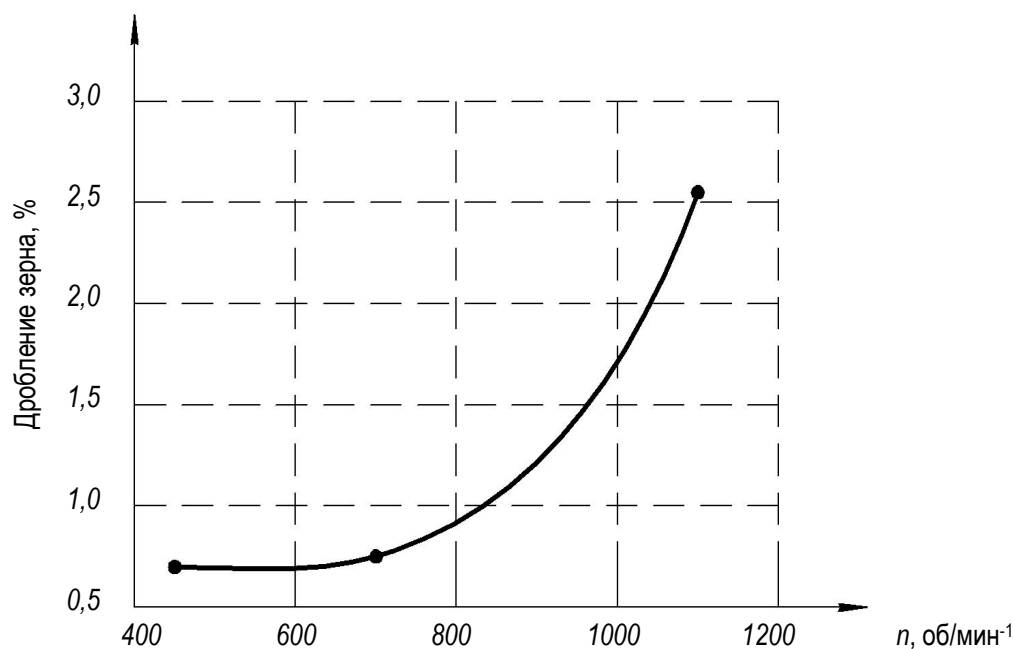


Рис. 2. Зависимость дробления зерна от частоты вращения очесывающего барабана

Анализируя полученную графическую зависимость (рис. 2), можно сделать следующие выводы:

- до частоты вращения 700 мин^{-1} доля дробленого зерна практически не изменяется и составляет 0,7–0,75%;
- в диапазоне частот вращения очесывающего барабана $700\text{--}1100 \text{ мин}^{-1}$ происходит резкое увеличение процента дробления очесанного зерна.

При этом по результатам исследований возникает следующий вопрос: происходит ли плавное повышение процента дробленого зерна или существует четкое граничное значение частоты вращения очесывающего барабана, при котором резко повышается дробление? Для ответа на возникающий вопрос необходимо в последующих исследованиях получить значения доли дробленого зерна именно в промежутке частот вращения очесывающего барабана $700\text{--}1100 \text{ мин}^{-1}$.

В целом результаты эксперимента согласуются с представленными выше результатами исследования зерна на дробимость. Скорость соударения зерна с гребенкой V равна $V = 2\pi nR$, где R – радиус очесывающего барабана по центру зоны очеса на гребенках, м.

При частоте вращения очесывающего барабана $n = 700 \text{ мин}^{-1}$ и радиусе очесывающего барабана по центру зоны очеса на гребенках $R = 0,26 \text{ м}$ скорость составляет $V = 18,9 \text{ м/с}$.

Следует отметить, что полученная зерносоломистая масса требует дальнейшего дообмолота и очистки. При этом высокий процент содержания свободного зерна в очесанной хлебной массе [7] дает предпосылки для варианта выделения свободного зерна в стационарных условиях без обмолота. При этом основной объем зерна не будет подвергаться дополнительному травмированию, что неизбежно при обмолоте.

Выводы

На основании экспериментальных исследований очесывающего устройства для уборки зерновых культур получена зависимость дробления зерна от частоты вращения очесывающего барабана.

В диапазоне частот вращения $450\text{--}700 \text{ мин}^{-1}$ доля дробления зерна практически не изменяется и составляет 0,7–0,75%.

В диапазоне частот вращения очесывающего барабана 700–1100 мин⁻¹ происходит резкое увеличение доли дробленого очесанного зерна.

Для определения граничной частоты, при которой дробление резко возрастает, предложено произвести серию экспериментов в диапазоне частот вращения очесывающего барабана 700–1100 мин⁻¹.

Библиографический список

1. Ахматов А.А. Травмирование зерна шнековыми питающими устройствами / А.А. Ахматов, В.И. Орбинский, В.Н. Солнцев // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2015. – № 4 (47). – С. 98–101.
2. Жалнин Э.В. Уборка с очесом на корню: за и против / Э.В. Жалнин // Сельский механизатор. – 2013. – № 8. – С. 10–12.
3. Кленин Н.И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины: элементы теории рабочих процессов, расчет регулировочных параметров и режимов работы / Н.И. Кленин, В.А. Сакун. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Колос, 1980. – 671 с.
4. Ковлягин Ф.В. Уборка зерновых культур методом очеса / Ф.В. Ковлягин, Г.Г. Маслов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1991. – № 8. – С. 5–6.
5. Механизация и электрификация сельскохозяйственного производства ; под ред. А.П. Тарасенко. – Москва : КолосС, 2006. – 552 с.
6. Механизация растениеводства ; под ред. В.Н. Солнцева. – Москва : ИНФРА-М, 2018. – 383 с.
7. Савин В.Ю. Определение состава очесанного вороха при уборке пшеницы с использованием прицепного очесывающего устройства / В.Ю. Савин // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2016. – № 4 (51). – С. 96–99.
8. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины ; под ред. Г.Е. Листопада. – Москва : Агропромиздат, 1986. – 688 с.
9. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин : учебник для вузов сельскохозяйственного машиностроения ; под ред. Е.С. Босого. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1978. – 568 с.
10. Уборка урожая комбайнами «Дон» / М.К. Комарова (сост.). – Москва : Росагропромиздат, 1989. – 220 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ**Принадлежность к организации**

Владимир Юрьевич Савин – кандидат технических наук, доцент кафедры гидромашин и гидропневмоавтоматики ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана», Калужский филиал, Российская Федерация, г. Калуга, тел. 8(4842) 77-45-02, e-mail: savin.study@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию 16.08.2018

Дата принятия к печати 11.09.2018

AUTHOR CREDENTIALS**Affiliations**

Vladimir Yu. Savin – Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Hydraulic Machines and Pneumatic Automation, Bauman Moscow State Technical University, Kaluga Branch, Russian Federation, Kaluga, tel. 8(4842) 77-45-02, e-mail: savin.study@yandex.ru.

Received August 16, 2018

Accepted September 11, 2018

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Евгений Александрович Андрианов
Алексей Александрович Андрианов
Федор Александрович Тимошенко
Андрей Сергеевич Хромко

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Наиболее актуально вопрос сбережения электроэнергии стоит перед сельскохозяйственными предприятиями, где работы зачастую ведутся круглосуточно. Одним из ресурсосберегающих направлений повышения эффективности использования прожекторного освещения сельскохозяйственных производственных объектов является оптимизация их конструктивно-технологических параметров. В задачи исследований входило определение координат расположения, углов поворота и наклона прожекторов, а также расстояния от мачт до освещаемой площадки. Для выбора оптимальных конструктивно-технологических параметров прожекторной установки авторами предложен метод планирования эксперимента с использованием специальной компьютерной программы DIALux 4.9. Приведены расчетные схемы для обоснования параметров прожекторной установки. Для получения эмпирических моделей использовали ортогональный центрально-композиционный план (ОЦКП) второго порядка. В качестве критериев оптимизации выбраны коэффициент неравномерности освещения и средняя освещенность площадки. С целью получения уравнений регрессии, которые адекватно аппроксимируют расчетные значения, использовали программы «Statistica» и «Excel». Приведен пример расчета прожекторного освещения двора ремонтной мастерской с обоснованием его конструктивно-технологических параметров. В результате обработки расчетных данных получены уравнения регрессии, позволяющие определить координаты расположения, углы поворота и наклона прожекторов, а также расстояние от мачт до освещаемой площадки. Уравнения регрессии адекватно описывают расчетные данные с относительной погрешностью не более 2,5%. В результате анализа полученных графических зависимостей установлены конструктивно-технологические параметры прожекторной установки: координаты расположения 1-й и 2-й мачты; расстояние от мачт прожекторов до освещаемой площадки; угол наклона прожекторов; углы поворота 1-го и 2-го прожекторов; мощность прожекторной установки.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сельскохозяйственные объекты, конструктивно-технологические параметры, координата расположения, угол поворота, угол наклона, ортогональный центрально-композиционный план.

IMPROVEMENTS IN EFFECTIVENESS OF AN EXTERIOR LIGHTING OF AGRICULTURAL PRODUCTION FACILITIES

Evgeniy A. Andrianov
Aleksey A. Andrianov
Fyodor A. Timoshenko
Andrey S. Khromko

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

Many agricultural enterprises with continuous operation throughout the day face a task of energy conservation. One of the possible ways of energy saving practices and efficiency enhancement of floodlighting of agricultural production facilities is optimization of design and process parameters of equipment components being in use. The authors undertook a study with the purpose of determining the coordinates of the location, the angles of rotation and the inclination of the projectors, as well as the distance from the towers to the illuminated object, proposed experiment planning procedure using special computer program DIALux 4.9, and also discussed the examples of calculation model of floodlighting device. In order to obtain empirical models, second-order orthogonal central composite design was used. Illumination irregularity ratio and average illumination of the area were selected as optimization criteria. In order to obtain regression equations that adequately approximate the calculated values, a set of software packages and add-ons Statistica, as well as an operating system Excel were used. The example of calculation of flood lighting of the yard of the repair shop with design and process parameters validation was

given. As a result of processing the calculation data the regression equations were obtained. These equations made it possible to determine the coordinates of the location, the angles of rotation, the inclination of the projectors, as well as the distance from the towers to the illuminated object. The regression equations adequately govern the estimated data with an accuracy of no more than 2.5%. Design and process parameters of floodlight unit were defined as follows from the analysis of the obtained characteristic curves: i.e. coordinates of location of the 1st and the 2nd towers; the distance from floodlight towers to the illuminated area; the angles of inclination of the projectors; the angle of rotation of the 1st and the 2nd floodlights; power of floodlight unit.

KEYWORDS: agricultural production facilities, design and process parameters, coordinate of location, angle of rotation, angle of inclination, orthogonal central composite design.

Введение

Наружное освещение предназначено для создания необходимых условий различения объектов перед входами в здания, на дорогах и охраняемых площадках. Установки прожекторного освещения, которые используются для наружного освещения, требуют значительного расхода электроэнергии на их эксплуатацию. Наиболее актуально вопрос ресурсосбережения стоит перед сельскохозяйственными предприятиями, где работы зачастую ведутся круглосуточно. Одним из ресурсосберегающих направлений повышения эффективности использования прожекторного освещения сельскохозяйственных производственных объектов является оптимизация их конструктивно-технологических параметров [1, 4, 5, 8, 9, 11].

Цель проведенных исследований заключалась в повышении эффективности использования прожекторных установок на основе оптимизации их конструктивно-технологических параметров.

Методика исследований

Объектом исследования является наружное освещение территории двора ремонтной мастерской сельскохозяйственного предприятия.

Предмет исследования – закономерности изменения показателей наружного освещения территории двора ремонтной мастерской сельскохозяйственного предприятия в зависимости от его конструктивно-режимных параметров.

Требуется определить положения мачт прожекторов территории двора ремонтной мастерской сельскохозяйственного предприятия, при которых коэффициент неравномерности освещения будет минимальным, а средняя освещенность максимальной.

Для решения задачи, при которой достигаются оптимальные координаты расположения прожекторов, предлагается установка мачт прожекторов согласно схеме (рис. 1).

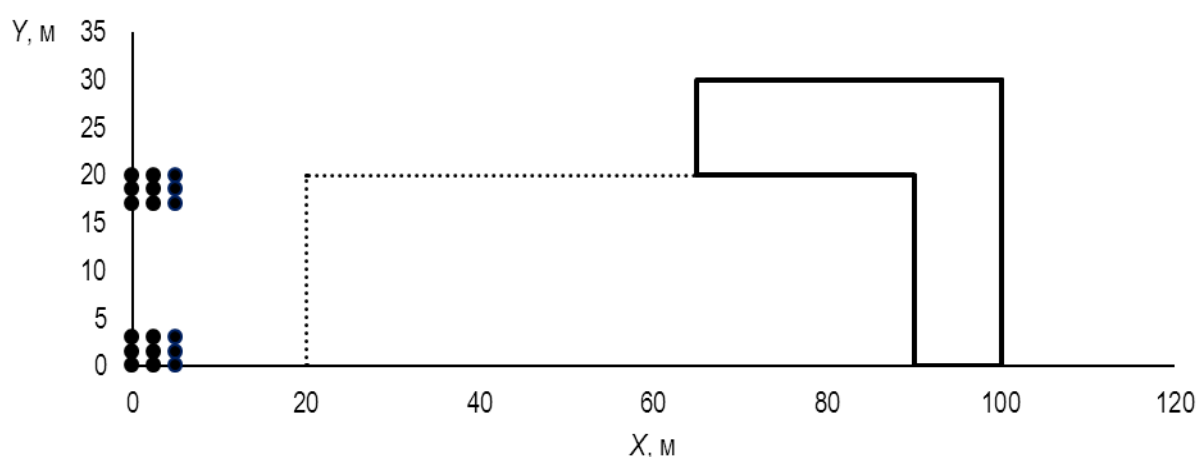


Рис. 1. Схема установки мачт прожекторов

Так как оптимальное расположение мачт прожекторов при заданных условиях определяется двумя факторами (y_1 и y_2 – координатами их расположения), в качестве ядра ортогонального центрально-композиционного плана (ОЦКП) второго порядка принимаем план ПФЭ 2^2 . Проведем кодирование координат расположения мачт (табл. 1).

Границами области исследования будут нижний и верхний уровни изменения соответствующих факторов [6, 7].

Таблица 1. Уровни варьирования для двух факторов

Наименование фактора	Кодированное обозначение	Интервал варьирования	Уровни варьирования		
			-1	0	+1
Y_1 – координата расположения 1-й мачты, м	y_1	2	0	2	4
Y_2 – координата расположения 2-й мачты, м	y_2	2	16	18	20

Далее необходима оптимизация расстояния от мачт прожекторов до освещаемой площадки, то есть требуется определить расстояния от мачт до освещаемой площадки, при которых коэффициент неравномерности освещения будет минимальным. Границами области исследования будут нижний и верхний уровни изменения соответствующего фактора. Результаты кодирования представлены в таблице 2.

Таблица 2. Уровни варьирования для фактора

Наименование фактора	Кодированное обозначение	Интервал варьирования	Уровни варьирования		
			-1	0	+1
s – расстояние от мачт до освещаемой площадки, м	x	4	11	15	19

После того как установлены координаты расположения мачт прожекторов и их расстояние от освещаемой площадки, необходима оптимизация углов поворота прожекторов, то есть требуется определить углы поворота прожекторов, при которых коэффициент неравномерности освещения будет минимальным. Схема установки прожекторов показана на рисунке 2.

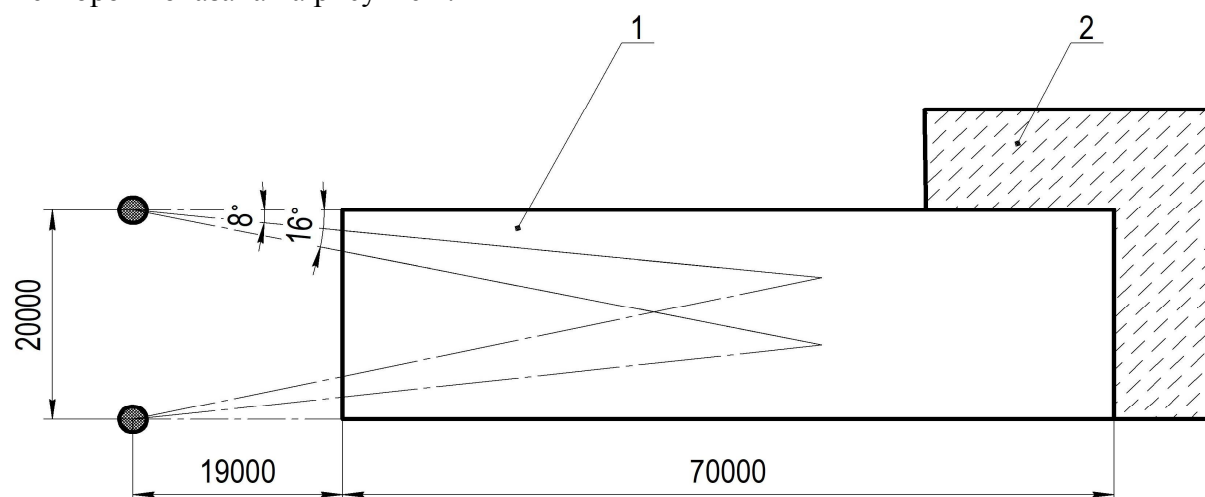


Рис. 2. Схема установки углов поворота прожекторов:
1 – освещаемая площадка; 2 – здание

Так как оптимальное положение прожекторов при заданных условиях определяется двумя факторами (x_1 и x_2 – углом их поворота от центрального положения), в качестве ядра ОЦКП второго порядка принимаем план ПФЭ 2^2 . Границами области исследова-

дования будут нижний и верхний уровни изменения соответствующего фактора, результаты кодирования которых представлены в таблице 3 [6, 7].

Таблица 3. Уровни варьирования для двух факторов

Наименование фактора	Кодированное обозначение	Интервал варьирования	Уровни варьирования		
			-1	0	+1
φ_1 – угол поворота 1-го прожектора, град	x_1	8	0	8	16
φ_2 – угол поворота 2-го прожектора, град	x_2	8	0	8	16

Далее, установив величины углов поворота прожекторов, проводим оптимизацию угла наклона прожектора относительно поверхности освещаемой площадки, при котором коэффициент неравномерности освещения будет минимальным, а средняя освещенность – максимальной. Схема установки прожекторов показана на рисунке 3. Границами области исследования будут нижний и верхний уровни изменения соответствующего фактора, результаты кодирования которых представлены в таблице 4.

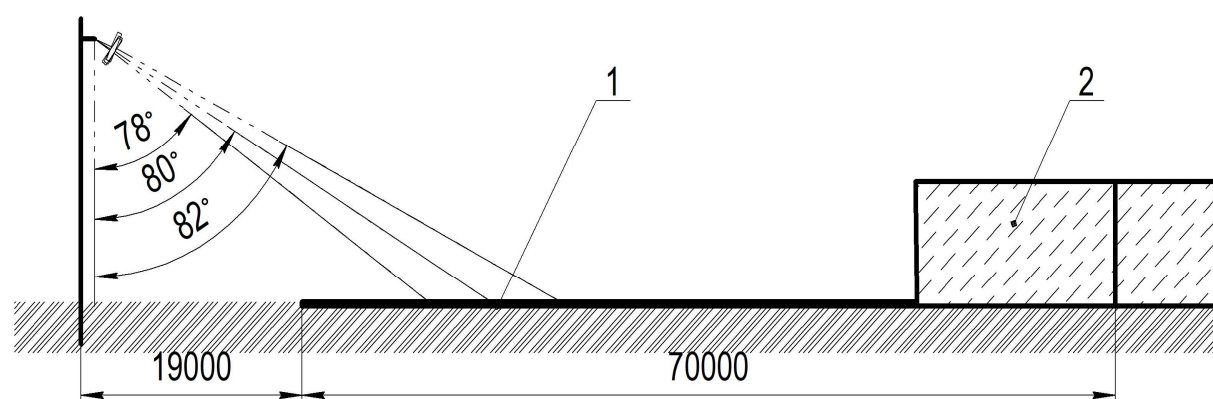


Рис. 3. Схема установки угла наклона прожектора:
1 – освещаемая площадка, 2 – здание

Таблица 4. Уровни варьирования для фактора

Наименование фактора	Кодированное обозначение	Интервал варьирования	Уровни варьирования		
			-1	0	+1
α – угол наклона прожектора, град	x	2	78	80	82

Метод планирования эксперимента позволяет определить конструктивно-технологические параметры проектируемого технического средства. Для получения уравнений регрессии по определению коэффициента неравномерности освещения и средней освещенности использовали ортогональный центрально-композиционный план (ОЦКП) [7]. При проведении расчетов коэффициента неравномерности освещения и средней освещенности площадки использовали специальную программу DIALux 4.9, при этом мощность одного прожектора устанавливали равной 1 кВт [12].

Результаты и их обсуждение

Матрица планирования и результаты расчетов коэффициента неравномерности освещения для выбора координат мачт прожекторов представлены в таблице 5.

Таблица 5. Рабочая матрица планирования и результаты расчетов

№	Факторы эксперимента		Критерий оптимизации
	Y_1 – координата расположения 1-й мачты, м	Y_2 – координата расположения 2-й мачты, м	K – коэффициент неравномерности
1	4	20	5,91716
2	4	16	6,17284
3	0	20	5,376344
4	0	16	5,649718
5	2	18	5,813953
6	4	18	6,060606
7	0	18	5,524862
8	2	20	5,649718
9	2	16	5,91716

Для аппроксимации расчетных значений использовали программу «Statistica 12» с целью получения уравнения регрессии [10].

После раскодирования уравнение регрессии приобретает вид

$$K = 5,12981 + 0,12429 Y_1 + 0,11307 Y_2 + 0,00110 Y_1 Y_2 - 0,0027 Y_1^2 - 0,00504 Y_2^2, \quad (1)$$

где K – коэффициент неравномерности освещения;

Y_1 – координата расположения 1-й мачты, м;

Y_2 – координата расположения 2-й мачты, м [10].

Уравнения регрессии адекватно описывают расчетные данные с абсолютной погрешностью $\delta = 0,006$ м (или с относительной погрешностью $\Delta = 0,106\%$).

Графическая зависимость коэффициента неравномерности освещения от координат мачт прожекторов представлена на рисунке 4.

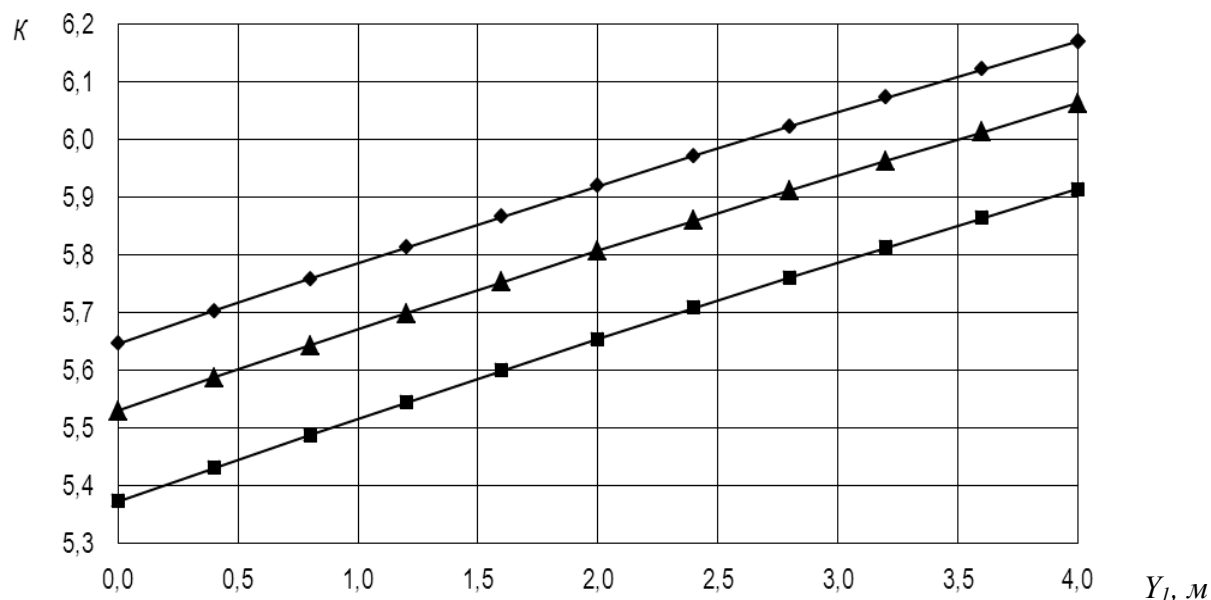


Рис. 4. Графическая зависимость коэффициента неравномерности освещения от координат мачт прожекторов: —◆— $Y_2 = 16$ м; —▲— $Y_2 = 18$ м; —■— $Y_2 = 20$ м

В результате анализа графической зависимости установлены координаты расположения мачт:

- координата расположения 1-й мачты $Y_1 = 0$ м;
- координата расположения 2-й мачты $Y_2 = 20$ м.

Матрица планирования и результаты расчетов коэффициента неравномерности освещения и средней освещенности площадки для выбора необходимого расстояния от мачт прожекторов до освещаемой площадки представлены в таблице 6.

Таблица 6. Рабочая матрица планирования и результаты расчетов

№	Фактор эксперимента	Критерий оптимизации	
	x – координата расположения, м	K – коэффициент неравномерности	E_{cp} – средняя освещенность
1	11	5,747126	12
2	15	5,376344	10
3	19	5,025126	8,5

Для аппроксимации расчетных значений использовали программу «Excel» с целью получения уравнения регрессии [2, 3].

После раскодирования уравнение регрессии для получения коэффициента неравномерности освещения приобретает вид

$$K = -0,0903 s + 6,7366, \quad (2)$$

где K – коэффициент неравномерности освещения;

s – расстояние от мачт прожекторов до освещаемой площадки, м.

После раскодирования уравнение регрессии для получения средней освещенности приобретает вид

$$E_{cp} = 0,0156 s^2 - 0,9063 s + 20,078, \quad (3)$$

где E_{cp} – средняя освещенность, лк.

Графики зависимостей по данным уравнениям регрессии представлены на рисунке 5.

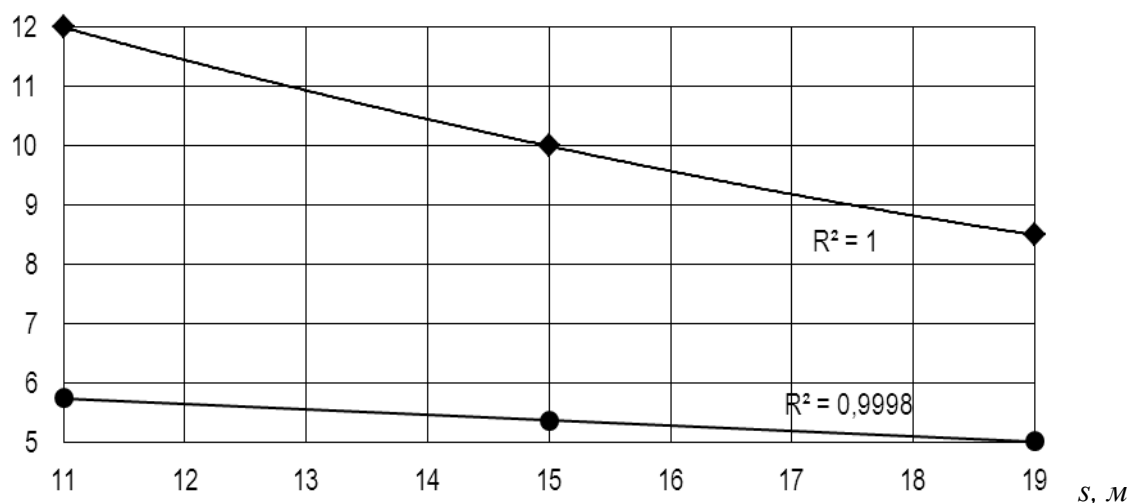


Рис. 5. Графическая зависимость коэффициента неравномерности освещения и средней освещенности от расстояния от мачт прожекторов до освещаемой площадки: $\bullet$ – коэффициент неравномерности освещения, K ; $\blacklozenge$ – средняя освещенность, E_{cp} , лк

В результате анализа данных рисунка 5 установлено расстояние от мачт прожекторов до освещаемой площадки $s = 19$ м.

Матрица планирования и результаты расчетов коэффициента неравномерности освещения и средней освещенности площадки для выбора угла поворота прожекторов представлены в таблице 7.

Таблица 7. Рабочая матрица планирования и результаты расчетов

№	Факторы эксперимента		Критерий оптимизации	
	φ_1 – угол поворота 1-го прожектора, град	φ_2 – угол поворота 2-го прожектора, град	K – коэффициент неравномерности освещения	E_{cp} – средняя освещенность
1	16	16	5,71	9,27
2	16	0	5,59	8,78
3	0	16	5,59	8,77
4	0	0	5,03	8,31
5	8	8	5,26	9,14
6	16	8	5,75	9,22
7	0	8	5,21	8,74
8	8	16	5,41	9,19
9	8	0	5,35	8,72

Для аппроксимации расчетных значений использовали программу «Statistica 12» с целью получения уравнения регрессии [10].

После раскодирования уравнение регрессии для получения коэффициента неравномерности освещения приобретает вид

$$K = 5,0519 + 0,00451 \varphi_1 + 0,01980 \varphi_2 - 0,00169 \varphi_1 \varphi_2 + 0,002163 \varphi_1^2 + 0,00058 \varphi_2^2, \quad (4)$$

где K – коэффициент неравномерности освещения;

φ_1 – угол поворота 1-го прожектора, град;

φ_2 – угол поворота 2-го прожектора, град.

Уравнение регрессии адекватно описывает расчетные данные с абсолютной погрешностью $\delta = 0,12$ град (или с относительной погрешностью $\Delta = 2,31\%$).

После раскодирования уравнение регрессии для определения средней освещенности приобретает вид

$$E_{cp} = 8,3133 + 0,07168 \varphi_1 + 0,0773130 \varphi_2 + 0,000117 \varphi_1 \varphi_2 - 0,0026 \varphi_1^2 - 0,0030 \varphi_2^2, \quad (5)$$

где E_{cp} – средняя освещенность, лк.

Графики зависимостей по данным уравнениям регрессии представлены на рисунках 6 и 7.

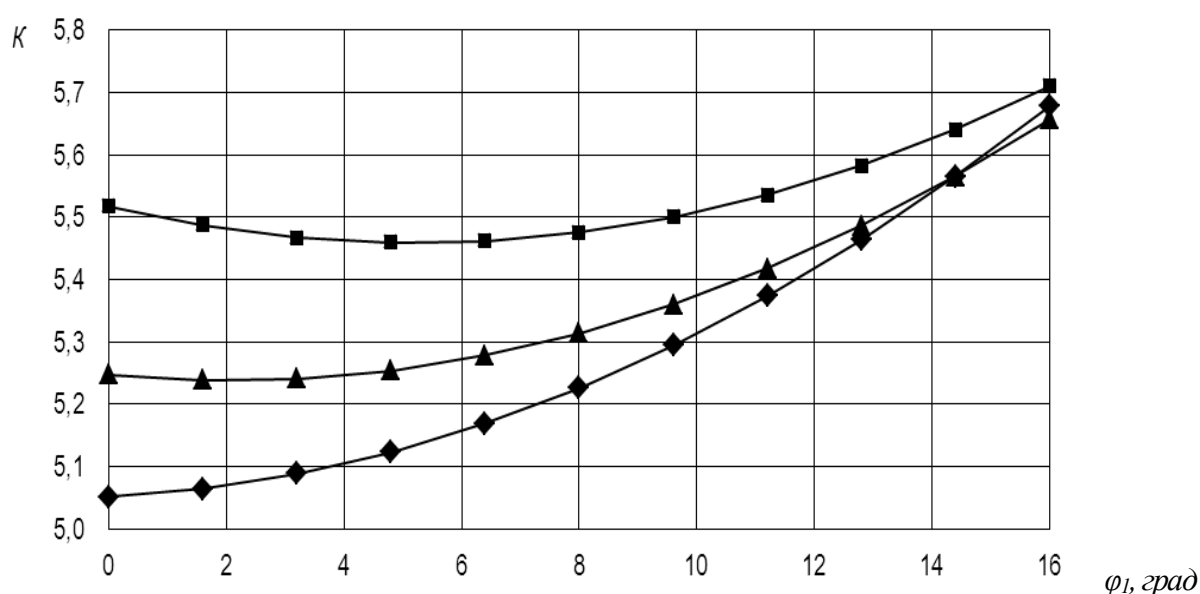


Рис. 6. Графическая зависимость коэффициента неравномерности освещения от угла поворота прожекторов: —◆— $\varphi_2 = 0$ град; —▲— $\varphi_2 = 8$ град; —■— $\varphi_2 = 16$ град

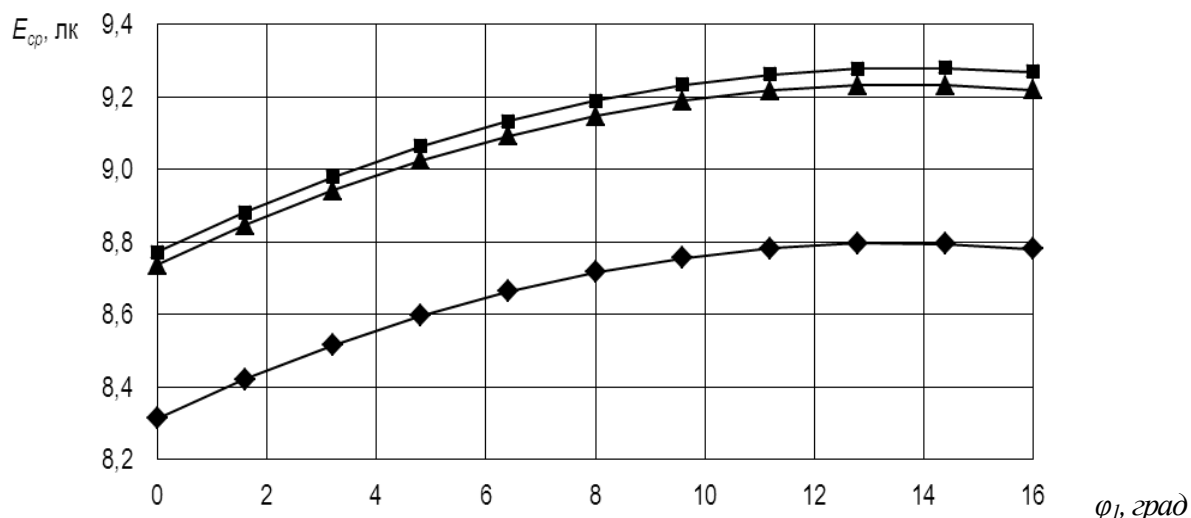


Рис. 7. Графическая зависимость средней освещенности площадки от угла поворота прожекторов:
 —♦— $\varphi_2 = 0$ град; —▲— $\varphi_2 = 8$ град; —■— $\varphi_2 = 16$ град

В результате анализа данных, представленных на рисунках 6 и 7, установлены углы поворота прожекторов:

- угол поворота 1-го прожектора $\varphi_1 = 14$ град;
- угол поворота 2-го прожектора $\varphi_2 = 13$ град.

Матрица планирования и результаты расчетов коэффициента неравномерности освещения и средней освещенности площадки для выбора угла наклона прожекторов представлены в таблице 8.

Таблица 8. Рабочая матрица планирования и результаты опытов

№	Фактор эксперимента	Критерий оптимизации	
	α – угол наклона прожектора, град	K – коэффициент неравномерности	$E_{ср}$ – средняя освещенность
1	78	6,329114	9,96
2	80	5,555556	9,29
3	82	4,901961	8,54

Для аппроксимации расчетных значений использовали программу «Excel» с целью получения уравнения регрессии [2, 3].

После раскодирования уравнение регрессии для коэффициента неравномерности освещения приобретает вид

$$K = 0,015 \alpha^2 - 2,7561 \alpha + 130,07, \quad (6)$$

где K – коэффициент неравномерности освещения;

α – угол наклона прожектора, град.

После раскодирования уравнение регрессии для средней освещенности приобретает вид

$$E_{ср} = -0,01 \alpha^2 + 1,245 \alpha - 26,31, \quad (7)$$

где $E_{ср}$ – средняя освещенность, лк.

Графики зависимостей коэффициента неравномерности освещения и средней освещенности площадки от угла наклона прожекторов представлены на рисунке 8.

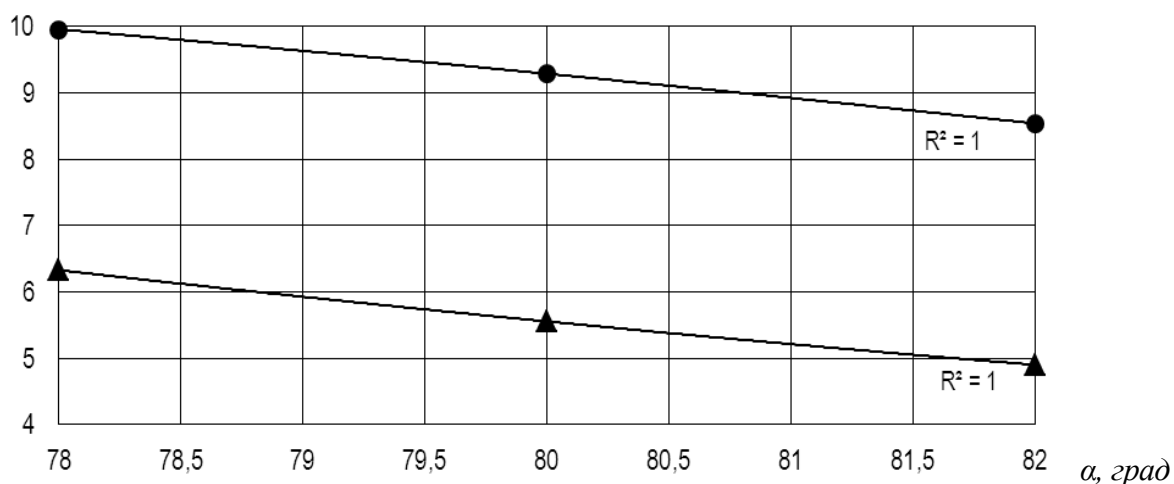


Рис. 8. Графическая зависимость коэффициента неравномерности освещения и средней освещенности площадки от угла наклона прожекторов:
 —●— — коэффициент неравномерности освещения, K ;
 —▲— — средняя освещенность, E_{cp} , лк

В результате анализа данных рисунка 8 установлен угол наклона прожекторов $\alpha = 82$ град.

Выводы

Рассчитаны конструктивно-технологические параметры прожекторной установки, обеспечивающие равномерное освещение двора ремонтной мастерской при минимальном энергопотреблении:

- координата расположения 1-й мачты $y_1 = 0$ м;
- координата расположения 2-й мачты $y_2 = 20$ м;
- расстояние от мачт прожекторов до освещаемой площадки $s = 19$ м;
- угол наклона прожекторов $\alpha = 82$ град;
- угол поворота 1-го прожектора $\varphi_1 = 14$ град;
- угол поворота 2-го прожектора $\varphi_2 = 13$ град;
- мощность прожекторной установки $P = 2$ кВт.

Библиографический список

1. Безопасность жизнедеятельности : учеб. пособие / Е.А. Андрианов, А.В. Полуэктов, А.А. Андрианов, Е.А. Галкин ; под общ. ред. Е.А. Андрианова. – Воронеж : ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2013. – 356 с.
2. Вадзинский Р. Статистические вычисления в среде Excel. Библиотека пользователя / Р. Вадзинский. – Санкт-Петербург : Питер, 2008. – 608 с.

3. Вуколов Э.А. Основы статистического анализа. Практикум по статистическим методам и исследованию операций с использованием пакетов STATISTICA и EXCEL : учеб. пособие / Э.А. Вуколов. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : ФОРУМ, 2008. – 464 с.
4. Высшая математика. Краткий курс : учеб. пособие / В.П. Шацкий, П.В. Москалев, В.П. Богатова, И.В. Гриднева ; под ред. проф. Шацкого В.П. – Воронеж : ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2009. – 240 с.
5. Дипломное проектирование по безопасности жизнедеятельности : учеб. пособие / А.А. Андрианов, Е.А. Андрианов, В.И. Писарев, Е.А. Галкин. – Воронеж : Истоки, 2004. – 218 с.
6. Мельников С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Роцин. – Ленинград : Колос, 1980. – 168 с.
7. Петков А.А. Ортогональное центральное композиционное планирование в технике и электрофизике высоких напряжений: учеб.-метод. пособие / А.А. Петков. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2007. – 61 с.
8. Современные проблемы науки и производства в агроинженерии : учебник ; под ред. А.И. Завражнова. – Санкт-Петербург : Лань, 2013. – 496 с.
9. Франс Дж. Математические модели в сельском хозяйстве / Дж. Франс, Дж.Х.М. Торнли ; пер. с англ. А.С. Каменского ; под ред. Ф.И. Ерешко ; предисл. Ф.И. Ерешко и А.С. Каменского. – Москва : Агропромиздат, 1987. – 400 с.
10. Халафян А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных : учебник / А.А. Халафян. – 3-е изд. – Москва : ООО «Бином-Пресс», 2007. – 512 с.
11. Электробезопасность : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению 110800 «Агроинженерия» / В.И. Писарев, А.А. Андрианов, Е.А. Андрианов, Н.А. Попов. – Воронеж : ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2013. – 190 с.
12. Яковлев А.Н. Расчет освещения и проектирование осветительных установок для внутреннего освещения зданий с использованием программного комплекса DIALux : методические указания для выполнения курсовых работ по дисциплине «Проектирование осветительных установок» / А.Н. Яковлев, Т.В. Гречкина. – Томск : Изд-во ТПУ, 2007. – 14 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Евгений Александрович Андрианов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры технологического оборудования, процессов перерабатывающих производств, механизации сельского хозяйства и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, e-mail: evgeniy377@gmail.com.

Алексей Александрович Андрианов – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологического оборудования, процессов перерабатывающих производств, механизации сельского хозяйства и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», г. Воронеж, Российская Федерация, e-mail: alexey739@gmail.com.

Федор Александрович Тимошенко – магистрант кафедры технологического оборудования, процессов перерабатывающих производств, механизации сельского хозяйства и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», г. Воронеж, Российская Федерация, e-mail: tf-a11@yandex.ru.

Андрей Сергеевич Хромко – магистрант кафедры технологического оборудования, процессов перерабатывающих производств, механизации сельского хозяйства и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», г. Воронеж, Российская Федерация, e-mail: bgd@agroeng.vsau.ru.

Дата поступления в редакцию 02.09.2018

Дата принятия к печати 18.09.2018

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Evgeniy A. Andrianov – Doctor of Agricultural 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, Russian Federation, Voronezh, e-mail: evgeniy377@gmail.com.

Aleksey A. Andrianov – Candidate of Agricultural 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, Russian Federation, Voronezh, e-mail: alexey739@gmail.com.

Fyodor A. Timoshenko – Master's Degree Student, the Dept. of Technological Equipment, Processing Plants' Processes, Agricultural Engineering, Health and Safety, e-mail: tf-a11@yandex.ru.

Andrey S. Khromko – Master's Degree Student, the Dept. of Technological Equipment, Processing Plants' Processes, Agricultural Engineering, Health and Safety, e-mail: bgd@agroeng.vsau.ru.

Received September 02, 2018

Accepted September 18, 2018

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ И ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

**Владимир Владимирович Картавец
Дмитрий Николаевич Афоничев
Юрий Михайлович Помогаев**

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Из-за большой размерности задачи оптимизации структуры электрической сети и сложности связей между переменными применяются алгоритмы пошагового решения, выполняющие целенаправленный перебор вариантов. Ряд методов обеспечивает поиск глобального оптимума, но для достижения приемлемого времени решения необходимо существенно упростить функцию затрат линии электропередачи в зависимости от ее параметров. При использовании более строгих связей может быть определен лишь локальный оптимум, но существуют возможности за счет ослабления жесткости алгоритма значительно снизить трудоемкость решения задачи определения оптимальной структуры сети, сохранив при этом (в неявном виде) связь целевой функции с основными параметрами линии: напряжением и сечением проводов. Предварительно оптимальный вариант с заданными параметрами может быть определен путем сравнения между собой нижних границ для соседних подмножеств. При этом деление на подмножества осуществляется последовательно по признаку числа цепей, номинального напряжения, стандартного сечения проводов. После этого отброшенные подмножества должны быть проверены на возможность улучшения предварительно оптимального варианта с целевой функцией. Получено выражение, которое может быть использовано для оценки вариантов структуры сети. Изложена методика оптимизации структуры сети, реализованная в виде ряда программ на вычислительном комплексе и позволяющая учитывать ограничения по надежности в виде правил построения структуры сети. Предусмотрена также возможность решения задачи при наличии небольшого числа замкнутых контуров (до четырех). При этом выполняется расчет балансовых перетоков мощности в соответствии с реактивными сопротивлениями ветвей и выбираются оптимальные параметры проектируемых ветвей с помощью итеративного процесса. Использование такого комплекса для анализа небольших участков сети совместно с моделями более полной системы позволит повысить эффективность проектных решений за счет расширения круга рассматриваемых вариантов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: электропередача, электрическая сеть, узел, мощность, затраты, структура.

OPTIMIZATION OF STRUCTURE AND PARAMETERS OF ELECTRIC POWER SUPPLY NETWORKS

**Vladimir V. Kartavtsev
Dmitriy N. Afonichev
Yuriy M. Pomogaev**

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

Due to high dimension of the problem of optimizing the structure of the electrical network and the complexity of the links between variables, step-by-step algorithms are used for performing targeted search of options. A number of methods provide global optimum searching, but to achieve a reasonable amount of solution time it is necessary to simplify significantly cost function of power line depending on its parameters. When using strict couplings, only the local optimum can be determined, but there are opportunities due to the weakening of the algorithm stickiness to reduce significantly the complexity of solving the problem of determining the optimal network structure, having preserved (implicitly) the connection of the efficiency function with the main parameters of the line: i.e. voltage and line conductor cross-section. The best pre-developed option for the network structure with the preset parameters can be determined by comparing the low bounds for neighboring subsets. At the same time, the process of subsets separating is carried out sequentially on the basis of the number of circuits, nominal voltage, and classical line conductor cross-section. After that, the neglected subsets should be checked for the possibility of improving the pre-developed option with the efficiency function. The authors found an expression that can be used at assessment of the network structure options; presented network structure optimization technique implemented in the form of a number of programs of the computer system. These arrangements take into account limitations on reliability in terms of network structure building rules, as well as the problem solution in the presence of a small number of closed circuits (up to four). In this case, the balance power exchange should be

calculated in accordance with the reactive resistance of the arms of a network, and the optimal parameters of the projected arms should be selected by means of an iterative process. The use of such a complex for the analysis of small sections of a network together with the models of a more complete system will improve the efficiency of design solutions by expanding the range of options under consideration.

KEYWORDS: power transmission, electrical network, network node, power, cost, structure.

Существующие модели и методы оптимизации развития электрических сетей [1, 3, 9, 10] предполагают строгую формализацию задачи отыскания структуры сети, обеспечивающей минимум суммарных приведенных затрат. При этом ввиду большой размерности задачи и сложности связей между переменными применяются алгоритмы пошагового решения, выполняющие целенаправленный перебор вариантов. Ряд методов (ветвей и границ, динамического программирования и др.) обеспечивает поиск глобального оптимума, но для достижения приемлемого времени решения необходимо существенно упростить функцию затрат линии электропередачи в зависимости от ее параметров. При использовании более строгих связей может быть определен лишь локальный оптимум (градиентные методы, покоординатного спуска и др.) [1, 3, 9, 10]. Однако за счет ослабления жесткости алгоритма существуют возможности значительно снизить трудоемкость решения задачи определения оптимальной структуры сети, сохранив при этом (в неявном виде) связь целевой функции с основными параметрами линии: напряжением и сечением проводов.

В ряде работ [4, 6] показано, что приведенные затраты на электропередачу, включающую воздушную линию (ВЛ) и понижающую подстанцию на ее конце, могут быть представлены в виде

$$Z = a + bU^2 + cF + \frac{d}{U^2 F}, \quad (1)$$

где U – напряжение ВЛ, В;

F – сечение проводов фазы, мм².

Обобщенные коэффициенты a, b, c, d модели (1) определяются по формулам:

$$\begin{aligned} a &= A_{ПС} q_{ПС} p_{ПС} + C_{ПС} q_{ПС} p_{ПС} \frac{P}{k_3 \cos \varphi} + A_L l q_L p_L; \\ b &= B_{ПС} q_{ПС} p_{ПС} + B_L l q_L p_L + A_K q_K p T_G \beta^{II} l; \\ c &= C_L l q_L p_L + 3 \lambda_H \eta l; \\ d &= \frac{P^2 l \rho \tau \beta^I}{\cos^2 \varphi}, \end{aligned} \quad (2)$$

где $A_{ПС}, C_{ПС}, A_L, B_{ПС}, B_L, A_K, C_L$ – коэффициенты аппроксимации стоимости линии, подстанции и потерь на корону [4, 6, 7, 8];

$q_{ПС}, q_L, q_K$ – территориальные коэффициенты стоимости оборудования и потерь на корону;

$p_{ПС}, p_L$ – суммарные коэффициенты годовых отчислений от стоимости ВЛ и подстанции;

l – длина ВЛ;

ρ, η – удельные сопротивление и масса алюминия;

T_G, τ – годовое число часов и время потерь;

β^I, β^{II} – стоимость переменных и постоянных потерь;

λ_H – коэффициент эффективности использования алюминия;

$P, \cos \varphi$ – расчетный максимум нагрузки и коэффициент мощности;

k_3 – средний коэффициент загрузки трансформаторов.

Такая модель затрат построена с учетом аналитических зависимостей стоимости ВЛ и оборудования подстанции, полученных в работах [4, 6, 7, 8]. Она также учитывает нагрузочные потери на корону в зависимости от номинального напряжения линии и дополнительные затраты, отражающие ограниченность ресурсов алюминия.

Выражение (1) описывает затраты на электропередачу с ВЛ типовой конструкции в диапазоне напряжений 35–500 кВ. Оно распространяется и на электропередачи с двухцепными ВЛ, при этом изменяются обобщенные коэффициенты a и b , а также коэффициенты c и d , одинаковые для одноцепных и двухцепных ВЛ, если под F понимать суммарное сечение фазы (в общем случае на две цепи).

Если расчетная нагрузка электропередачи определяется заданным составом потребителей, то оптимальные параметры, соответствующие минимуму функции (1), могут быть определены из выражений:

$$\begin{aligned} U_0 &= \sqrt[3]{\frac{(cd)^{0.5}}{b}}; \\ F_0 &= \sqrt[3]{\frac{bd}{c^2}}. \end{aligned} \quad (3)$$

При этом минимальное значение целевой функции (нижняя граница затрат) определяется как

$$Z_0 = a + 3\sqrt[3]{bcd}. \quad (4)$$

Оптимальные параметры ВЛ из числа дискретных выбираются путем деления всего множества возможных вариантов n на подмножества с определением для каждого из нижней границы целевой функции. Для подмножества вариантов электропередачи, характеризуемого стандартным напряжением U_i , нижняя граница затрат определится

$$Z_{i0} = a + bU_i^2 + cF + \frac{2\sqrt{cd}}{U_i}. \quad (5)$$

Оптимальное сечение этого подмножества составит

$$F_{i0} = \frac{1}{U_i} \sqrt{\frac{d}{c}}. \quad (6)$$

Предварительно оптимальный вариант с параметрами n , U_i , F_j может быть определен путем сравнения между собой нижних границ для соседних подмножеств. При этом деление на подмножества осуществляется последовательно по признаку числа цепей, номинального напряжения, стандартного сечения проводов. После этого отброшенные подмножества должны быть проверены на возможность улучшения предварительно оптимального варианта с целевой функцией Z_{ij} .

С этой целью функция Z_{ij} сравнивается с нижней границей для проверяемого подмножества Z_0

$$Z_{ij} > Z_0. \quad (7)$$

Указанная процедура соответствует алгоритму поиска оптимального варианта методом ветвей и границ.

Вариант развития сети для подключения нескольких новых нагрузочных узлов характеризуется целевой функцией затрат на сеть

$$Z_0 = \sum_{k=1}^m Z_k, \quad (8)$$

где m – число новых ветвей сети;

Z_k – затраты на k -ю ветвь.

Считая, что для каждой ветви могут быть выбраны оптимальные параметры и значение 3_k определяется согласно выражению (8), получим выражение для нижней границы затрат на сеть

$$3_{C0} = \sum_{k=1}^m 3_{k0}. \quad (9)$$

Можно предположить, что все величины, определяющие обобщенные коэффициенты модели (2), кроме передаваемой мощности и длины, являются достаточно стабильными характеристиками.

Для удобства введем новые обобщенные коэффициенты, учитывающие связь нижней границы затрат с P и l (при этом учтем, что для ВЛ, входящих в разветвленную сеть, нагрузка подстанции на приемном конце P_H и переток мощности по ВЛ P_L могут быть различны):

$$\begin{aligned} C_1 &= A_{пс} q_{пс} P_{пс}; \\ C_2 &= \frac{C_{пс} q_{пс} P_{пс}}{k_3 \cos \varphi}; \\ C_3 &= A_L q_L P_L; \\ C_4 &= \sqrt{\frac{P \tau \beta'}{\cos^2 \varphi} [C_L q_L P_L + 3 \lambda_H \eta] [B_L q_L P_L + A_K q_K T_G \beta'']}; \\ C_5 &= \frac{B_{пс} q_{пс} P_{пс}}{B_L q_L P_L + A_K q_K T_G \beta''}. \end{aligned} \quad (10)$$

С учетом выражений (10) определим:

а) значение нижней границы целевой функции затрат на ветвь

$$3_{k0} = C_1 + C_2 P_{Hk} + C_3 l_k + C_4 \sqrt{P_{Hk}^2 l_{Hk}^2 (l_k + C_5)}; \quad (11)$$

б) значение нижней границы затрат на сеть, состоящей из m ветвей

$$3_{C0} = m C_1 + C_2 \sum_{k=1}^m P_{Hk} + C_3 \sum_{k=1}^m l_k + C_4 \sum_{k=1}^m \sqrt{P_{Hk}^2 l_{Hk}^2 (l_k + C_5)}. \quad (12)$$

Полученные выражения могут быть использованы для оценки вариантов структуры сети. Второе слагаемое выражения (12) определяется суммарной нагрузкой узлов, поэтому является постоянным для всех вариантов; первое – зависит от числа новых линий и при одинаковом m также постоянно. Основные различия нижних границ затрат по вариантам обусловлены неодинаковыми перетоками мощности и длиной отдельных линий. Физически нижняя граница в данном случае равна затратам на сеть рассматриваемой структуры, если согласно выражению (3) считать, что параметры всех ее ветвей оптимальны. При переходе к дискретным значениям параметров затраты на сеть возрастают по сравнению с нижней границей. Это превышение может быть разным для различных вариантов структуры сети, поэтому такая оценка является предварительной. Однако если есть предварительно оптимальный вариант с дискретными параметрами, то по значению нижней границы других вариантов структуры могут быть отброшены заведомо бесперспективные из них.

Рассмотрим пример оценки вариантов структуры сети по нижней границе затрат. На рисунке 1 показаны исходные данные, которыми являются нагрузки подключаемых узлов сети 2, 3, 4, а также расстояния между ними и источником питания 1 (узел 1).

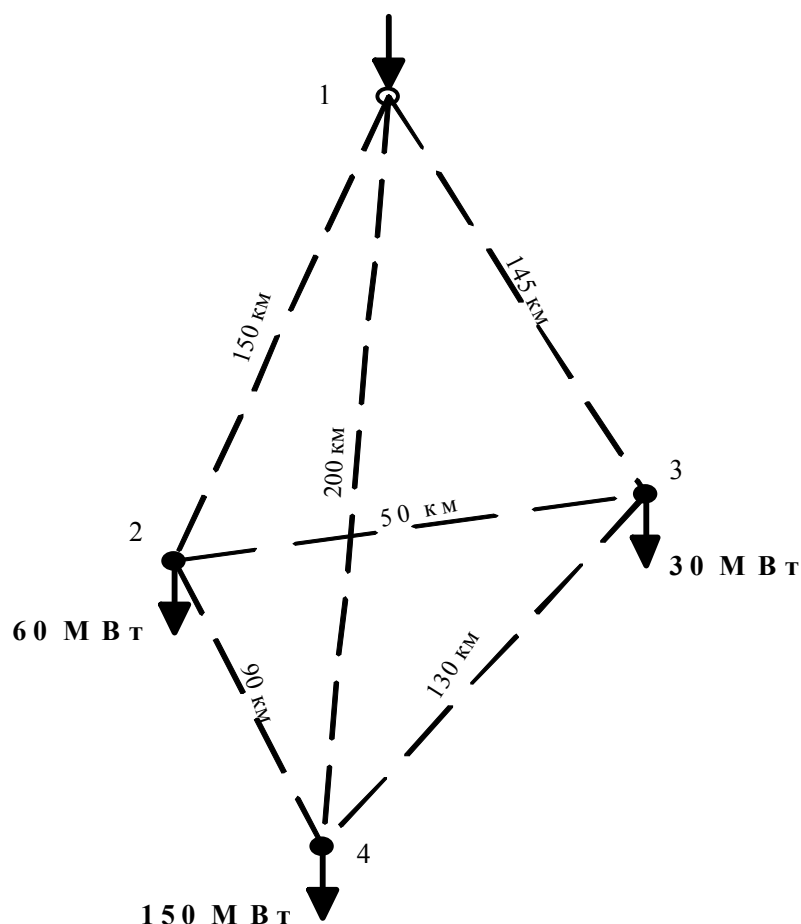


Рис. 1. Исходная конфигурация сети: 1 – источник питания; 2, 3, 4 – узлы нагрузки

Варианты структуры сети представлены на рисунке 2, где указаны перетоки мощности в ветвях. Результаты оценки по нижней границе затрат приведены в таблице. Лучшим является первый вариант с нижней границей $Z_{c0} = 426\,720$ тыс. руб. в год.

Оптимальные параметры ветвей, найденные по описанному алгоритму, составляют:

- 1–2 – двухцепная ВЛ-220 кВ, $F_{12} = 2(1 \times 400) \text{ мм}^2$;
- 2–3 – одноцепная ВЛ-110 кВ, $F_{23} = 185 \text{ мм}^2$;
- 2–4 – одноцепная ВЛ-220 кВ $F_{24} = (1 \times 400) \text{ мм}^2$.

Значение целевой функции затрат на сеть с учетом этих дискретных параметров составляет $Z_c = 460\,200$ тыс. руб. в год. Оно меньше нижней границы для других вариантов структуры сети, поэтому заранее можно сказать, что их дальнейший анализ не приведет к лучшему варианту. Переход к дискретным параметрам может только увеличить целевую функцию по сравнению с нижней границей. Расчеты проведены при среднем времени потерь $\tau = 4000$ ч, $\cos \varphi = 0,9$, стоимости потерь $\beta' = 2,9$ руб./кВт·ч. Соответствующую оценку можно получить и для других значений величин, пересчитав обобщенные коэффициенты модели (рис. 2, табл.).

Описанная методика реализована в виде ряда программ на вычислительном комплексе. Работа в диалоговом режиме позволяет передать ЭВМ расчеты обобщенных коэффициентов, значений нижней границы целевой функции для подмножества вариантов, формализованные операции по выбору оптимальных дискретных параметров, оставляя за оператором принятие решений по глубине анализа различных структур и вопросы согласования оптимальных вариантов на разных временных уровнях [2, 5].

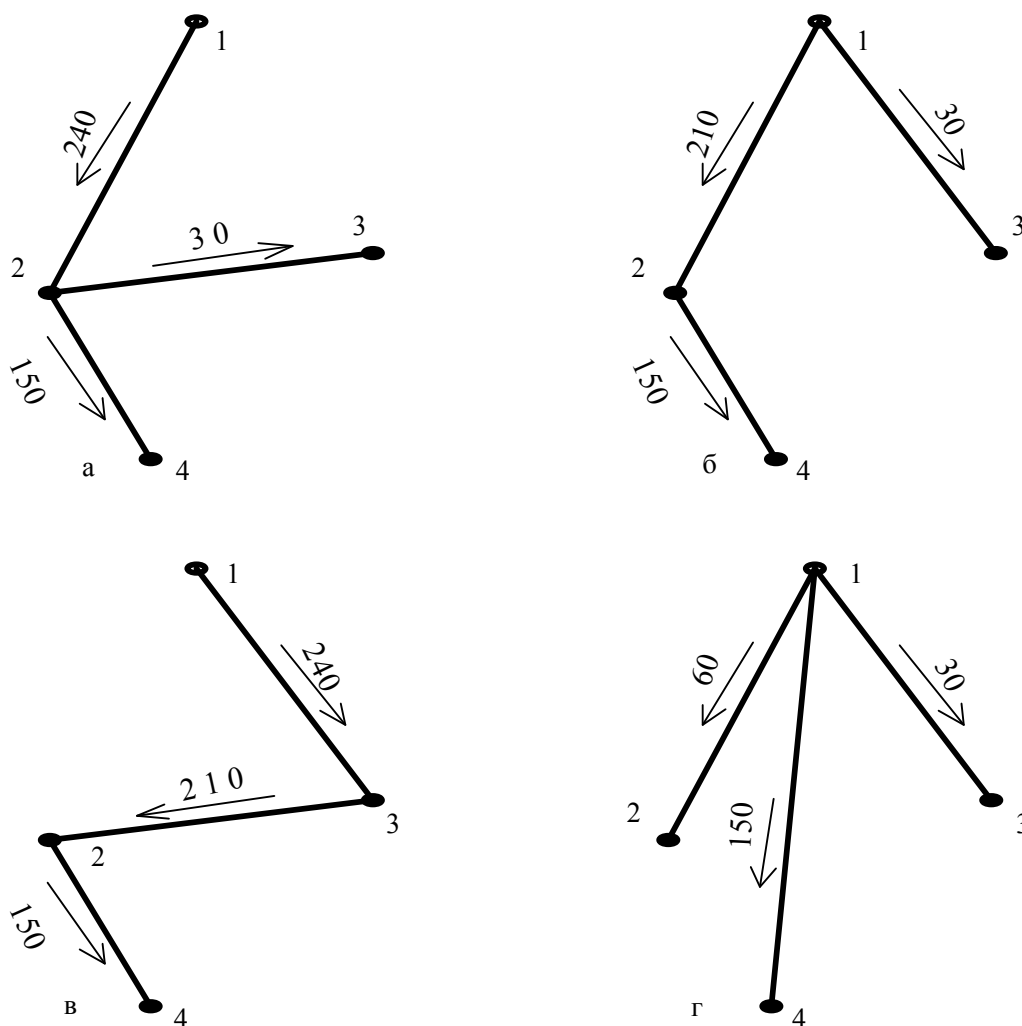


Рис. 2. Варианты структуры сети

Результаты оценки структуры сети в соответствии с вариантами, представленными на рисунке 2

Структура сети	2, а			2, б			2, в			2, г		
Ветвь k	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
l_k , км	150	50	90	150	145	90	145	50	90	150	200	145
P_k , МВт	240	30	150	240	30	150	240	210	150	60	150	30
Z_{C0} , руб./год	426 720			464 280			497 520			466 560		

Разработанный метод позволяет учитывать ограничения по надежности в виде правил построения структуры сети. Предусмотрена также возможность решения задачи при наличии небольшого числа замкнутых контуров (до четырех). При этом выполняется расчет балансовых перетоков мощности в соответствии с реактивными сопротивлениями ветвей, и выбираются оптимальные параметры проектируемых ветвей с помощью итеративного процесса. Использование такого комплекса для анализа небольших участков сети совместно с моделями более полной системы позволит повысить эффективность проектных решений за счет расширения диапазона рассматриваемых вариантов.

Выводы

1. Предложенная математическая модель позволяет формализовать процесс выбора оптимальных параметров отдельной электропередачи с заданной нагрузкой.
2. Усовершенствованная методика решения сетевой задачи, связанной с оценкой вариантов сети по нижней границе целевой функции затрат, дает возможность разработать методику синтеза оптимальной структуры сложных электрических сетей.

Библиографический список

1. Абраменко И.Г. Компьютерные технологии в автоматизированных системах управления электроснабжения / И.Г. Абраменко, А.И. Кузнецов. – Харьков : ХНАГХ, 2008. – 143 с.
2. Арзамасцев Д.А. Модели и методы оптимизации развития энергосистем / Д.А. Арзамасцев, А.В. Липес, А.Л. Мызин. – Свердловск : Уральский политехнический институт, 1976. – 148 с.
3. Афоничев Д.Н. Особенности автоматизации проектирования систем электроснабжения сельскохозяйственных потребителей / Д.Н. Афоничев, С.Н. Пилаев, И.А. Кекух // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2016. – № 3. – С. 152–158.
4. Герасименко А.А. Передача и распределение электроэнергии / А.А. Герасименко, В.Т. Федин. – Ростов на Дону : Феникс, 2008. – 715 с.
5. Картавцев В.В. Моделирование режима распределительной электрической сети с учетом трансформаторных ветвей / В.В. Картавцев, И.В. Лакомов, Ю.М. Помогаев // Вестник Рязанского государственного аграрно-технологического университета. – 2017. – № 2 (34). – С. 64–69.
6. Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения / Г.Н. Ополева. – Москва : ИД «ФОРУМ» – ИНФРА-М, 2008. – 480 с.
7. Понявин Н.С. Оценка влияния регулирования мощности средств компенсации реактивной мощности на режимы работы электрической сети / Н.С. Понявин, Е.А. Извеков // Молодежный вектор развития аграрной науки : матер. 69-й студенческой научной конференции. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2018. – Ч. 1. – С. 136–141.
8. Фролов Ю.М. Основы электроснабжения / Ю.М. Фролов, В.П. Шелякин. – Санкт-Петербург : Лань, 2012. – 432 с.
9. Шнелль Р.В. Выбор основных параметров высоковольтных электропередач / Р.В. Шнелль, П.В. Воропаев, В.В. Картавцев. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 1984. – 106 с.
10. Щербачев О.В. Применение цифровых вычислительных машин в электроэнергетике / О.В. Щербачев, А.Н. Зейлигер, К.П. Кадомская. – Ленинград : Энергия, 1980. – 240 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ
Принадлежность к организации

Владимир Владимирович Картавцев – кандидат технических наук, доцент кафедры электротехники и автоматики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8 (473) 224-39-39 (доб. 3320), e-mail: et@agroeng.vsau.ru.

Дмитрий Николаевич Афоничев – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой электротехники и автоматики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8 (473) 224-39-39 (доб. 3320), e-mail: et@agroeng.vsau.ru.

Юрий Михайлович Помогаев – кандидат технических наук, доцент кафедры электротехники и автоматики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) (доб. 3320), e-mail: pomoyurij@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию 12.09.2018

Дата принятия к печати 22.09.2018

AUTHOR CREDENTIALS
Affiliations

Vladimir V. Kartavtsev – Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Electrical Engineering and Automation, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8 (473) 224-39-39 (internal 3320), e-mail: et@agroeng.vsau.ru.

Dmitriy N. Afonichev – Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Dept. of Electrical Engineering and Automation, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8 (473) 224-39-39 (internal 3320), e-mail: et@agroeng.vsau.ru.

Yuriy M. Pomogaev – Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Electrical Engineering and Automation, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 224-39-39 (internal 3320), e-mail: pomoyurij@yandex.ru.

Received September 12, 2018

Accepted September 22, 2018

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ КОРМОВ

**Вячеслав Анатольевич Гулевский¹
Александр Анатольевич Вертий²**

¹Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

²Краснолучский горно-промышленный колледж

Качество кормовых смесей зависит от их предварительного эффективного измельчения до уровня, определенного зоотехническими требованиями. При этом следует обеспечить минимальную затратность процесса измельчения корма. Большинство предлагаемых промышленностью измельчителей не являются универсальными и имеют высокую энергоемкость процесса. В этой связи актуальной задачей является разработка более эргономичного и универсального устройства для измельчения кормов. Представлено математическое моделирование работы предлагаемого авторами устройства для измельчения кормов. Проанализирована стохастическая и аналитическая модели процессов, происходящих при резке стеблей. Показано, что производительность максимальна, если угол скольжения не превышает 40–45°. Такой режим резания соответствует поперечной разделке стебля. Энергетическая эффективность, как функция от динамических характеристик рабочего органа, пространственного положения стебля, числа оборотов, распределения нагрузки со стороны подаваемого материала и подачи, является максимальной, если угол резки не превышает 35–40°. В этом случае рубка стебля преобладает над резкой. Эти условия обеспечиваются максимальным уплотнением биомассы при продольном расположении стеблей, их минимальной влажностью и способами укладки, геометрией рабочего органа в статике (конфигурация ножей и т. п.) и динамике (углы резки и скольжения). Большое влияние на энергетическую эффективность также оказывает взаимодействие рабочего органа и стебля на локальном уровне, которое определяет способность одновременно всеми ножами отсекают или отрезать часть от суммарного поперечного сечения стебля. Как следствие, повышаются производительность агрегата и оптимальное взаимодействие режущего рабочего органа и прижимного транспортера, которое не может адаптивно изменяться в процессе работы по причине неустойчивости свойств подаваемого на измельчение грубого или сочного стебельчатого материала.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: стебельчатые корма, измельчитель кормов, комбинированные ножи, производительность работы, энергоемкость резки стеблей.

MATHEMATICAL MODELING OF FORAGE CUTTER OPERATION

**Vyacheslav A. Gulevsky¹
Alexander A. Vertij²**

¹Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

²Krasnyi Luch Mining and Industrial College

The quality of feed mixtures greatly depends on the effective cutting to the level specified by requirements of regulatory documents concerning agricultural animals' feeding and nutrition, and at the same time the process of feed raw material cutting should be the least expensive. Most of commercial forage cutters are not universal, and are characterized by high energy consumption. From this perspective, designation of universal and ergonomic device for feed cutting received priority. The paper discusses mathematical modeling of the process of functioning of feed-cutting unit proposed by the authors. The stochastic and analytical models of the processes occurring during stem cutting have been analyzed. It was defined that the maximum efficiency could be achieved at the minimum values of the slip angle (less than 45°), which corresponds mainly to cross-cutting of the stem. Energy efficiency, as a function of the dynamic characteristics of the working elements, spatial stem positioning, number of rotations, distribution of forces from the side of the cutting material and feed, is maximum, if the cutting angle does not exceed 35–40°. In this case, mincing of the stem prevails over cutting. These conditions are provided by the maximum compaction of biomass at the longitudinal positioning of the stems, by their minimum moisture, by methods of arrangement, by the geometry of the working body in statics (i.e. configuration of knives, etc.) and dynamics (i.e. cutting and sliding angles). Great influence on the energy efficiency is also provided by the interaction of the working body and the stem at the local level, which determines the ability of all the knives to chop off or to cut off a part of the total cross-sectional area of the stem. As a consequence, on the energy

efficiency exert an impact unit capacity and the optimal interaction of the cutting working body and the clamping conveyor, which can not be adaptively changed during operation due to the instability of the properties of the coarse forage or succulent stalk material fed to cutting.

KEYWORDS: stalked feed, feed cutter, combination knives, energy efficiency, energy consumption of the cutting.

Введение

Необходимым условием повышения продуктивности животноводства является обеспеченность кормами высокого качества. Эффективность кормовых смесей зависит от их перевариваемости и подготовки к скармливанию, что невозможно без измельчения до уровня, определенного зоотехническими требованиями. При этом следует учитывать затратность техпроцесса измельчения корма.

Большинство предлагаемых промышленностью измельчителей не являются универсальными и имеют высокую энергоемкость процесса [1, 2]. В статье представлены результаты этапа исследований, которые ведутся по теме «Теоретическое обоснование затрат мощности на измельчение стебельчатых кормов измельчителем с шарнирно подвешенными комбинированными ножами» [11].

Материалы и методы

Схема разработанного измельчителя представлена на рисунке 1 [9].

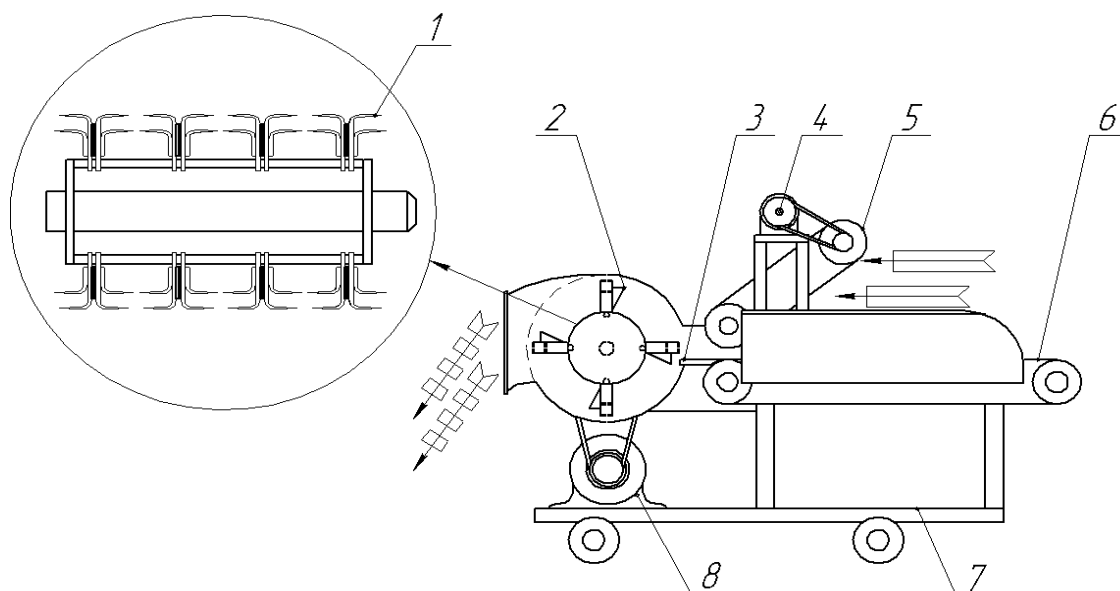


Рис. 1. Схема разработанного измельчителя кормов: 1 – поперечные лезвия серповидной формы; 2 – вертикальные лезвия (клиновидные); 3 – противорежущая пластина; 4 – механизм питателя; 5 – прижимной транспортер; 6 – подающий транспортер; 7 – рама агрегата; 8 – привод;

← — неизмельченные стебли; → — измельченные стебли

Конструкция обеспечивает одновременное продольное дробление стеблей, включая армирующие прожилки, и их поперечное резание. При этом совмещается способ резания пуансоном, представляющий собой рубку, и резание скольжением.

Кратко остановимся на анализе механизма с точки зрения системного анализа. Он представляет собой стохастическую систему, состоящую из ряда подсистем с весьма специфическими свойствами, подчиняющимися закономерностям противоречивого характера, что весьма затрудняет процесс моделирования.

К основным взаимосвязям работы системы, в первую очередь, относятся:

- влияние случайного и плохо поддающегося оценке сочетания свойств стебля, к которым относятся: влажность, степень предварительного уплотнения, структура и осо-

бенности строения различных стеблей и т. п., параметры с геометрией рабочего органа в статике (конфигурация ножей и т. п.) и динамике (углы резки и скольжения);

- энергетическая эффективность, то есть функция от динамических характеристик рабочего органа, пространственного положения стебля, числа оборотов, распределения нагрузки со стороны подаваемого материала и подачи;

- взаимодействие рабочего органа и стебля на локальном уровне, которое определяет способность одновременно всеми ножами отсекать (отрезать) определенную часть от суммарного поперечного сечения стебля и, как следствие, повышать производительность агрегата;

- оптимальное взаимодействие режущего рабочего органа и прижимного транспортера, которое не может адаптивно изменяться в процессе работы по причине нестабильности свойств подаваемого на измельчение грубого или сочного стебельчатого материала.

Приведенные данные позволяют сформулировать основные принципы синтеза создания механизма измельчителя, с одной стороны, и построения математической модели его работы – с другой.

Во-первых, определять базовые параметры функционирования системы в процессе работы за счет придания механизму способности к адаптации, путем создания обратной связи не представляется возможным, поэтому их оптимальные значения должны быть рассчитаны заранее. Необходимо детальное математическое моделирование работы устройства.

Во-вторых, моделирование системы целесообразно проводить в два этапа: на первом следует определить взаимосвязи факторов с результирующими параметрами методом черного ящика, а на втором этапе – разработать аналитические модели, описывающие связи между наиболее существенными показателями работы и факторами.

Результаты и их обсуждение

Первый этап анализа представлен на схеме (рис. 2). Установлено, что основными параметрами, определяющими эффективность работы измельчителя, являются удельная энергоемкость $\mathcal{E}_y$, производительность W и степень измельчения λ .

В качестве наиболее существенных факторов рассмотрены следующие:

- зазор между вальцами питающих транспортеров;
- подача материала в камеру измельчения;
- влажность материала;
- угол наклона прижимного транспортера;
- мощность на приводе питателя;
- толщина перерезаемого слоя;
- частота вращения барабана;
- зазор между ножами и противорезом;
- количество вертикальных лезвий;
- количество поперечных лезвий;
- мощность на приводе барабана;
- размеры выгрузного окна;
- подача измельченного материала;
- размер ячейки решета;
- зазор между серповидными лезвиями.

Исходя из степени влияния отдельных факторов целью аналитического моделирования была выбрана связь между производительностью и геометрическими параметрами взаимодействия ножей и стебля для различных расчетных схем резания. Данные схемы, по нашему мнению, исчерпывают все возможные варианты, связанные как с физико-геометрическими свойствами стеблей, так и с различными вариантами их взаимодействия с рабочим органом.

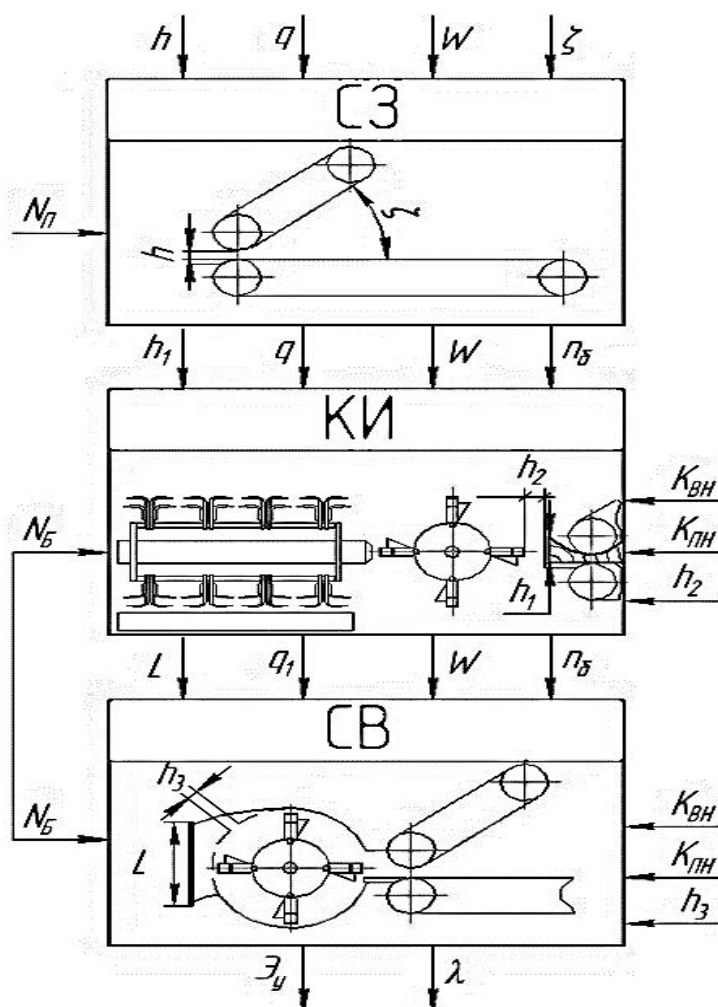


Рис. 2. Метод черного ящика: СЗ – система загрузки; КИ – камера измельчения; СВ – система выгрузки; h – зазор между вальцами питающих транспортеров; q – подача материала в камеру измельчения; W – влажность материала; ζ – угол наклона прижимного транспортера; N_{Π} – мощность на привод питателя; h_1 – толщина перерезаемого слоя; n_{δ} – частота вращения барабана; h_2 – зазор между ножами и противорежом; $K_{ВН}$ – количество вертикальных лезвий; $K_{ПН}$ – количество поперечных лезвий; N_{δ} – мощность на привод барабана; L – размеры выгрузного окна; q_1 – подача измельченного материала; h_3 – размер ячейки решета; h_4 – зазор между серповидными лезвиями; $\mathcal{E}_y$ – удельная энергоёмкость процесса измельчения; λ – степень измельчения

Функция взаимосвязи параметров и факторов принимает вид

$$\begin{cases} W_u = \Phi_1 \left(\frac{N_{\Pi}, N_{\delta}, h, h_1, n_{\delta}}{q, q_1, \theta, W, L, h_3, K_{ВН}, K_{ПН}} \right); \\ \mathcal{E}_y = \Phi_2(h, q, W, \theta, h_1, n_{\delta}, h_2, K_{ВН}, K_{ПН}, L, h_3); \\ \lambda = \Phi_3(h, q, W, \theta, h_1, n_{\delta}, h_2, K_{ВН}, K_{ПН}, L, h_3). \end{cases} \quad (1)$$

В процессе работы комбинированные ножи могут совершать следующие действия:

- расщеплять стебли вертикальными клиновидными лезвиями (рис. 3, а);
- резать стебли серповидными лезвиями (рис. 3, б);
- осуществлять одновременное воздействие двух видов лезвий (рис. 3, в).

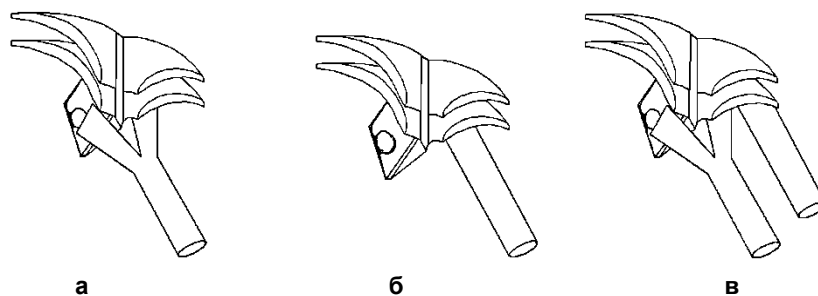


Рис. 3. Виды взаимодействия комбинированного ножа со стеблем

Производительность агрегата рассматривалась как способность рабочего органа отсекасть за единицу времени (одновременно всеми режущими кромками) некоторую часть суммарного сечения массива кормов, подаваемого на измельчение [3, 7, 9].

$$W_u = \frac{n_n S_c}{t}, \text{ м}^2/\text{с}, \quad (2)$$

где S_c – площадь поперечного сечения стебля, отсекаемая серповидным лезвием;
 n_n – количество лезвий на ноже.

При этом, как было установлено при факторном анализе на первом этапе исследований, имеется весьма четкая корреляция между энергоемкостью процесса и объемом отсекаемой части стебля. Сечение стебля под нагрузкой деформируется в виде эллипса, в то время как криволинейное лезвие ножа представляет собой спираль Архимеда.

Площадь отсекаемого ножом сечения стебля может быть рассчитана на основании интегрирования (рис. 4), пределы которого (координаты точек A и B) получим из системы уравнений сечения деформированного стебля: $\pm f(x)$ и траектории режущей кромки: $\rho = \rho(\varphi)$.

$$\rho = \rho(\varphi); \quad \varphi(a^2 \sin^2 \varphi + b^2 \cos^2 \varphi) = a^2 b^2. \quad (3)$$

$$\text{Получим} \quad \begin{cases} \rho = \frac{ab}{\sqrt{a^2 \sin^2 \varphi + b^2 \cos^2 \varphi}} \\ \rho = \varphi \end{cases} \quad (4)$$

Интегрировать зависимость $f(x)$ имеет смысл в декартовых, а функцию $\rho(\varphi)$ лучше представить в полярных координатах.

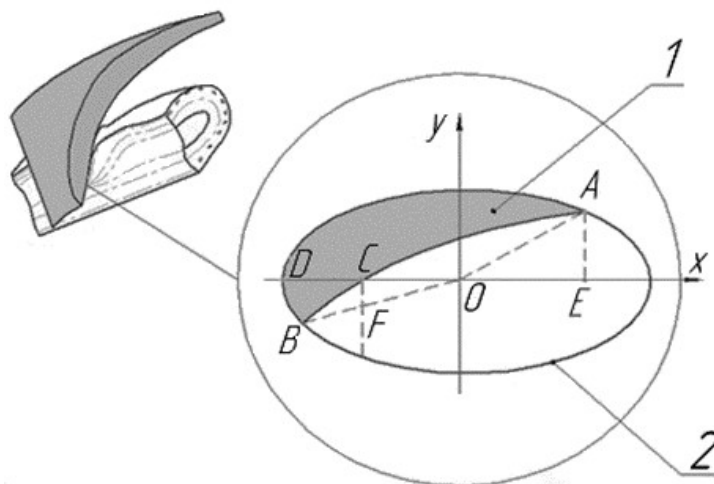


Рис. 4. Резание поперечного сечения стебля: 1 – поперечное сечение стебля, подлежащее рассечению ножом; 2 – сечение стебля после начала резания в сжатом виде

Высота образованного криволинейного цилиндра равна длине отрезаемой части

$$l = l_0 + x \operatorname{tg} \varphi, \quad (5)$$

где φ – угол скольжения – угол, под которым колос поступает на резание (среднее значение этого параметра по нормальному закону составляет 45°).

Пределы интегрирования, которыми являются абсциссы A и B , получим из системы $\pm f(x)$. Соответственно, уравнения $f(x)$ в декартовых координатах и $\rho = \rho(\varphi)$ в полярных координатах примут следующий вид [10, 12]:

$$\rho = \phi(\varphi): \varphi(a^2 \sin^2 \varphi + b^2 \cos^2 \varphi) = a^2 b^2. \quad (6)$$

Поскольку уравнение не может быть решено алгебраически, запишем его в общем виде для численного решения:

$$A(\varphi_A, \rho_A) \text{ или } A(x_A, y_A); B(\varphi_B, \rho_B) \text{ или } B(x_B, y_B); C(-\varphi_0 - k\pi; 0); D(-a, 0). \\ S_c = \frac{b}{2a} \left(x_A \sqrt{a^2 - x_A^2} + x_C \sqrt{a^2 - x_C^2} \right) + \frac{ab}{2} \left(\arcsin \frac{x_A}{a} + \arcsin \frac{x_C}{a} \right) - \\ - \frac{3ab\pi + x_A y_A (\varphi_0 + k\pi)^2 \operatorname{tg} \varphi}{2}. \quad (7)$$

$$W_u = \frac{n_u S_c b}{2at} \left(x_A \sqrt{a^2 - x_A^2} + x_C \sqrt{a^2 - x_C^2} \right) + \frac{ab}{2} \left(\arcsin \frac{x_A}{a} + \arcsin \frac{x_C}{a} \right) - \\ - \frac{3ab\pi + x_A y_A (\varphi_0 + k\pi)^2 \operatorname{tg} \varphi}{2}. \quad (8)$$

Исходя из предложенной расчетной схемы можно заметить, что практически значение угла скольжения φ ($0 \leq \varphi \leq \pm 180^\circ$) является параметром, разграничивающим параллельно протекающие процессы разрушения материала стеблей: при $\varphi \geq 45^\circ$ доминирует расщепление материала, а при $\varphi \leq 45^\circ$ – поперечное расщепление, то есть предпочтительны большие значения угла скольжения [5, 9].

Перейдем к рассмотрению энергоемкости. Возможны два варианта взаимного расположения режущего агрегата и стебля.

Вариант 1. Если ось стебля близка к оси поверхности резания, то, учитывая, что $D \gg d$, эллиптичность полученной поверхности среза пренебрежимо мала, при этом срез представляет собой плоскую фигуру. Схема измельчения представлена на рисунке 5.

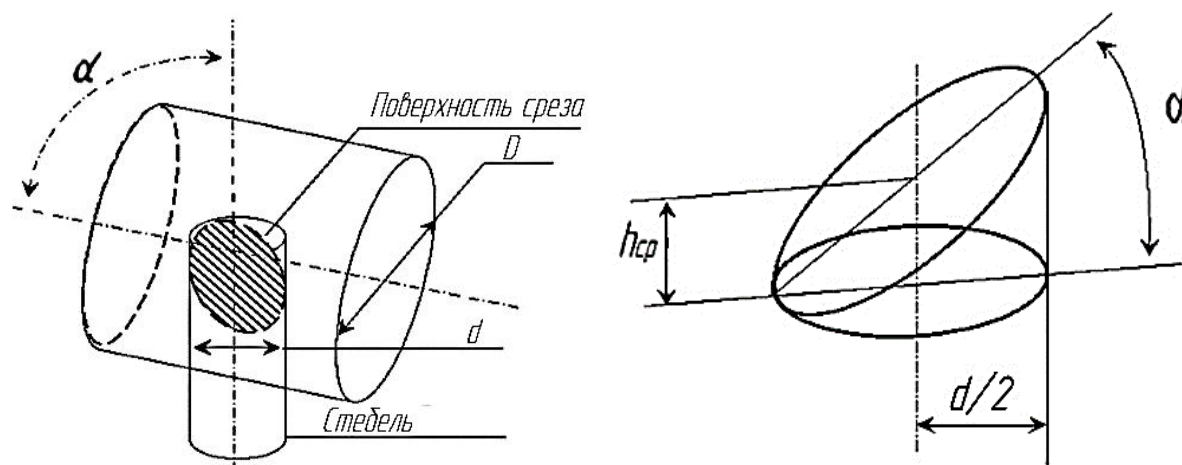


Рис. 5. Схема измельчения

В данном случае задача сводится к поиску усеченного плоскостью цилиндра [10, 12]:

$$V = S_{осн} h_{ср}, \text{ м}^3, \quad (9)$$

где $h_{ср}$ – средняя высота цилиндра.

При этом

$$h_{ср} = \frac{d \sin \alpha}{2}, \quad (10)$$

$$S_{осн} = \frac{\pi d^2}{4}. \quad (11)$$

Объем части стебля, которая удаляется ножом, может быть определен из формулы

$$V = \frac{\pi d^2}{4} \frac{d \sin \alpha}{2} = \frac{\pi d^3}{8} \sin \alpha. \quad (12)$$

Вариант 2. Если имеет место взаимное расположение поверхности, образуемой режущим инструментом, и поверхности стебля, то в этом варианте их оси будут разнесены на некоторое существенное расстояние δ . При этом нельзя игнорировать тот факт, что часть среза стебля имеет форму цилиндра (рис. 6).

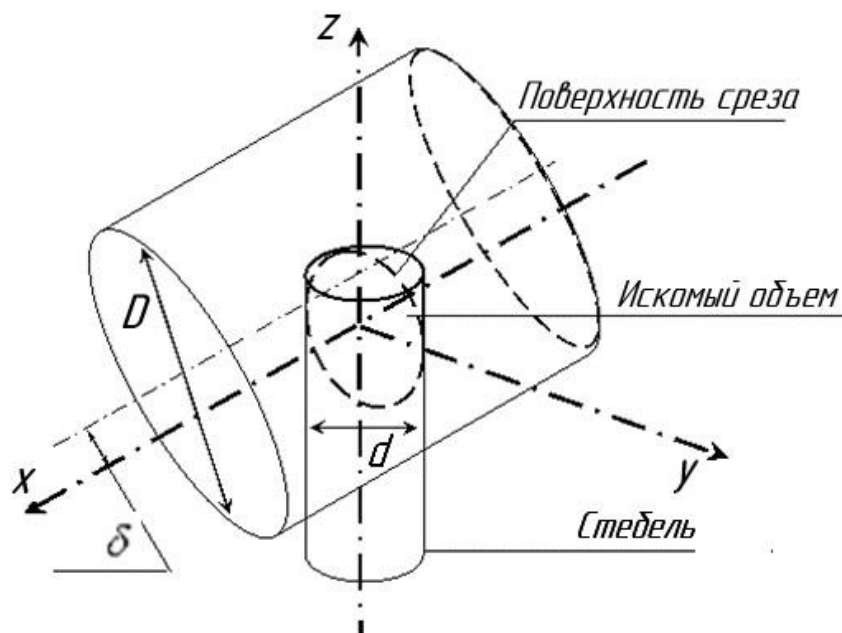


Рис. 6. Схема определения формы поверхности среза

В результате интегрирования получим формулу

$$V = \lambda \left(\frac{1-\pi}{16} d^4 + \frac{d^3 \delta (4-2\sqrt{2})}{3} + 2\delta^2 d \pi \right). \quad (13)$$

В этом случае при резке или рубке стебля имеет место продольный скол отсекаемой его части. Тогда зона резания приобретает характерный вид, изображенный на рисунке 7 [5].

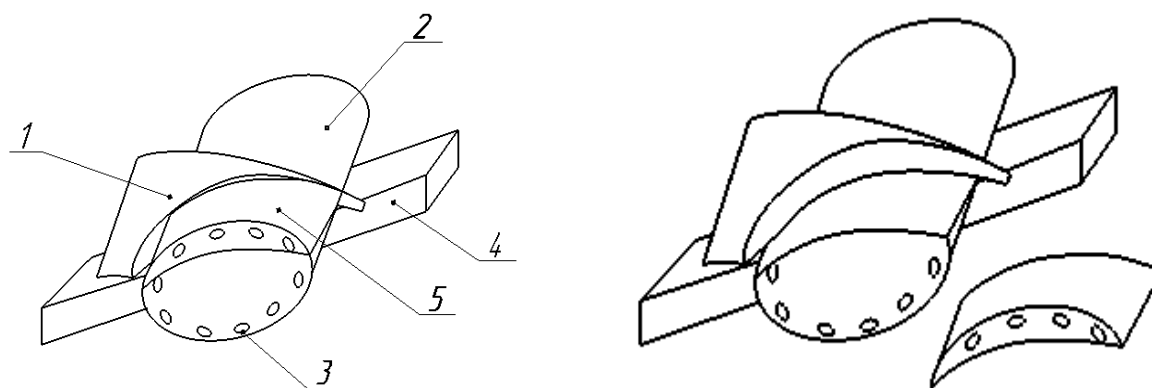


Рис. 7. Схема продольного скола зоны резания: 1 – режущая кромка; 2 – рассекаемый стебель; 3 – расположение армирующих прожилков; 4 – расположение противореза; 5 – удаленная часть стебля

Объем удаленной части стебля после преобразования определяется из формулы

$$V_c = \frac{bl_0}{a}(X_A + X_B 2a) - \frac{2(2a^2 - X_B^2 - X_A^2)}{3 \cdot \operatorname{tg} \alpha} - (l_0(X_A - X_B) \operatorname{tg} \alpha \varphi_o(\varphi_B - \varphi_A) + 4\varphi_o k(X_A - X_B) \cdot \operatorname{tg} \alpha \varphi_o k(\varphi_B^2 - \varphi_A^2) + k^2(X_A - X_B) \cdot \operatorname{tg} \alpha k^2(\varphi_B^3 - \varphi_A^3)). \quad (14)$$

Энергоемкость процесса примет следующий вид:

$$\mathcal{E}_y = K_y^{y\partial} K_y^{el} K_y^{y\partial} \frac{bl_0}{a}(X_A + X_B 2a) - \frac{2(2a^2 - X_B^2 - X_A^2)}{3 \cdot \operatorname{tg} \alpha} - (l_0(X_A - X_B) \operatorname{tg} \alpha \varphi_o(\varphi_B - \varphi_A) + 4\varphi_o k(X_A - X_B) \cdot \operatorname{tg} \alpha \varphi_o k(\varphi_B^2 - \varphi_A^2) + k^2(X_A - X_B) \cdot \operatorname{tg} \alpha k^2(\varphi_B^3 - \varphi_A^3)), \quad (15)$$

где $K_y^{y\partial} K_y^{el} K_y^{y\partial}$ – коэффициенты энергоемкости, зависящие от вещества стебля, (удельной) влажности и угла установки ножей.

Из (15) следует, что с увеличением угла резки α энергоемкость растет, при этом из схем (см. рис. 5, 6) видно, что этот угол определяет взаимное расположение стебля и режущего инструмента. При малых его значениях доминирует поперечная рубка, при больших – резка. То есть рубка оказывается энергетически более выгодной, а угол резки следует выдерживать меньшим 35–45°. При этом повышенная влажность стебля приводит к его залипанию на ноже, увеличивает его окружную скорость и, как следствие, рост угла резки. Отсюда следует, что для снижения затрат необходимым условием является минимальная влажность стеблей.

Выводы

В результате проведенного исследования работы измельчителя кормов, выполненного по схеме со свободно подвешенными комбинированными ножами, были предложены:

- 1) стохастическая и аналитическая модели, анализ которых позволил установить:
 - основными параметрами, определяющими эффективность работы механизма, являются степень измельчения и удельная энергоемкость;
 - наиболее значимыми факторами, определяющими значения указанных параметров, являются подача измельчаемого материала, размер ячейки решета, зазор между серповидными лезвиями, удельная энергоемкость процесса измельчения.
- 2) аналитическая модель, связывающая производительность работы измельчителя с геометрическими параметрами в зоне резки, из которой следует, что:
 - производительность повышается при резке стеблей с большей площадью поперечного сечения;

- большую производительность рассматриваемого комбинированного лезвия обеспечивают малые углы скольжения, т. е. поперечная резка без расщепления;
- большую энергетическую эффективность процесса обеспечивают режимы работы, при которых рубка стебля доминирует над его резкой.

Следовательно, в измельчитель целесообразно подавать предварительно уплотненный пакет просушенных стеблей, уложенных вдоль транспортера.

Библиографический список

1. Белянчиков Н.Н. Механизация животноводства и кормопроизводства : учебник / Н.Н. Белянчиков, А.И. Смирнов. – Москва : Агропромиздат, 1990. – 271 с.
2. Братишко В.В. Обоснование процесса работы и параметров двухступенчатого измельчителя зеленых кормов для свиней и водоплавающей птицы : дис. ... канд. техн. наук : 05.05.11 / В.В. Братишко. – Глеваха, 2007. – 184 с.
3. Василенко М.П. Механизация и автоматизация процесса приготовления и дозирования кормов / М.П. Василенко, И.И. Василенко. – Москва : Агропромиздат, 1985. – 140 с.
4. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике / М.Я. Выгодский. – Москва : АСТ: Астрель, 2010. – 703 с.
5. Гулевский В.А. Краткий курс теоретической механики : учеб. пособие / В.А. Гулевский, В.П. Шацкий. – Воронеж : ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2009. – 178 с.
6. Завражнов А.И. Механизация приготовления и хранения кормов : учеб. пособие для вузов по спец. «Механизация сельского хоз-ва» / А.И. Завражнов, Д.И. Николаев. – Москва : Агропромиздат, 1990. – 336 с.
7. Карпов В.В. Анализ сил взаимодействия рабочих органов гофрощеточных барабанов очистителя кормовых корнеплодов с объектами очистки / В.В. Карпов, В.А. Гулевский // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2017. – № 2 (53). – С. 121–127.
8. Пат. 69756 Україна, МПК В02С 18/00. Подрібнювач грубих та стеблових кормів / Брагінець М.В., Бахарев Д.М., Вертій О.А., заявник та власник Луганський національний аграрний університет. Нау201113038; заявл. 07.11.2011; опубл. 10.05.2012, Бюл. № 9. – 4 с.
10. Ревенко И.И. Совершенствование и обоснование параметров измельчителя и смесителя кормов / И.И. Ревенко, В.С. Хмелевский // Механизация сельскохозяйственного производства : сб. научных трудов. – Киев : НАУ, 1999. – Т. 4. – С. 139–142.
11. Сабликов Н.В. Исследование процесса резания стеблей ножами соломосилосорезок : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Н.В. Сабликов. – Ташкент, 1958. – 14 с.
12. Теоретическое обоснование затрат мощности на измельчение стебельчатых кормов измельчителем с шарнирно подвешенными комбинированными ножами / С.Ф. Вольвак, Д.Н. Бахарев, А.А. Вертий, Е.Е. Корчагина // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2017. – № 1 (13). – С. 23–32.
13. Шипачев В.С. Высшая математика : учебник / В.С. Шипачев. – Москва : ИНФРА-М, 2009. – 479 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Вячеслав Анатольевич Гулевский – доктор технических наук, профессор кафедры математики и физики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 253-18-68, e-mail: main@srd.vsau.ru.

Александр Анатольевич Вертий – заместитель директора по учебной работе ГБОУ СПО ЛНР «Краснолучский горно-промышленный колледж», ЛНР, г. Красный Луч, тел. +38(066)485-40-76, e-mail: aleksander-vertij@ya.ru.

Дата поступления в редакцию 20.07.2018

Дата принятия к печати 12.08.2018

AUTHORCREDENTIALS Affiliations

Vyacheslav A. Gulevsky – Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Mathematics and Physics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, tel. 8(473) 253-18-68, e-mail: main@srd.vsau.ru.

Alexander A. Vertij – Deputy Director for Studies, Krasnyi Luch Mining and Industrial College, Luhansk Peoples' Republic, Krasnyi Luch, tel. +38(066)485-40-76, e-mail: aleksander-vertij@ya.ru.

Received July 20, 2018

Accepted August 12, 2018

ЭНТРОПИЯ ПРОЦЕССА СТАРЕНИЯ ПРИРАБОТОЧНОГО МАСЛА ПРИ ОБКАТКЕ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРАКТОРОВ

**Валерий Васильевич Остриков¹
Сергей Николаевич Сазонов¹
Дмитрий Игоревич Афанасьев¹
Алла Владимировна Забродская¹
Владимир Васильевич Василенко²**

**¹Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники
и нефтепродуктов в сельском хозяйстве**

²Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Рассмотрены некоторые процессы изменения свойств приработочного масла в двигателях внутреннего сгорания с точки зрения энтропийной теории внутренней энергии системы, изменяющейся пропорционально скорости химических превращений в масле на поверхности трения. Приняты допущения, что под воздействием высоких температур в смазочном приработочном масле в процессе обкатки происходит изменение основы и химического состава присадок, а процесс старения можно считать повторяющимся. На основе сделанных допущений получена циклограмма работы приработочного масла в двигателе внутреннего сгорания с учетом восстановления его свойств после обкатки. Установлено, что изменение энтропии будет определяться суммой изменений энтропий в каждом отдельном процессе. Определено, что одним из важнейших показателей, характеризующим процесс химических превращений в масле под действием высоких температур, является вязкость масла, взаимосвязанная с накоплением продуктов окисления. Представлена теоретическая зависимость изменения относительной вязкости к относительному времени работы масла в отремонтированном двигателе внутреннего сгорания. При этом энтропия, сопровождаемая накоплением энергии, будет изменяться по экспоненциальной зависимости и может быть описана логарифмическим уравнением, связывающим время работы масла с энтропией. Предельное изменение энтропии характеризуется изотермическим процессом при усредненной температуре масла и максимальной нагрузке. Полученные выражения с определенной точностью описывают процесс изменения свойств приработочного масла при обкатке отремонтированных двигателей тракторов и позволяют в первом приближении прогнозировать увеличение сроков службы масла за счет периодического удаления примесей и внесения специальных добавок в масло. На основании данного подхода к рассмотрению процесса старения масла разрабатывается технологический процесс использования приработочного масла, способного увеличить ресурс использования масла и отремонтированных двигателей тракторов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: приработочное масло, энтропия, двигатель, обкатка, цикл, вязкость, зависимость.

THE ENTROPY OF THE PROCESS OF BREAK-IN-OIL AGING AT RUNNING-IN OF ENGINES OF TRACTORS

**Valery V. Ostrikov¹
Sergey N. Sazonov¹
Dmitry I. Afanasyev¹
Alla V. Zabrodskaya¹
Vladimir V. Vasilenko²**

¹All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture

²Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

Some processes of changing the properties of break-in-oil in internal-combustion engines are considered from the point of view of the entropy theory of the internal energy of the system, which varies in proportion to the rate of chemical transformations in oil on the friction surface. The authors admit an assumption that under the influence of high temperatures of the lubricating break-in-oil there are changes in the base and the chemical composition of the additives, and the aging process can be considered as a repetitive. On the basis of the assumptions made, a cycle of work of break-in-oil in internal-combustion engines was obtained, taking into account the restoration of its properties after running-in. It is established that changes in the entropy are determined by aggregated amount of

changes in each analyzed process. It is determined that one of the most important indicators characterizing the process of chemical transformations in oil under the effect of high temperatures is used oil viscosity interrelated with the accumulation of oxidation products. The authors present the theoretical dependence of the changes in the relative viscosity on the relative time of oil operation in the repaired internal-combustion engine. In such a case, the entropy accompanied by the accumulation of energy, will vary exponentially and can be described by the logarithmic equation that associates the time of operation of the oil and the entropy. The limiting change in entropy is characterized by an isothermal process with an average oil temperature and maximum load. The obtained expressions with the defined accuracy describe the process of changing the properties of break-in-oil of the repaired engines of tractors and allow in the first approximation predicting an increase of service life of the oil due to periodic removal of impurities and addition of special agents in the oil. On the basis of this approach to the process of oil decomposition, a technological process of oil usage is developed, that can increase not only oil service life, but repaired engines of tractors.

KEYWORDS: break-in-oil, entropy, engine, running-in, cycle, viscosity, dependence.

Введение

Как известно, приработочное масло по сравнению с моторным, выполняет свои функции в двигателе достаточно короткое время [1, 7, 10, 11]. То есть за короткий промежуток времени приработочное масло подвергается незначительной термической полимеризации, однако в нем накапливаются продукты сгорания топлива, масла, смолы, асфальтены, примеси. Все эти изменения вызывают необходимость определения сроков службы приработочного масла, используемого при обкатке отремонтированной сельскохозяйственной техники.

В настоящее время, несмотря на большое количество разработок, направленных на определение оптимальных сроков службы моторных масел, отсутствуют рациональные модели прогнозирования сроков использования приработочных масел. Несовершенство системы использования прошедшего одноразовую обкатку в двигателе приработочного масла требует обоснования новых подходов к его дальнейшему применению на основании показателей фактического состояния.

Результаты и их обсуждение

Ряд авторов [2, 4, 5, 6] при рассмотрении теории процесса старения масла используют энтропию, полагая, что внутренняя энергия системы изменяется пропорционально скорости химических превращений в смазочном масле с точки зрения изменения содержания присадок, их состава и свойств.

Рассматривая энтропию как основополагающую составляющую процесса старения и изменения свойств приработочного масла, сделаем следующие допущения:

1) приработочное масло представляет собой углеводородную основу с присадками, при этом под действием высоких температур в нем происходит ряд химических превращений, изменяющих структуру основы и химический состав присадок и добавок;

2) процесс старения приработочного масла является в определенной степени необратимым. В то же время за счет добавления некоторых компонентов и удаления сработавшей части основы и присадок масло можно считать частично отработанным, а процесс циклично повторяющимся.

Процесс работы приработочного масла на основе сделанных допущений можно представить как совокупность последующих циклов (рис. 1):

0 – 1 – изобарный процесс нагрева приработочного масла в период холодной обкатки двигателя (от момента начала прокручивания), когда температура масла равна температуре окружающей среды t_0 до рабочей температуры t_1 ;

1 – 2 – изотермический процесс работы масла, когда температура масла изменяется в зависимости от увеличивающейся нагрузки и доходит до какого-то определенного предела;

2 – 3 – изотермический процесс, когда температура масла практически не повышается за счет установившегося режима и работы системы охлаждения;

3 – 4 – изохорный процесс, когда масло после проведения операции обкатки сливается и охлаждается до определенной температуры;

4 – 5 – изотермический процесс воздействия на масло при его очистке от продуктов износа при постоянной температуре (по специальной технологии на установке для очистки масла);

5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 10 – 11 – 12 – 13 – 14 – процессы, повторяющие 0 – 4 при проведении обкатки последующих двигателей на масле, после его очистки.

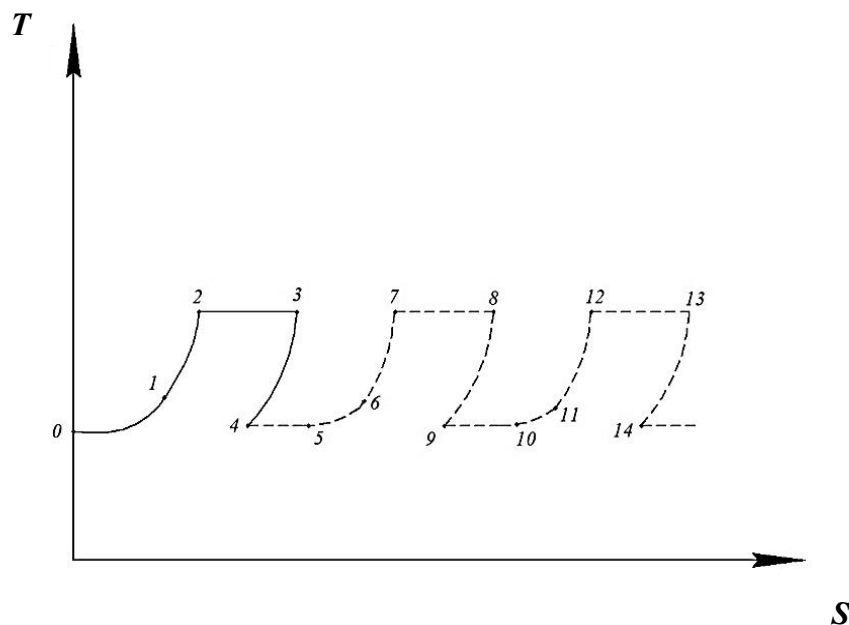


Рис. 1. Циклы работы приработочного масла в двигателях

Принятая трехкратная цикличность объясняется и ограничивается срабатыванием присадок и добавок в приработочном масле, что требует экспериментального подтверждения.

Изменение энтропии цикла будет определяться суммой изменения энтропии в каждом отдельном процессе, а общее изменение будет равно

$$A_{Si} = \sum_i^n \Delta A_{Si} (\text{цикл}), \quad (1)$$

где ΔA_{Si} – изменение энтропии в i цикле, кДж/(кг·К).

Одним из показателей, характеризующим процесс старения масла, является вязкость масла, которая взаимосвязана с накоплением продуктов окисления углеводородной основы, образования смол и срабатывания присадок, добавок [3, 8, 9].

Для нашего цикла

$$v_{M1} = v_{OM}. \quad (2)$$

Для последующих циклов

$$v_{M2} = v_{M1} \cdot \left(1 + 0,03 \cdot \left(\frac{T_{M(1-2)}}{24 \cdot n} \right)^{0,414} \right), \quad (3)$$

где $T_{M(1-2)}$ – текущее время определения.

Весь процесс работы приработочного масла в ДВС за все циклы и этапы подчиняются степенной зависимости (рис. 2).

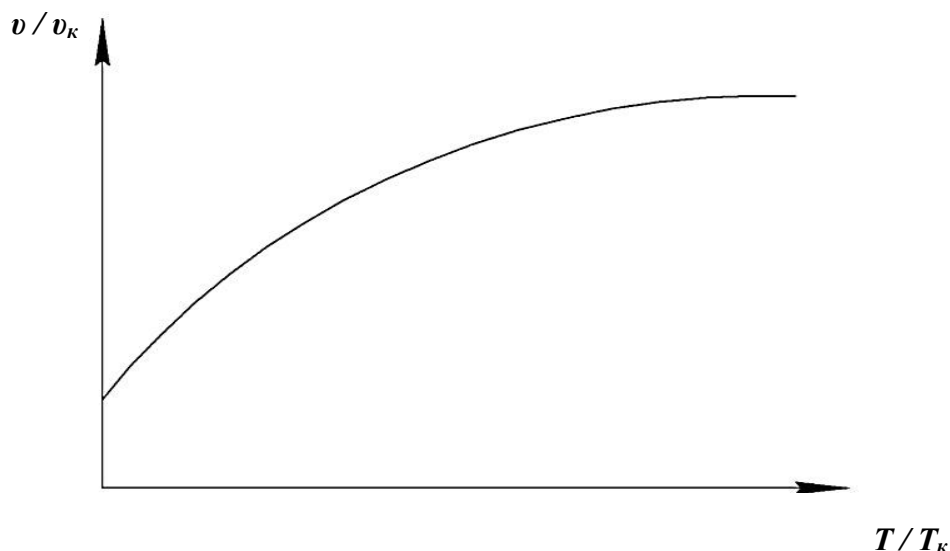


Рис. 2. Зависимость изменения относительной вязкости к относительному времени работы масла в ДВС

При этом энтропия, сопровождаемая накоплением энергии, будет изменяться по экспоненциальной зависимости и может быть описана уравнением, связывающим время работы масла с энтропией

$$T = -\frac{1}{\nu} \cdot \ln \left(1 - \frac{\Delta A_{Si}}{x \cdot \Delta A_{SP}} \right), \quad (4)$$

где ν – коэффициент скорости срабатывания присадок, добавок ($\nu = 3 \cdot 10^{-3}$);

ΔA_{SP} – величина предельного изменения энтропии, когда дальнейшее использование приработочного масла нецелесообразно (кДж/кг·К);

x – коэффициент, учитывающий работоспособность масла (принимается в соответствии с результатами исследований по определению степени соответствия масла двигателю) [4, 5].

Предельное изменение энтропии ΔA_{SP} , которое могло бы иметь приработочное масло в процессе всего периода использования, определим как изотермический процесс при усредненной температуре масла и максимальной нагрузке

$$\Delta A_{SP} = \frac{\Delta q_{xp}}{T_p} = \frac{\delta \cdot \varphi_x \cdot N \cdot T_{ПП} \cdot 3600}{\sigma_M \cdot T_P}, \quad (5)$$

где δ – коэффициент, учитывающий величину доли тепла, получаемой маслом (принимается равным 0,6) [7];

φ_x – коэффициент, учитывающий величину доли тепла, расходуемой на протекание химической реакции ($\varphi_x = 0,015$);

$T_{ПП}$ – прогнозируемое время работы масла при максимальной мощности.

Заключение

Полученные выражения и зависимости позволят определить направления повышения эффективности использования приработочного масла в технологическом процессе обкатки отремонтированных двигателей тракторов.

Библиографический список

1. Воинов Н.П. Подбор смазочных материалов для обкатки двигателей и механизмов / Н.П. Воинов. – Москва : Государственное научно-техническое изд-во нефтяной и горно-топливной литературы, 1950. – 86 с.

2. Гуреев А.А. Химмотология / А.А. Гуреев, И.Г. Фукс, В.Л. Лашхи. – Москва : Химия, 1986. – 368 с.
3. Остриков В.В. Физико-химические процессы «старения» моторных масел и способы их замедления / В.В. Остриков, Н.Н. Тупотилов // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2004. – № 2. – С. 47–51.
4. Салмин В.В. Обеспечение сохранности мобильной техники путем подбора антикоррозионных смазочных материалов : монография / В.В. Салмин, Д.Ю. Вавилкин. – Пенза : ПГУАС, 2013. – 136 с.
5. Салмин В.В. Улучшение эксплуатационных показателей автотракторных двигателей совершенствованием трибохимических и гидро-термодинамических процессов в смазочных системах: дис. ... д-ра техн. наук : 05.20.03 / В.В. Салмин. – Саранск, 2003. – 475 с.
6. Серегин Е.П. Химмотология и современность: достижения и проблемы / Е.П. Серегин // Химия и технология топлив и масел. – 1992. – № 11. – С. 2–4.
7. Сорокин И.А. Ускоренная обкатка как контроль качества ремонта дизельных двигателей Д-240 / И.А. Сорокин // Вестник НГИЭИ. – 2013. – № 2 (21). – С. 50–57.
8. Перминов Б.Н. Теоретическое исследование старения моторного масла в судовых тронковых дизелях / Б.Н. Перминов // Труды Дальневосточного государственного университета. – № 137. – 2004. – С. 162–169.
9. Тупотилов Н.Н. Особенности кинетики «старения» работающих моторных масел / Н.Н. Тупотилов, В.В. Остриков, В.В. Жилин // Химия и технология топлив и масел. – 2005. – № 3. – С. 32–33.
10. Храмцов Н.В. Обкатка и испытание автотракторных двигателей / Н.В. Храмцов. – Москва : Агропромиздат, 1991. – 123 с.
11. Шаронов Г.П. Применение присадок к маслам для ускорения приработки двигателей / Г.П. Шаронов. – Москва : Химия, 1965. – 222 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Валерий Васильевич Остриков – доктор технических наук, зав. лабораторией использования смазочных материалов и отработанных нефтепродуктов ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Российская Федерация, г. Тамбов, тел. 8 (4752) 44-65-36, e-mail: viitinlab8@bk.ru.

Сергей Николаевич Сазонов – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории эксплуатационных требований к сельскохозяйственной технике ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Российская Федерация, г. Тамбов, тел. 8 (4752) 44-64-24, e-mail: snsazon@mail.ru.

Дмитрий Игоревич Афанасьев – младший научный сотрудник лаборатории использования смазочных материалов и отработанных нефтепродуктов ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Российская Федерация, г. Тамбов, тел. 8 (4752) 44-65-36, e-mail: viitinlab8@bk.ru.

Алла Владимировна Забродская – научный сотрудник лаборатории использования смазочных материалов и отработанных нефтепродуктов ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве» г. Тамбов, Российская Федерация, тел. 8 (4752) 44-65-36, e-mail: viitinlab8@bk.ru

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

Дата поступления в редакцию 16.07.2018

Дата принятия к печати 10.08.2018

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Valery V. Ostrikov – Doctor of Engineering Sciences, Head of the Laboratory for Use of Lubricants and Waste Oil Products, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Russian Federation, Tambov, tel. 8 (4752) 44-65-36, e-mail: viitinlab8@bk.ru.

Sergey N. Sazonov – Doctor of Engineering Sciences, Professor, Chief Scientific Researcher, Laboratory of Operational Requirements for Agricultural Machinery, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Russian Federation, Tambov, tel. 8 (4752) 44-64-24, e-mail: snsazon@mail.ru.

Dmitry I. Afanasyev – Junior Scientific Researcher, Laboratory for Use of Lubricants and Waste Oil Products, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Russian Federation, Tambov, 8 (4752) 44-65-36, e-mail: viitinlab8@bk.ru.

Alla V. Zabrodsкая – Scientific Researcher, Laboratory for Use of Lubricants and Waste Oil Products, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Oil Products in Agriculture, Russian Federation, Tambov, tel. 8 (4752) 44-65-36, e-mail: viitinlab8@bk.ru.

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, Russian Federation, Voronezh, e-mail: vladva.vasilenko@yandex.ru.

Received July 16, 2018

Accepted August 10, 2018

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СТРУЙНОГО ОСАЖДЕНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ КОМПОЗИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

**Сергей Юрьевич Жачкин¹
Никита Алексеевич Пеньков²
Роман Владимирович Беляев²**

¹Воронежский государственный технический университет

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

Рассматривается осаждение гальванических композитных покрытий струйным методом с позиций теоретической механики. В этой связи принята соответствующая модель процесса осаждения, учитывающая кинематику и динамику процесса, но абстрагирующаяся от процессов деформации осаждаемого покрытия. Это позволило качественно описать формирование слоя композитного покрытия и показать зависимость этого процесса от геометрических параметров инструмента и его расположения относительно обрабатываемой поверхности. Были исследованы параметры движения частиц при вылете из сопла при сочетании различных начальных условий. Приведены математические выражения для определения параметров струи, скорости движения частиц наполнителя, диаметра частиц и их взаимосвязи. Это достигнуто благодаря моделированию процесса осаждения, в ходе которого двухкомпонентная среда – стандартный электролит хромирования и композитный материал рассматриваются в виде однокомпонентного потока. Подобное допущение может быть объяснено исключительной ролью наполнителя, обеспечивающего пластическую деформацию наносимого слоя композитного материала. При этом было установлено, что форма частиц композитного материала не оказывает существенного влияния на качество получаемых осадков, поэтому при выборе моделируемой формы частицы принимались в рассмотрение в виде шаров. В этих условиях электролит играет роль токопроводящей среды, которая не оказывает существенного влияния на структуру получаемых осадков. Предлагаемая технология нанесения электролитических покрытий позволяет получать остаточные напряжения сжатия в нанесенном слое, что положительно сказывается на прочностных характеристиках обрабатываемых деталей. Для определения концентрации наполнителя была принята гипотеза о равномерном распределении его частиц в струе электролита.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: композитное покрытие на основе хрома, диаметр сопла, скорость струи, напряжения сжатия, концентрация наполнителя, угол атаки.

MODELING OF JET PLATING PROCEDURE OF ELECTRODEPOSITED COMPOSITE COATINGS

**Sergey Yu. Zhachkin¹
Nikita A. Penkov²
Roman V. Belyaev²**

¹Voronezh State Technical University

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

The article deals with the electroplated composite coating jet deposition. The proposed process of deposition is considered with regard to theoretical mechanics. In this case, an appropriate model of the deposition process has been adopted. It takes into account of the kinematics and dynamics of this process, but in a departure from deformation processes of the deposited coating. This allowed providing reasonable details of the formation of the layer of the composite coating. Moreover the authors defined the dependence of this process on the geometric parameters of the tool and its location relative to the surface. Particles motion parameters upon departure from the nozzle with the different initial condition combination were investigated. The mathematical expressions for determination of such jet parameters as filler particles velocity, particles diameters and their relationship are given. This is achieved by simulating the deposition process, in which a two-component medium, i.e. standard chromium plating electrolyte and a composite material, are considered as a single-component flux. This assumption can be explained by the exceptional role of the

filler providing plastic deformation of the applied layer of the composite material. It was found that the shape of the particles of the composite material does not significantly affect the quality of the resulting precipitation. Therefore, at choosing a simulated shape of the particles the authors took into consideration the form of balls. Under these conditions, the electrolyte plays the role of a conductive medium that insignificantly influence the structure of the resulting precipitation. This technology of electrolytic coatings application allows obtaining compressive stress in the formed layer, which has a positive effect on the strength characteristics of the different parts. To determine the concentration of the filler, a hypothesis about the uniform distribution of its particles in the electrolyte jet was adopted.

KEYWORDS: chromium-based composite coating, nozzle diameter, jet speed, compressive stresses, concentration of filler, attack angle.

В последние годы успешно развивается технология осаждения композитных гальванических покрытий, которые получают из суспензий, представляющих собой электролит с добавкой определенного количества дисперсного порошка. Включение дисперсных материалов в металлическую матрицу значительно изменяет свойства покрытий. Гальванические покрытия с дисперсной фазой обладают уникальными свойствами и могут быть использованы для решения разнообразных проблем, возникающих на всех этапах жизненного цикла машиностроительного объекта. Работы в этой области охватывают не только этапы разработки, изготовления или ремонта машин и оборудования, но и дальнейший период их эксплуатации, в том числе обкатку, техническое обслуживание, тюнинг и безразборный ремонт.

Осаждение гальванических композитных покрытий струйным методом рассматривается с позиций теоретической механики. В этой связи принята соответствующая модель процесса осаждения, учитывающая кинематику и динамику процесса, но абстрагирующаяся от процессов деформации осаждаемого покрытия. Это позволило описать формирование слоя композитного покрытия и показать зависимость данного процесса от геометрических параметров инструмента и его расположения относительно обрабатываемой поверхности. Были исследованы параметры движения частиц при вылете из сопла при сочетании различных начальных условий.

Двухкомпонентная струя может быть рассмотрена упрощенно в виде однокомпонентного потока взаимодействующих абразивных частиц, что значительно упростит применяемый математический аппарат. При этом остается возможным описать кинематику и динамику процесса осаждения покрытия на восстанавливаемую поверхность.

Реальные частицы абразивного материала имеют неправильную и весьма сложную форму, их представляют обычно в виде правильных тел, чаще всего эллипсоидов или сфер [4, 8, 10]. В принятых допущениях абразивные частицы принимаются имеющими форму сфер [9], размеры которых – случайные величины. Эти размеры подчинены закону распределения, согласующемуся с процентным содержанием крупной, основной и мелкой фракций абразивного материала [6, 8, 10].

Благодаря моделированию процесса осаждения, в ходе которого двухкомпонентная среда (стандартный электролит хромирования и композитный материал) рассматривается в виде однокомпонентного потока, подобное допущение может быть объяснено исключительной ролью наполнителя, обеспечивающего пластическую деформацию наносимого слоя композитного материала.

Ранее было установлено, что форма частиц композитного материала не оказывает существенного влияния на качество получаемых осадков, поэтому при выборе моделируемой формы частицы принимались в рассмотрение в виде шаров. В этих условиях электролит играет роль токопроводящей среды, которая не оказывает существенного влияния на структуру получаемых осадков. Для определения концентрации наполнителя была принята гипотеза о равномерном распределении его частиц в струе электролита.

Содержание абразивного материала по фракциям распределялось следующим образом [10]: 65 % – основная, 30% – мелкая, 5% – крупная. Таким образом, величины процентного содержания фракций в абразивном материале эквивалентны величинам вероятностей появления частиц, соответствующих данной фракции.

Реализация размеров частиц потока воспроизводится приемами статического моделирования [2, 11] в два этапа.

На первом этапе определяется фракция частицы сопоставлением значения случайного числа – размера частицы с равномерным законом распределения вероятностей, которое воспроизводится с помощью стандартного генератора псевдослучайных чисел.

На втором этапе устанавливается значение размера диаметра сферы частицы внутри диапазона, соответствующего выбранной на первом этапе фракции

$$d_{rj} = d_{k-1} + \frac{d_k - d_{k-1}}{P_k - P_{k-1}} (\gamma - P_{k-1}), \quad (1)$$

где d_{k-1} и d_k – предельные значения радиусов, соответствующие данной фракции частиц;

P_{k-1} и P_k – вероятности появления соответственно $k-1$ -й и k -й фракции частиц;

γ – псевдослучайное число с равномерным законом распределения вероятностей.

Показатели физико-механических свойств материала абразивных частиц (твёрдость, плотность, коэффициент Пуассона, модуль упругости, прочность на срез) являются случайными величинами с нормальным законом распределения вероятностей [3], которые воспроизводятся с помощью датчиков случайных чисел.

Параметры закона распределения (математическое ожидание и дисперсия) устанавливаются по известным методикам и справочным данным.

Рассчитанный диаметр частицы, берущийся как среднее размера фракции используемого абразива и плотности материала, позволяет определить массу движущейся частицы как

$$m_i = \frac{\pi d_r^3 \rho_r}{6}, \quad (2)$$

где d_r – средний диаметр размера фракции абразива;

ρ_r – плотность абразива.

Дальнейшее исследование выполнялось с абразивными частицами, движущимися с постоянными скоростью и углом атаки (по отношению к обрабатываемой поверхности).

В результате анализа литературы установлено, что при использовании сопла Лавалля [3, 5] скорость частиц на срезе можно принять равной скорости истечения сжатого воздуха через это сопло

$$v_r = \sqrt{\left(2 \frac{k}{k-1} R T_0\right) \left(1 - \frac{p^{\frac{k-1}{k}}}{p_0}\right)}, \quad (3)$$

где k – показатель адиабаты, для воздуха $k = 1,4055$;

R – удельная газовая постоянная, $R = 287$ Дж/(кг·К);

p_0 и T_0 – давление и температура сжатого воздуха до попадания в сопло Лавалля [5];

p – давление воздуха на срезе сопла, равное атмосферному давлению $p = 0,1$ МПа.

Величина угла атаки частицы зависит от технологических особенностей моделируемого процесса обработки [1]. Например, в случае исследования обработки потоком частиц, сформированным сопловым аппаратом, принимаем, что все частицы потока имеют одинаковый угол атаки. При этом величина угла может изменяться в широких пределах (практически от 0 до 180°).

Длина струи устанавливается во взаимосвязи с углом атаки α и расстоянием L_1 (см. рис.) от торца сопла до обрабатываемой поверхности:

$$L = \frac{L_1}{\sin \alpha}. \quad (4)$$

Таким образом, длина струи в данной модели непосредственно не задается, а рассчитывается по выражению (4). В частном случае, при $\alpha = 90^\circ$, расстояние от торца сопла до обрабатываемой поверхности равно длине струи (см. рис.).

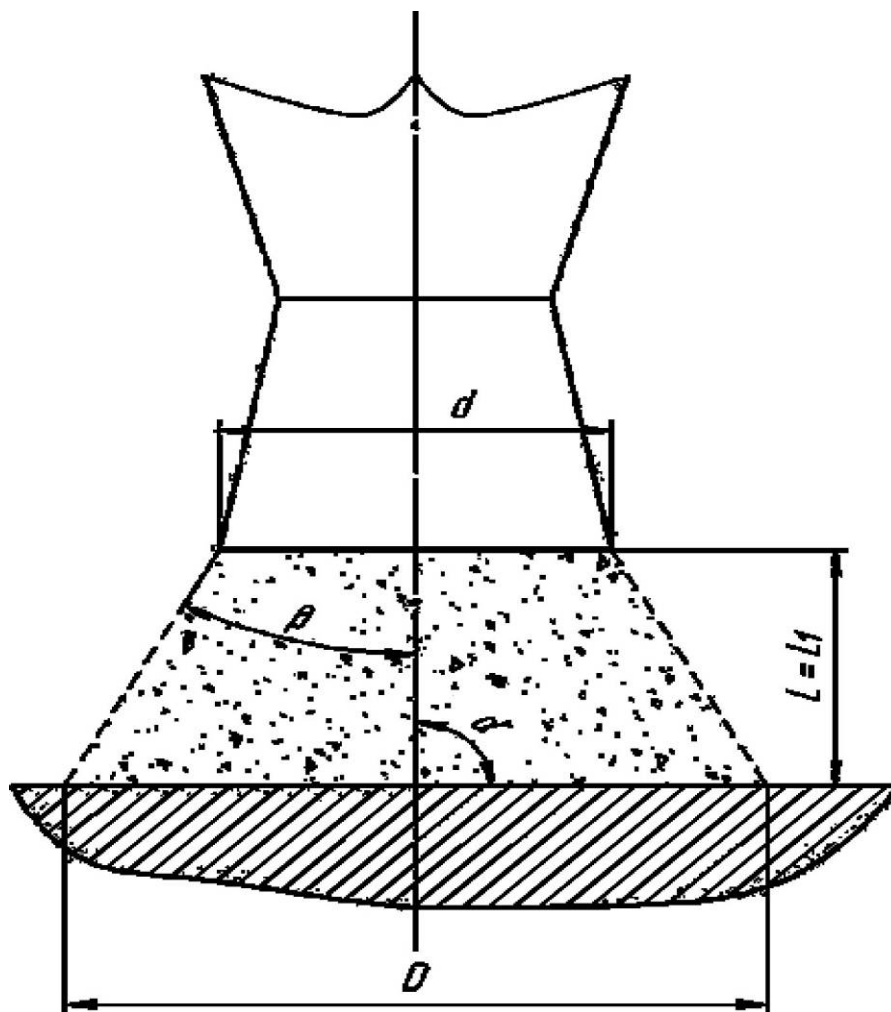


Схема нанесения покрытия на обрабатываемую поверхность

Количество абразивных частиц, долетающих до поверхности восстанавливаемой детали с необходимой кинетической энергией, то есть количество актов единичного контактного взаимодействия, обусловлено концентрацией абразивного материала в потоке, величиной расхода в единицу времени через срез сопла, а также временем и маршрутом перемещения сопла по обрабатываемой поверхности [7].

Поскольку абразивные частицы равномерно распределены в потоке, концентрация частиц, находящихся в единице объема, будет довольно точно характеризовать распределение компонентов струи по всему объему струи. Поток выбрасываемых сопловым аппаратом абразивных частиц представляет собой усеченный конус (см. рис.), объем которого определяется как

$$V = \frac{\pi L}{12} (d^2 + D^2 + dD). \quad (5)$$

В свою очередь, диаметр пятна контакта D струи абразивных частиц в зависимости от диаметра на срезе соплового аппарата d и длины струи L находим по формуле

$$D = d + 2L \operatorname{tg} \beta, \quad (6)$$

где β – центральный угол раскрытия сопла, который обычно выбирают в пределах 6–8 градусов.

После подстановки и преобразований выражение (5) приобретает вид

$$V = \frac{\pi L}{12} (3d^2 + 6dL \operatorname{tg} \beta + 4L^2 \operatorname{tg}^2 \beta). \quad (7)$$

Зная скорость, с которой частицы выходят из соплового аппарата v_r , и считая эту скорость постоянной, находим время, в течение которого горизонтальный слой частиц переместится от среза соплового аппарата до обрабатываемой поверхности

$$\Delta t = \frac{L}{v_r} \quad (8)$$

Зная количество частиц, выбрасываемых сопловым аппаратом в единицу времени, можно найти количество частиц, находящихся в объеме рассмотренного выше конуса

$$N_e = N_c \Delta t = N_c \frac{L}{v_r}. \quad (9)$$

Тогда количество частиц, находящихся в единице объема, будет равно

$$k = \frac{N_e}{V} = \frac{12 N_c \frac{1}{v_r}}{\pi L (3d^2 + 6dL \operatorname{tg} \beta + 4L^2 \operatorname{tg}^2 \beta)}, \quad (10)$$

где v_r – скорость частиц на срезе, определяется в соответствии с (3).

Выводы

Предлагаемая технология нанесения электролитических покрытий позволяет получать остаточные напряжения сжатия в нанесенном слое, что положительно сказывается на прочностных характеристиках обрабатываемых деталей.

Проведенные исследования позволили определить параметры струи: скорость движения абразивных частиц, диаметр частиц и их взаимосвязь, что дает возможность прогнозировать качество получаемых осадков в зависимости от выбора условий осаждения покрытия.

Библиографический список

1. Вайнер Я.В. Технология электрохимических покрытий / Я.В. Вайнер, М.А. Дасоян. – Ленинград : Машиностроение, 1972. – 464 с.
2. Вячеславов П.М. Методы испытаний электролитических покрытий / П.М. Вячеславов, Н.М. Шмелева. – Ленинград : Машиностроение, 1977. – 88 с.
3. Ильюшин А.А. Механика сплошной среды / А.А. Ильюшин. – Москва : МГУ, 1971. – 248 с.
4. Кудрявцев Н.Т. Электролитические покрытия металлами / Н.Т. Кудрявцев. – Москва : Химия, 1979. – 352 с.
5. Ландау Л.Д. Гидродинамика / Л.Д. Ландау, Е.М. Лившиц. – Москва : Физматлит, 2006. – 736 с.
6. Левитский В.С. Хромирование деталей машин и инструмента / В.С. Левитский. – Москва – Киев : Машгиз, 1956. – 268 с.
7. Марченко Ю.В. Отделочная обработка в свободных абразивных средах на машинах с пространственными маятниковыми колебаниями : дис. ... канд. техн. наук : 05.02.08 / Ю.В. Марченко. – Старый Оскол, 2001. – 201 с.
8. Напряжения в композитных материалах, используемых при ремонте деталей машин / С.Ю. Жачкин, Н.А. Пеньков, О.А. Сидоркин, С.В. Нелысов, В.Г. Беленцов // Труды ГОСНИТИ. – 2016. – Т. 124, № 2. – С. 52–57.
9. Никитин Н.Н. Курс теоретической механики / Н.Н. Никитин. – Москва : Высшая школа, 1990. – 607 с.
10. Хан Х. Теория упругости. Основы линейной теории и ее применения / Х. Хан. – Москва : Мир, 1988. – 344 с.
11. Zhachkin S.Yu. The technical definition of permanent dispersion-strengthened composite multilayer galvanic coatings / S.Yu. Zhachkin, N.A. Penkov, M.N. Krasnova // Australian Journal of Education and Science. – 2018. – Vol. XI, No. 1 (21). – Pp. 238–253.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Сергей Юрьевич Жачкин – доктор технических наук, профессор кафедры автоматизированного оборудования машиностроительного производства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Российская Федерация, г. Воронеж, e-mail: zhach@list.ru.

Никита Алексеевич Пеньков – кандидат технических наук, начальник лаборатории ФГКВОО 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, Российская Федерация, г. Воронеж, e-mail: myth_np_nikit@mail.ru.

Роман Владимирович Беляев – начальник НИЦ ФГКВОО 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, Российская Федерация, г. Воронеж, e-mail: myth_np_nikit@mail.ru.

Дата поступления в редакцию 07.07.2018

Дата принятия к печати 05.08.2018

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Sergey Yu. Zhachkin – Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Automated Production Equipment and Machinery, Voronezh State Technical University, Russian Federation, Voronezh, e-mail: zhach@list.ru.

Nikita A. Penkov – Candidate of Engineering Sciences, Head of the Laboratory, 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, Russian Federation, Voronezh, e-mail: myth_np_nikit@mail.ru.

Roman V. Belyaev – Head of Scientific Center, 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, Russian Federation, Voronezh, e-mail: myth_np_nikit@mail.ru.

Received July 07, 2018

Accepted August 05, 2018

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПРОДУКТА НА РАСТИТЕЛЬНОЙ ОСНОВЕ

Марат Ильдусович Калимуллин¹
Сай-Суу Сайын-ооловна Сади¹
Александр Николаевич Австриевских²
Валерий Михайлович Позняковский¹

¹Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт

²Научно-производственное объединение «Артлайф», г. Томск

Представлена технология производства нового вида специализированного продукта в таблетированной форме БАД, в научно обоснованную рецептуру которого входят растительные ингредиенты (побеги черники, листья березы, брусники, крапивы, мяты перечной, корень артишока, девясила, имбиря, стебли и листья зверобоя и горца птичьего, экстракты лопуха, малины, полыни и гинкго билобы, чеснок сублимированный), а также комплекс эссенциальных биологически активных веществ, обладающих синергическим действием в отношении коррекции обменных процессов при сахарном диабете второго типа. Определены технологические этапы производства: подготовка сырья; дозирование; просеивание; смешивание; влажное гранулирование; сушка гранулята; сухая грануляция; таблетирование, обеспыливание; пленочное покрытие; отделение продукции, не соответствующей требованиям технической документации. Установлены регулируемые параметры, формирующие, наряду с рецептурным составом, показатели качества и пищевой ценности разработанного продукта: смешивание при комнатной температуре в течение 60 мин.; влажное гранулирование через фильеру с отверстиями 1 мм, количество увлажнителя (очищенной воды) – 50% от сухой массы, температура влажных гранул на выходе – не выше 40°C; сушка гранулята при температуре не выше 60°C в течение 1,5–2 ч., остаточная влажность 8–9%; таблетирование при рабочем давлении не выше 50 Н; приготовление пленочного покрытия при скорости вращения лопастей мешалки в реакторе-гомогенизаторе не более 10 об/мин в течение 15 мин. с последующим пропуском раствора через фильтр с диаметром отверстий 0,315–0,450 мм. Эффективность и функциональные свойства БАД подтверждены результатами клинических исследований, разработанный продукт включен в Реестр продукции, прошедшей государственную регистрацию в Роспотребнадзоре, и рекомендован больным сахарным диабетом второго типа. Технология апробирована на предприятиях НПО «Артлайф» (г. Томск) с организацией массового производства.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: растительный биологически активный комплекс, технологические параметры, пищевая ценность, функциональные свойства, эффективность.

DEVELOPMENT OF A PRODUCTION PROCESS AND EVALUATION OF QUALITATIVE CHARACTERISTICS OF A SPECIALIZED PLANT-BASED PREPARATION

Marat I. Kalimullin¹
Sai-Suu S. Sadi¹
Alexandr N. Avstrieviskh²
Valeriy M. Poznyakovskiy¹

¹Kemerovo State Agricultural Institute

²Artlife Scientific and Production Association, Tomsk

The paper discusses key features of a production process of a new type of specialized product in the tablet form of a dietary supplement, which science-based formulation includes herbal raw stuffs (i.e. shoots of blueberry; leaves of birch, cowberry, nettle, peppermint; roots of artichoke, inula, ginger; stems and leaves of common St. John's wort and knot-grass; extracts of burdock, raspberry, wormwood and Ginkgo biloba; sublimated garlic), as well as a

complex of essential biologically active substances with synergistic effect on the correction of metabolic processes in Type 2 diabetes mellitus. Technological stages of production process are defined as follows: preparation of raw materials; dosing; sieving; mixing; wet granulation; drying of granulate; dry granulation; tableting, dedusting; film coating; separation of products that failed to meet the requirements of technical documents. The authors specify those controlled parameters that in addition to formulation composition form indicators of quality and nutritional value of the developed product: mixing is carried out at room temperature for 60 minutes; wet granulation is realized through a spinneret with holes of 1 mm, the amount of humidifier (purified water) is 50% by dry weight, the temperature of wet granules on exit from the granulation chamber is no higher than 40°C; drying of the granulates is carried out at a temperature not higher than 60°C for 1.5–2 hours, residual humidity is 8–9%; tableting is performed at an operating pressure not higher than 50 N; preparation of the film coating is implemented at the speed of rotation of the agitator blades of the reactor-homogenizer no more than 10 rpm for 15 minutes, then the solution is infiltrated using filters with hole diameter of 0.315–0.450 mm. The effectiveness and functional properties of dietary supplements are confirmed by the results of clinical studies, the developed product is included in the Register of Products That Have Passed State Registration in Rospotrebnadzor, and is recommended for patients suffering from Type 2 diabetes mellitus. The proposed production process of the specialized herbal preparation passed evaluation test at the enterprises of the Artlife Scientific and Production Association (Toms), received approval, and on completion of testing mass production was organized.

KEYWORDS: plant-based biologically active complex, technological parameters, nutritional value, functional properties, effectiveness.

Введение
Переработка сельскохозяйственного сырья и производство на его основе пищевой продукции для обеспечения здорового питания являются одним из стратегических направлений развития агропромышленного комплекса России на ближайшее время [5, 8]. Особое значение приобретает разработка новых технологий специализированных продуктов, в том числе биологически активных добавок (БАД), которые могут производиться в различных формах: жидкой, гранулированной, таблетированной, в виде экстрактов, пищекокцентратов и др. [1, 7].

Использование БАД в рационе современного человека является одним из доступных и эффективных путей коррекции питания и здоровья, учитывая всесезонный дефицит эссенциальных нутриентов и широкое распространение алиментарных (неинфекционных) заболеваний, приводящих к неоправданным социальным и экономическим потерям [6, 10–13].

Материалы и методы

В качестве материалов использовали исходное растительное сырье (листья, стебли и побеги различных растений, в том числе лекарственных), полуфабрикаты (экстракты) и готовую продукцию (комплекс эссенциальных биологически активных веществ в форме БАД).

На различных этапах технологического процесса было задействовано следующее лабораторное и промышленное оборудование:

- смеситель V-образный;
- вибросито № 4;
- молотковая мельница;
- экструдер пресс-автомат;
- шкаф сушильный;
- гранулятор;
- машина таблеточная роторная;
- установка для нанесения пленочного покрытия;
- автоматическая фасовочная линия [1].

При исследовании показателей качества и функциональной направленности БАД применяли общепринятые и специальные методы испытаний [2, 3].

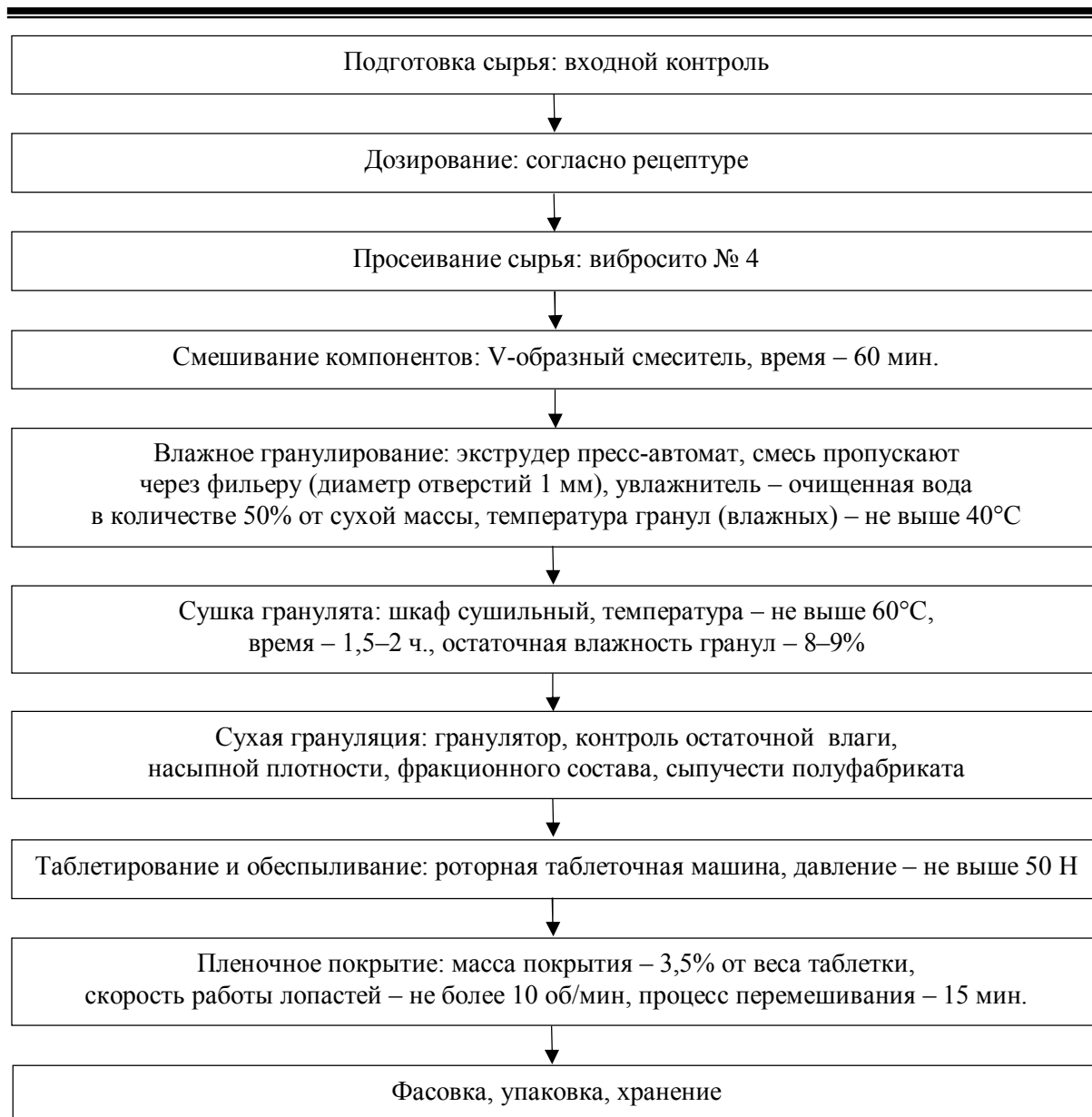
Результаты и их обсуждение

Научно обоснована рецептура нового специализированного продукта в таблетированной форме БАД (табл. 1).

Таблица 1. Состав специализированного продукта на растительной основе

Наименование ингредиента	Содержание в 1 таблетке массой 0,5 г, мг
Надземная масса горца птичьего (спорыш)	25
Побеги черники	100
Листья мяты перечной	12,5
Листья березы	37,5
Листья крапивы	25
Листья брусники	35
Корень девясила	25
Корень артишока	25
Корень имбиря	10
Стебли и листья зверобоя	25
Экстракт малины	12,5
Экстракт гинкго билоба	5
Экстракт полыни	25
Экстракт лопуха	12,5
Чеснок сублимированный	5
Витамин D	1,35 мкг
Кальция пантотенат	1
Никотиновая кислота	0,25
Токоферол	0,9
Рибофлавин	0,2
Тиамин	0,25
Ретинол	0,2
Пиридоксин	0,25
Цианокобаламин	0,45 мкг
Фолацин	0,075
Биотин	24,6 мкг
Кверцетин	7,5
Рутин	7,5
Бромелайн	5
Папаин	5
Оксид цинка	3,3
L-карнитин	2,5
Кофермент Q ₁₀	2,5
Пиколинат хрома	0,83
Октакозанол	1,25
Сульфат марганца	2,5

Разработана технология с определением регулируемых параметров производства, которая включает следующие основные этапы (см. рис.).

**Технологическая схема производства БАД**

Подготовка сырья. Входной контроль осуществляется согласно рабочей процедуре руководства по качеству. Сырье передается со складского помещения с регистрацией веса согласно технологической карте и направляется в закрытых промаркированных технологических емкостях в производство. Емкости маркируются в виде идентифицирующих этикеток с сигнальной полосой зеленого цвета, свидетельствующей о соответствии используемого сырья требованиям сопроводительных документов.

Дозирование сырья. Исходя из рецептурного состава продукта осуществляется дозирование продукта с фиксацией каждой навески в технологической карте.

Просеивание сырья. Отдельные ингредиенты, входящие в состав БАД, просеивают сквозь вибросито № 4 и перегружают в смеситель.

Смешивание осуществляют в V-образном смесителе в течение 60 мин. Готовый полуфабрикат взвешивают и маркируют с регистрацией информации в сопроводительном документе. Однородность смеси оценивают с использованием метода надавливания пестиком на поверхность, смесь не должна содержать вкраплений, блесков и комков.

Процесс влажного гранулирования. Производят с применением экструдера пресс-автомата путем пропуска приготавленной смеси через фильеру (диаметр от-

верстий 1 мм) с наличием очищенной воды в качестве увлажнителя в количестве 50% от сухой массы и температурой гранул (влажных) не более 40°C.

Сушка гранулята. Процесс сушки гранулята осуществляется в течение 1,5–2 ч. при температуре не более 60°C. Для обеспечения равномерного процесса сушки массу гранул периодически перемешивают. По окончании сушки остаточная влажность гранул должна составлять не более 8–9%. Готовую продукцию перегружают в технологические емкости, определяют вес с регистрацией на этикетке наименования производимого продукта, его количества, номера партии и даты изготовления.

Сухая грануляция осуществляется на грануляторе с обязательным контролем остаточной влаги, насыпной плотности, фракционного состава и сыпучести полуфабриката.

Процесс таблетирования и обеспыливания. Таблеточную массу направляют на прессование, которое осуществляют на роторной таблеточной машине с давлением не выше 50 Н. Проводят экспертную оценку внешнего вида: сколы, трещины, пятна и инородные включения должны отсутствовать, таблетки должны иметь гладкую поверхность, не должно быть слоений. В процессе таблетирования контролируют среднюю массу таблеток, каждые 30 мин. взвешивая 20 таблеток, а также прочность на излом. Полученный полупродукт затем помещают в маркированные емкости, имеющие следующую информацию на этикетке: наименование продукции и количество, номер партии и дата изготовления.

Пленочное покрытие. Таблетки помещают в установку для нанесения пленочного покрытия и при помощи реактора-гомогенизатора и работающей мешалки осуществляют напыление. Масса покрытия составляет 3,5% от веса таблетки. Готовят 27,82 кг пленочного покрытия в виде раствора на 100 кг. Осуществляют процесс отдозирования пленочного покрытия в количестве 3,5 кг в реакторе-гомогенизаторе в условиях работающей мешалки при скорости работы лопастей не более 10 об/мин, что предотвращает образование пены. Процесс перемешивания длится 15 мин. При включенной мешалке подключают гомотенизатор на 10 мин., раствор перекачивают в расходный реактор установки при помощи насоса, пропуская через фильтр с диаметром отверстий 0,315–0,450 мм. К готовой продукции предъявляются требования, установленные технической документацией: сколы, раковины должны отсутствовать, поверхность должна быть гладкой, иметь равномерную окраску и глянец.

Отделение не соответствующей по внешнему виду продукции. Некондиционные таблетки перерабатывают согласно процедуре, установленной в руководстве по качеству. Продукция, соответствующая заданным показателям качества, загружается в емкость, которую маркируют с указанием на этикетке наименования продукта, его количества, номера партии, даты изготовления.

Фасовка и упаковка. Осуществляют в соответствии с технической документацией на разрабатываемый продукт и нормативными документами Госсанэпиднадзора РФ, разрешающими контакт упаковочных материалов с пищевой продукцией. Готовый продукт направляют в аккредитованную испытательную лабораторию для оценки соответствия заданных показателей качества и безопасности требованиям технической и нормативной документации.

Преимуществом технологии таблетирования является возможность точного дозирования биологически активных компонентов комплекса в условиях прессования. Таблетки отличаются также незначительным объемом и удобством в хранении. Специальное пленочное покрытие позволяет повысить прочность таблеток, защитить их от негативных воздействий внешней среды – света, влаги, кислорода и углекислоты. Все это позволяет позиционировать разработанную технологию как инновационную с учетом ее востребованности в производстве специализированных продуктов питания.

С учетом технологических параметров производства, результатов органолептических, физико-химических и микробиологических исследований определена пищевая ценность БАД, показатели которой регламентируются технической документацией (табл. 2).

Таблица 2. Показатели пищевой ценности БАД

Регламентируемые показатели	В 1 таблетке, мг, не менее
Аскорбиновая кислота	8,6
Хром	0,1
Цинк	2,3
Флавоноиды	10
Танины	20
Марганец	0,8

Установлены сроки и режимы хранения – 3 года с «запасом прочности» 3 месяца при температуре не выше 25°C, в сухом защищенном от света месте.

Разработанный продукт прошел экспертизу в испытательном центре Роспотребнадзора и ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (г. Москва) и на основании результатов исследования включен в Реестр продукции, прошедшей государственную регистрацию в Роспотребнадзоре. Согласно заключениям экспертов научно обоснованное сочетание ингредиентов фитокомплекса обеспечивает необходимый уровень глюкозы, нормализацию работы поджелудочной железы и желудочно-кишечного тракта, повышает активность процессов микроциркуляции, нормализует обмен углеводов и жиров.

Прием специализированного продукта показан лицам с нарушением толерантности к глюкозе и сахарным диабетом с целью улучшения качества жизни и предупреждения развития осложнений заболевания. Назначают взрослым во время еды 2 раза в день по одной таблетке, продолжительность приема – 1 месяц. Прием 2 таблетированных форм специализированного продукта обеспечивает поступление необходимого количества незаменимых пищевых ингредиентов (табл. 3).

Таблица 3. Содержание пищевых эссенциальных веществ в разработанном продукте

Наименование вещества	мг/100 г	% от рекомендуемого уровня суточного потребления
Ретинол (А)	0,4	40
Токоферол (Е)	1,8	12
Аскорбиновая кислота (С)	20,6	29
Тиамин (В ₁)	0,38	22
Рибофлавин (В ₂)	0,38	19
Ниацин (РР)	4,2	21
Пиридоксин (В ₆)	0,46	23
Пантотеновая кислота (В ₅)	1,8	36
Цинк	4,6	38
Биотин (Н)	49,2	98
Цианокоболамин (В ₁₂)	0,8	27
Фолиевая кислота (В ₉)	135	34
Витамин D	2,7	54

Эффективность и функциональные свойства БАД подтверждены результатами клинических испытаний.

Больные принимали БАД на фоне сахаропонижающей терапии фармпрепаратом, контрольная группа – только фармакотерапию. Изучена динамика содержания глюкозы в крови натощак и после приема пищи. У пациентов, принимавших фитокомплекс, уменьшалось содержание глюкозы в крови, что говорит о более полноценном ее усвоении. Наблюдались положительные изменения жирового обмена и снижение уровня общего холестерина на 28% от исходного, на 23% уменьшалось количество триглицеридов. Пациенты отмечали улучшение самочувствия, отсутствие жажды и сухости во рту, к исходу наблюдения, через один месяц – снижение индекса массы тела.

Таким образом, полученные материалы свидетельствуют о наличии профилактического эффекта фитокомплекса в отношении отрицательной динамики развития заболевания. Разработанный продукт может быть использован в комплексной терапии сахарного диабета второго типа.

Технология специализированного продукта в форме БАД апробирована в условиях производства компании «Артлайф» (г. Томск). Предприятия компании сертифицированы по требованиям международных стандартов серии ISO 9001, 22000 и правил GMP, что является гарантией стабильности заданных характеристик.

Выводы

Разработана инновационная технология таблетированной формы специализированного продукта, преимуществом которой является точное дозирование компонентов рецептуры, незначительный объем, удобство в хранении и транспортировании, защита содержимого от агрессивных воздействий факторов внешней среды.

Установлены следующие щадящие технологические параметры производства:

- влажное гранулирование при температуре не выше 40°C;
- процесс сушки гранулята с температурой, не превышающей 60°C, и остаточной влажностью не более 8–9%.

Другие технологические процессы осуществляются в условиях комнатной температуры, что в целом обеспечивает стабильность качественных характеристик.

Определены сроки и режимы хранения БАД – 3 года с «запасом прочности» 3 месяца при температуре не выше 25°C.

Получены клинические доказательства эффективности и функциональной направленности.

Библиографический список

1. Австриевских А.Н. Продукты здорового питания: новые технологии, обеспечение качества, эффективность применения / А.Н. Австриевских, А.А. Вековцев, В.М. Позняковский. – Новосибирск : Сиб. унив. изд-во, 2005. – 416 с.
2. Аналитические методики для контроля пищевых продуктов и продовольственного сырья (показатели безопасности). Ч. 1 ; под ред. А.Б. Белова и С.Н. Быковского. – Москва : Изд-во «Перо», 2014. – 232 с.

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА В ИНТЕГРИРОВАННЫХ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ФОРМИРОВАНИЯХ

**Константин Семенович Терновых
Лидия Васильевна Данькова
Наталья Александровна Золотарева
Юрий Алексеевич Пименов**

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Представлены результаты исследования, проведенного с целью определения места интегрированных агропромышленных формирований (ИАПФ) в производстве молока и выявления особенностей организации производства в молочном скотоводстве. В процессе исследования установлено, что в интегрированных структурах АПК, занимающих 54,9% площади сельхозугодий и содержащих 63,8% поголовья коров всех сельскохозяйственных предприятий Воронежской области, производится 67,8% молока от всего производимого объема. На примере ГК «ЭкоНива» и ООО СХП «Молоко Черноземья» Воронежской области произведена сравнительная оценка организации производства молока в корпоративных структурах, позволившая выявить определенные различия в породном составе стада, его воспроизводстве, генетическом потенциале, в системах кормления, содержания и доения коров, в системе навозоудаления, в формах и способах организации труда и его оплаты, а также определены приоритетные направления инновационного развития молочного скотоводства: рост генетического потенциала молочного стада за счет приобретения и разведения новых пород скота, адаптированных к условиям региона (природно-климатической среде содержания и кормовой базе); внедрение инновационных технологий содержания молочного скота и новых методов организации основных производственных операций – кормления (использования новых способов приготовления и скармливания кормов и кормовых смесей, современных кормовых и минеральных добавок), поения, доения, навозоудаления и т. п.; модернизация материально-технической базы отрасли скотоводства и сопряженных с ней отраслей – кормопроизводства, хранения, транспортировки и переработки продукции и др.; внедрение прогрессивных форм и способов организации труда и его оплаты. **КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** молочное скотоводство, интегрированные структуры, инвестиционные проекты, формы и способы организации производства, эффективность.

ORGANIZATIONAL FACTORS OF MILK PRODUCTION IN THE INTEGRATED AGRO-INDUSTRIAL FORMATIONS

**Konstantin S. Ternovych
Lidiya V. Dankova
Natalia A. Zolotareva
Yuriy A. Pimenov**

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

The paper presents the results of studies carried out in order to determine place and role of integrated agro-industrial formations (IAIF) in the production of milk and to identify the features of the organization of production in dairy cattle breeding. It was found that occupying 54.9% of the utilized agricultural area and keeping 63.8% of cow population of all agricultural enterprises of Voronezh Oblast, integrated structures of the regional Agro-Industrial Complex produced 67.8% of milk of the annual output. The authors took an assessment of milk production organization in corporate structures as exemplified by Group of Companies 'EkoNiva' and OOO SHP 'Moloko Chernozemlya' of Voronezh Oblast, identified certain differences in breed composition of the herd, its reproduction and genetic potential, in feeding, keeping and milking systems, in the system of manure removal, as well as in the forms and methods of labor organization and its payment. Based on the results of the performed analysis they defined the priority directions of innovative development of dairy cattle breeding: the growth of the

genetic potential of dairy herd through the acquisition and breeding of new breeds of cattle adapted to the conditions of the region and corresponding to natural and climatic environment of keeping and fodder supplies; introduction of innovative technologies of dairy cattle management and new methods of organization of such production operations as feeding (use of new ways of preparation and feeding of fodders and forage mixtures, modern fodder and mineral additives), watering, milking, manure removal, etc.; modernization of material and technical basis of cattle breeding industry and of agro-based industries (i.e. forage production, storage, transportation and processing of production, etc.); introduction of progressive forms and methods of labor organization and its payment.

KEYWORDS: dairy cattle breeding, integrated structures, investment projects, forms and methods of production organization, efficiency.

В условиях действия зарубежных санкций, колебания цен на нефть активизировался поиск стратегических приоритетов по повышению эффективности российской экономики. Особое место в этом направлении принадлежит сельскому хозяйству, в том числе и подотрасли молочного скотоводства, развитие которых позволит преодолеть зависимость страны от импортного продовольствия и обеспечить продовольственную безопасность.

Стратегические ориентиры развития сельского хозяйства определены Государственной программой развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы, в которой предусмотрены ускоренное импортозамещение, обеспечение продовольственной независимости и безопасности страны [5]. Программа предусматривает развитие интеграционных связей в агропромышленном комплексе как ключевую цель, поскольку они должны обеспечивать достижение «синергетического эффекта при совместной деятельности» и решение «важнейшей социально-экономической задачи по созданию собственной продовольственной базы» [7].

Развитие интеграционных процессов активизировалось и в АПК Воронежской области. В регионе разработаны и приняты меры, направленные на увеличение финансирования за счет бюджета, средства которого используются на компенсацию части затрат на поддержку племенного животноводства, приобретение техники по кормопроизводству, доильного, холодильного и технического оборудования, на субсидии сельхозпроизводителям, реализующим молоко [8].

К положительным моментам развития интеграции в АПК можно отнести следующее:

- увеличение инвестиций;
- вовлечение в оборот заброшенных земель;
- рост оплаты труда;
- снижение безработицы на селе;
- модернизацию производства на основе инновационных технологий;
- сокращение транзакционных издержек в агропромышленной цепочке, происходящее вследствие создания инвесторами централизованного управления интегрированными формированиями, объединяющими сельхозтоваропроизводителей, переработчиков и торговцев продукцией [1, 6, 8].

С 2010 по 2016 г. в Воронежской области наблюдалось динамичное развитие интегрированных агропромышленных формирований, их количество за этот период увеличилось с 49 до 58. Проведенный анализ показывает, что в интегрированных структурах АПК, занимающих 54,9% площади сельхозугодий и содержащих 63,8% поголовья коров, производится 67,8% от объема молока всех сельскохозяйственных предприятий (табл. 1).

Таблица 1. Место интегрированных агропромышленных формирований в производстве молока сельскохозяйственными предприятиями Воронежской области

Показатели	Годы						
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Интегрированные структуры в АПК Воронежской области							
Площадь сельскохозяйственных угодий, тыс. га	1340	1138	1319	1312	1282	1608	1375
Площадь пашни, тыс. га	1138	1012	1167	1158	1147	1445	1238
Среднегодовое поголовье коров, гол.	39 846	28 704	41 712	48 335	43 878	51 439	56 312
Среднегодовой надой на 1 корову, кг	3500	4330	4641	4809	5869	6138	6481
Объем производства молока, тыс. т	139	127	201	232	258	316	365
Доля интегрированных структур в АПК в показателях с.-х. предприятий, %							
Площадь сельскохозяйственных угодий	52,9	45,7	53,2	54,5	52,0	65,3	54,9
Площадь пашни	53,6	47,8	54,8	56,0	54,1	67,5	56,3
Среднегодовое поголовье коров	54,5	39,6	54,3	57,8	55,2	61,2	63,8
Среднегодовой надой на 1 корову, кг	4264	4330	4713	4782	5509	5641	6096
Объем производства молока	44,4	40,1	55,4	58,0	58,9	66,7	67,8

Источник: рассчитано по данным департамента аграрной политики Воронежской области.

За последние семь лет в сельскохозяйственных предприятиях и в интегрированных структурах АПК отмечено увеличение:

- поголовья коров – на 43,1 и 16,5 тыс. гол., или на 55,9 и 41,3%;
- годового объема производства молока – на 219,8 и 226 тыс. т, или на 70,0 и 162,6%;
- надоя молока на одну фуражную корову – на 1832 и 2981 кг (надой достиг соответственно 6096 и 6481 кг [2, 4].

Анализ динамики потребления молока и молокопродуктов [3] свидетельствует о том, что Воронежская область характеризуется самым высоким уровнем потребления молока и молокопродуктов в расчете на 1 человека в год – 270 кг, что превышает аналогичный показатель по ЦФО и ЦЧР (табл. 2).

Таблица 2. Потребление молока и молокопродуктов на душу населения, кг

Годы	РФ	ЦФО	ЦЧР	Белгородская область	Воронежская область	Курская область	Липецкая область	Тамбовская область
2010	247	231	240	266	254	236	226	193
2011	246	229	240	259	263	237	229	185
2012	249	233	243	262	267	244	230	178
2013	248	233	244	262	269	244	232	179
2014	244	226	242	261	270	228	232	179
2015	239	228	236	260	270	200	229	174
2016	236	217	234	260	271	189	230	167
2016 г. в % к 2010 г.	95,5	93,9	97,5	97,7	106,7	80,1	101,8	86,5

Источник: [9].

Ежегодно в АПК Воронежской области вводятся в эксплуатацию 2–3 современных молочных комплекса вместимостью от 1200 до 3 тыс. голов дойного стада, за шесть последних лет их было построено 17. Общий объем инвестиций составил более 19 млрд руб.

Среди интегрированных структур, специализирующихся на молочном скотоводстве, выделяются ГК «ЭкоНива» и ООО СХП «Молоко Черноземья», в которых имеют место характерные особенности в организации производства молока.

ГК «ЭкоНива» основана в 2002 г., в ее состав входит два самостоятельных холдинга – ООО «ЭкоНива-АПК Холдинг» (молочное и мясное животноводство, растениеводство и семеноводство) и ООО «ЭкоНива-Техника Холдинг» (поставка импортной сельхозтехники, сервисное обслуживание, запчасти). Компания объединяет 22 хозяйства, расположенные на территории Лискинского, Каменского, Каширского и Бобровского муниципальных районов Воронежской области. Сейчас в компании, кроме достроенного молочного комплекса, функционируют 19 животноводческих подразделений, в том числе шесть ферм (на 500 гол., на 1,2 тыс. гол., две – на 1,8 тыс. гол. и две – на 2,2 тыс. гол.) с технологией беспривязного содержания.

ООО «ЭкоНива-АПК Холдинг» является лидером по производству молока в России и Европе, объединив 16 высокотехнологичных молочных комплексов с технологией беспривязного содержания, один из которых – с роботизированным доением. Произведены реконструкция и модернизация действующих молочных ферм в соответствии с передовыми животноводческими технологиями. В 2016 г. надой молока превысили 219 млн л. Ежедневно хозяйства холдинга дают порядка 850 т молока. На сегодняшний день общее поголовье составляет 72 820 голов, в том числе – 34 350 фуражные коровы.

ООО СХП «Молоко Черноземья» входит в агропромышленный холдинг «Молвест» (образован в 1992 г.) и занимает третье место по производству молочной продукции в России. В настоящее время является крупнейшим российским производителем без участия иностранного капитала с оценочной долей федерального рынка порядка 2%. Основная торговая марка выпускаемой молочной продукции – «Вкуснотеево». Объемы закупок сырого молока в 2014 г. составили 310 тыс. т, из них – 10,5 тыс. т собственное производство.

В настоящее время в ООО СХП «Молоко Черноземья» осуществляется реализация инвестиционного проекта на 5000 коров, которая позволит значительно увеличить объем производства и переработки собственного сырого молока и повысить контроль над качеством сырьевой базы.

Общая стоимость проекта оценивается на уровне 3512 млн руб., в том числе:

- 1504 млн руб. – строительно-монтажные и проектные работы;
- 1027 млн руб. – продуктивный скот, который закуплен у европейских компаний «КоопэксМонбельярд», Франция (порода монбельярд) и Bovi-Denmark A/S, Дания (джерсейская порода);
- 865 млн руб. – оборудование и техника для животноводства;
- 116 млн руб. – оборотный капитал, необходимый для запуска проекта.

Источниками финансирования инвестиционного проекта являются как собственные средства компании в размере 797 млн руб. (22,7%), так и заемные средства – 2715 млн руб. (77,3%).

На предприятиях ООО «ЭкоНиваАгро» содержится скот симментальской, швицкой, голштинской, красно-пестрой пород. Молодняк содержится на свежем воздухе, в индивидуальных и групповых домиках. Особое внимание уделено качеству и составу кормов. Нормированные и сбалансированные рационы для животных составлены с учетом продуктивности и физиологического состояния.

Доеение производится в доильных залах на установках типа «Елочка», «Параллель», «Карусель» и в роботизированных доильных боксах. Все доильные залы оснащены охладительным оборудованием. Менеджмент стада осуществляется при помощи программы DairyPlan, позволяющей вести тотальный контроль состояния поголовья.

Сравнительная характеристика способов организации производства молока в интегрированных структурах АПК представлена в таблице 3.

Таблица 3. Сравнительная характеристика способов организации производства молока в интегрированных структурах АПК

Показатели	ЗАО «Молвест», Аннинский район	ООО «ЭкоНиваАгро», Лискинский район
Виды товарной продукции	Молоко, говядина	
Породы животных	Монбельярд и джерсейская	Голштинская и симментальская
Поголовье	5,5 тыс. гол.	20 тыс. гол.
Воспроизводство стада	Воспроизводство стада происходит путем искусственного осеменения ректоцервикальным способом спермой быков-производителей	
Продуктивность	Джерсейская – 20,0 л в сутки (содержание жира более 6% и белка 4–4,5%)	Голштинская – 31,0 л в сутки (содержание жира 3,79% и белка 3,28%)
	Монбельярд – 28,0 л в сутки (содержание жира более 4,0% и белка 3,5–4,0%)	Симментальская – 24,0 л в сутки (содержание жира 3,95% и белка 3,27%)
Способ содержания	Беспривязное крупногрупповое содержание основного стада и ремонтного молодняка крупного рогатого скота	Привязное содержание в реконструированных типовых ключечниках, выгуливание на открытых площадках
Тип кормления	Кормление скота осуществляется по групповым рационам, в зависимости от продуктивности и физиологического состояния коров	
Система раздачи кормов	Раздача кормов животным осуществляется на кормовой стол механически, с помощью одношнекового миксера-смесителя	
Способ доения	Две доильные установки типа «Карусель» (каждая на 60 доильных мест) и 1 доильная установка «Елочка» (на 24 места)	Две доильные установки «Европараллель» (GEA WestfaliaSurge) (молокопровод) (на 24 места каждая)
Микроклимат	Индивидуальные котельные на газовом топливе, работающие в автоматическом режиме	
	На дорацивании: индивидуальныедомики для телят	
Навозоудаление	Механическое удаление навоза с сепарированием и дезинфекцией, с последующим использованием в качестве подстилки	Навоз удаляется пневмоудалителем
Организация труда	Бригадная форма организации труда	
Оплата труда	Повременная (оклад за отработанное время)	Сдельно-премиальная за произведенную продукцию (прирост, приплод) и за обслуживание животных

Специалисты животноводческих предприятий регулярно повышают квалификацию: стажировются в животноводческих предприятиях Германии и России, посещают крупнейшие отечественные и зарубежные выставки. Среди партнеров-переработчиков можно отметить ГК Danone, ЗАО «Молвест», ОАО «Тульский молочный комбинат», ООО «Лискинский гормолзавод».

Практически все произведенное молоко реализуется высшим сортом. Также молоко из ООО «ЭкоНиваАгро» поставляется для производства плавленых сыров под торговой маркой Hochland.

Животноводческий комплекс включает в себя три коровника на 480 мест каждый, доильный зал с оборудованием «WestfaliaSurge», родильное отделение, индивидуальные домики для телят, коровник на 300 гол. с блоком для проблемных животных, силосное хранилище на 28 тыс. т. Также имеется учебный корпус с конференц-залом для проведения с работниками и специалистами отрасли животноводства семинаров и тренингов.

Хозяйственный срок использования коров составляет 3–4 лактации.

Животноводческие комплексы оснащены насосами и аппаратурой водоочистки. Эта система защищает оборудование от двух- и трехвалентного железа, которое дает желтизну и окись, а также от магния и кальция, которые делают воду жесткой. В коровниках есть специальные поилки, глубина которых составляет 30 см, в свободном доступе для коров имеются сода, мел и соль.

На уровень продуктивности молочного стада большое влияние оказывают полноценно сбалансированные рационы, удовлетворяющие биологические потребности организма животных в питательных веществах.

Особенностью современного этапа развития инновационного кормопроизводства является широкомасштабное использование зарубежного опыта. Это обеспечивается путем приобретения иностранной техники, технологий, сортов и т. д. Например, в ООО «ЭкоНиваАгро» реализуется проект организации индустриального кормопроизводства, в котором предусматривается производство кормов по прогрессивной технологии, а скармливание кормов – в виде монокорма, состоящего из нескольких ингредиентов – сенажа, силоса, концентратов и патоки, причем корм готовится на комплексе, в специальном измельчителе-миксере.

В ООО «ЭкоНиваАгро» активно применяются прогрессивные технологии хранения объемистых кормов с использованием системы консервирующих препаратов, включающей биологические, полиферментные, химические и комплексные добавки.

Кроме того, освоены новые способы заготовки объемистых кормов, повышающие их качество на 15–25% (хранение сенажа и силоса в полимерных рукавах различной длины). Сено хранится только в закрытых сенохранилищах.

В настоящее время на животноводческом комплексе применяются следующие технологии:

- коровы содержатся в коровниках «WolfSystem» с групповыми и индивидуальными боксами;
- молодняк содержится на свежем воздухе в индивидуальных домиках;
- кормление осуществляется по нормированным и сбалансированным рационам, рассчитанным с учетом продуктивности и физиологического состояния животных;
- доение производится на доильной установке «Европараллель» фирмы «WestfaliaSurge» 2×24 с быстрым выходом;
- воспроизводство стада происходит путем искусственного осеменения ректоцервикальным способом спермой немецких быков-производителей;
- для управления стадом используется программа менеджмента стада «DairyPlan» и программа по племенной работе «СЕЛЭКС».

На комплексе работают 38 человек, в том числе: 1 начальник комплекса, 1 помощник начальника комплекса, 2 ветврача, 1 ветфельдшер, 1 работник, занимающийся обрезкой копыт.

Все части нового здания животноводческого комплекса взаимосвязаны и выстроены в единую технологическую цепочку. В коровниках на 480 мест размещены животные симментальской породы, привезенные из Германии и Австрии. Коровы распределены по продуктивности. Поскольку это особые животные (надой на одну немецкую корову составляет 21 литр, а на австрийскую – до 27 литров в сутки), то и технологию содержания для них подобрали специальную, беспривязную.

В животноводческом комплексе предусмотрена двухразовая уборка минитрактором, который собирает и транспортирует навоз в специальное хранилище.

Доение осуществляют три оператора машинного доения: один вытирает вымя от грязи, другой – обрабатывает специальным раствором, третий – присоединяет доильные стаканы по очереди каждой корове. Когда в вымени остается менее 200 г молока, доильный аппарат автоматически отключается и снимается с вымени. Контрольная панель, находящаяся в доильном зале, позволяет оператору отслеживать многие показания: начало, окончание процесса, скорость и движение коров в доильном зале, сепарацию и т. д. Все надоенное молоко поступает в так называемый «танк» – контейнер, где оно охлаждается.

Следует отметить, что каждая корова оснащена чипом. Вся информация во время доения поступает в компьютерный зал, где она считывается и обрабатывается. При этом контролируются температура, стельность, удои, качество молока. Исходя из этого определяются рационы для разных половозрастных групп крупного рогатого скота и особенности их содержания [10].

На компьютеры через электронную систему управления поступает информация о готовности той или иной коровы к искусственному осеменению. Отсортированное животное сразу же изолируется от общего потока и автоматически через отдельные ворота попадает в специальный станок. Путаница исключена, а следовательно, гарантированы и своевременный приплод, и высокая молочная продуктивность.

Система «СЕЛЭКС» позволяет накапливать информацию по животным, в частности о происхождении по всем известным рядам предков, об экстерьере и типе телосложения, о продуктивности по лактациям, о контрольных удоях, об отелах, об осеменении, о запуске и др. На основе такой информации осуществляются бонитировка животного, свод и анализ ее по годам, анализ генетического потенциала и др. Кроме того, производится формирование всех отчетов по животноводству, официально утвержденных Министерством сельского хозяйства РФ и Росстатом для сельскохозяйственных предприятий России.

Молодняк до двухмесячного возраста размещается в индивидуальныхдомиках холодного содержания, в которые новорожденных помещают сразу после отела. Как следствие, можно отметить меньший процент заболеваемости. Поскольку домики располагаются на улице, холод не дает размножаться болезнетворным бактериям. В такой «колыбели» теленок создает собственный микроклимат. Причем выпаивается молодняк сквашенным молоком, которого требуется 600–700 литров. Для выпаивания телят молоко сквашивают муравьиной кислотой при температуре 24°C в течение 2 суток. При таком кормлении сохранность телят достигает 99%, а среднесуточный прирост – 800–900 г.

На комплексе имеется 180 индивидуальных домиков, предназначенных для содержания телят до 2 месяцев, и 16 групповых домиков – для содержания до 6 месяцев по 14 гол. Размер коровников составляет 36 на 120 м. Имеется выгульная площадка для сухостойных коров на 1200 гол.

В хозяйстве систематически (ежемесячно) проводятся контрольные дойки. Племенной учет представлен карточками племенных коров, журналом искусственного осеменения формы № 10, журналом регистрации приплода и выращивания молодняка формы № 3. Ежегодно проводится бонитировка, на основании чего составляется план племенной работы на следующий год.

Основной формой организации труда на МТФ хозяйства является специализированная бригада. Животноводческие комплексы в достаточной мере обеспечены рабочей силой. Например, на животноводческом комплексе в селе Щучье работают три бригады со следующим расписанием: бригада № 1 первые три дня работает утром, вторые три дня – вечером, следующие три дня – выходные.

Оплата труда операторов машинного доения, телятниц, скотников и других работников животноводства производится по установленным расценкам за единицу полученной продукции (за 1 ц молока, прироста, за 1 голову приплода) и повременно из расчета 200 руб. за 1 час с применением повышающего коэффициента от 1 до 10. Расценки за продукцию в денежном выражении устанавливаются для каждой категории работников исходя из нормы производства продукции и тарифного фонда заработной платы. В молочном скотоводстве эти расценки дифференцированы по периодам (летняя и зимняя). Тарифный фонд в животноводстве определяется исходя из нормативной численности работников, рассчитанной по технологически обоснованным нормам обслуживания, профессионального состава животноводов и соответствующих годовых тарифных ставок. Труд работников, занятых на подвозе кормов и подсобных работах в животноводстве, оплачивается сдельно по расценкам за выполненную работу в соответствии с тарификацией работ и нормами выработки или повременно.

Натуральная оплата труда выдается согласно условиям коллективного договора. Дояркам, получившим от закрепленной группы соответствующее количество молодняка (90 телят от 100 коров), выдается 1 теленок бесплатно, более 91 головы – 2 теленка. Телятнице выдается 1 теленок бесплатно при сохранности 96% поголовья, а при 98% и более – 2 теленка. Скотникам при сохранности 100% поголовья выдается 1 теленок. При нарушении дисциплины работники лишаются натуральной оплаты.

Проведенный анализ свидетельствует о высокой экономической эффективности производства молока. Так, количество реализованного молока постоянно увеличивается, что связано с периодическим увеличением поголовья высокопродуктивных коров. Средняя цена реализации молока в 2016 г. сложилась на уровне 2583 руб./ц, при себестоимости – 2197 руб./ц (табл. 4).

**Таблица 4. Эффективность молочного скотоводства в ООО «ЭкоНиваАгро»
Лискинского района Воронежской области**

Показатели	Годы				
	2010	2011	2014	2015	2016
Удой на одну фуражную корову, кг	4681,0	5446,0	7726	7723	8338
Среднесуточный прирост КРС, г	830,9	907,0	684,3	622,1	682,5
Произведено молока, т	22 306	36 685	105 109	120 530	148 110
Производство молока на 100 га сельхозугодий, ц	344,0	519,0	1060,0	1257	1543
Производство мяса КРС, ц	15 110	22 574	41 455	41 110	43 557
Выход телят на 100 коров и нетелей, гол.	98	95	93	83	84
Выход на 1 чел.-ч молока, ц	0,82	0,83	2,28	2,62	2,54
Выход на 1 чел.-ч мяса КРС, ц	0,11	0,12	0,23	0,24	0,24
Затраты труда на 1 ц молока, чел.-ч	1,20	1,31	0,44	0,38	0,39
Затраты труда на 1 ц мяса, чел.-ч	12,9	7,1	4,6	4,2	4,3
Себестоимость 1 ц молока, руб.	1210,00	1262,00	1493,13	1704,16	1869,77
Себестоимость 1 ц прироста КРС, руб.	11239,00	14540,00	17376,02	19176,48	22329,11
Реализовано молока, т	21 160	34 841	999 409	115 390	141 524
Уровень товарности, %	95,0	95,0	95,1	95,7	95,6
Средняя цена реализации 1 ц, руб.	1513	1588	2175	2416	2583
Полная себестоимость 1 ц молока, руб.	1357	1397	1673	1844	2197
Уровень рентабельности, %	12,0	14,0	30,0	31,0	17,6

Источник: рассчитано с учетом данных [9].

Как следует из данных, приведенных в таблице 4, прибыль от реализации молока составила 546,3 млн руб., а уровень рентабельности – 17,6%. К 2020 г. компания «Молвест» планирует достигнуть роста производства молока до 38,2 млн т.

Животноводческий комплекс в ООО СХП «Молоко Черноземья» предусматривает доение коров в доильном зале и беспривязное крупногрупповое содержание основного стада и ремонтного молодняка крупного рогатого скота. В связи с этим основной производственной ячейкой молочного комплекса является технологическая группа, т. е. группа сходных по ряду признаков животных, получающих один рацион и содержащихся в одной секции по единой технологии. Главным признаком при формировании технологических групп является время отела, при этом разница сроков отела коров одной группы не должна превышать одного месяца. Другой признак – молочная продуктивность, т. е. сформированные группы должны соответствовать определенному уровню продуктивности.

Другой характерной особенностью организации производства молока на данном предприятии является организация монокормления, что позволит в значительной мере реализовать потенциал продуктивности современного породного скота.

Современная технология производства молока на промышленной основе позволяет создать комфортные условия для коров и хорошие условия для высокопроизводительной работы обслуживающего персонала. При таком содержании достигается высокая продуктивность коров, получение продукции высшего качества и хорошая рентабельность производства.

При запуске комплекса было приобретено 2546 коров породы монбельярд и 990 коров джерсейской породы. Показатели надоя животных породы монбельярд выше, чем джерсейских животных, в связи с чем основное стадо сформировано за счет данной породы. Приобретение коров джерсейской породы обусловлено более высокими качественными характеристиками их молока (более высокое содержание белка и жира).

На новом комплексе содержание животных осуществляется по своеобразной системе, представляющей собой конвейер с последовательной передачей животных из одного помещения в другое на протяжении всего производственного цикла в зависимости от физиологического состояния. В связи с этим предусмотрена организация отделений сухостойных коров и нетелей, отела, раздоя и осеменения, производства молока, выращивания ремонтного молодняка. Кроме того, функционируют дополнительные обслуживающие подразделения – пункт искусственного осеменения коров, ветеринарно-профилактический пункт, дезбарьеры, площадка для забоя скота и прочие.

Всего введено в эксплуатацию 28 зданий и сооружений, общая площадь которых составляет порядка 65,862 тыс. кв. м.

Водоснабжение осуществляется за счет скважин на территории комплекса. Электроэнергия поставляется от магистральных сетей.

Источником теплоснабжения объектов являются индивидуальные котельные на газовом топливе, работающие в автоматическом режиме.

Отведение бытовых стоков производится в существующие внутримплощадочные сети канализации с последующим сбросом в канализационный коллектор.

Для естественной вентиляции применяется классическая схема естественной поперечной вентиляции с боковыми проемами и световым коньком. Величина потока поступающего воздуха регулируется открытием – закрытием штор.

При беспривязном содержании животных единственным способом доения является доение в доильном зале, в котором располагаются высокотехнологичное оборудование и аппараты для управления стадом. Специально разработанные компьютерные программы позволяют получать оперативные данные по каждому животному, для чего применяется система идентификации коров. Для этого предусмотрены ушные бирки с индивидуальными номерами и ошейники, на которых кроме номера размещается

транспондер с электронным чипом, по которому система идентификации распознает корову и позиционирует ее по индивидуальному номеру. В доильном зале менеджмент стада осуществляется на основании компьютерной программы, основными преимуществами которой являются автоматическая полноценная стимуляция, автоматическое отключение и снятие доильного аппарата, диагностика мастита, индивидуальный контроль надоев, контроль показателей здоровья, компьютерный контроль работы доильного стада.

Кормление скота осуществляется по групповым рационам, разработанным в зависимости от продуктивности и физиологического состояния коров. Для ежедневной подготовки кормов приобретены кормосмесители и кормораздатчики. Современная техника позволяет формировать рацион для каждой технологической группы животных при весовом дозировании составляющих ингредиентов. Использование информации о продуктивности коров, получаемой от доильной установки, позволяет определить групповое дозированное кормление, оценить эффективность кормления и оптимизировать рационы. Это дает возможность эффективнее использовать генетический потенциал продуктивности животных.

Сильными сторонами животноводческого комплекса ООО СХП «Молоко Черноземья» являются:

- востребованность продукции на рынке;
- благоприятная рыночная конъюнктура;
- гарантированный сбыт продукции;
- наличие собственной кормовой базы;
- положительный опыт реализации аналогичного проекта по строительству молочной фермы ООО «СХП «Новомарковское».

Проведенный сравнительный анализ способов организации производства молока в интегрированных структурах АПК Воронежской области позволяет выделить следующие приоритетные направления инновационного развития в молочном скотоводстве:

- во-первых, рост генетического потенциала молочного стада за счет приобретения и разведения новых пород скота, адаптированных к условиям региона (природно-климатической среде содержания и кормовой базе);
- во-вторых, внедрение новых инновационных технологий содержания молочного скота и новых методов организации основных производственных операций – кормления, поения, доения, навозоудаления и т. п., а также использование новых рационов кормления, способов приготовления и скармливания кормов и кормовых смесей, современных кормовых и минеральных добавок.
- в-третьих, модернизация материально-технической базы отрасли скотоводства и сопряженных с ней отраслей – кормопроизводства, хранения, транспортировки и переработки продукции и др.
- в-четвертых, применение новых форм и способов организации и мотивации труда, позволяющих повысить уровень использования трудового потенциала работников отрасли, их оплаты и производительности труда.

Библиографический список

1. Агропромышленные интегрированные формирования: состояние и перспективы развития: монография / К.С. Терновых, Н.Г. Нечаев, А.А. Измалков, Е.В. Попкова, В.С. Грибанов, А.А. Плякина. – Воронеж : ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2013. – 245 с.
2. База данных показателей муниципальных образований Воронежской области: показатели, характеризующие состояние экономики и социальной сферы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst20/DBInet.cgi> (дата обращения: 04.06.2018).

3. Вахрамеев Р.А. Анализ состояния производства и потребления молочных продуктов / Р.А. Вахрамеев // Экономика сельского хозяйства России. – 2017. – № 5. – С. 60–66.
4. Воронежская область в цифрах. 2017 : статистический сборник. – Воронеж : Воронежстат, 2017. – 80 с.
5. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы (с изменениями на 06 сентября 2018 года (утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 года № 717) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902361843> (дата обращения: 11.06.2018).
6. Дубовской И.И. К вопросу об организации кормопроизводства в региональном АПК / И.И. Дубовской, А.П. Курносов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2012. – № 1 (32). – С. 133–137.
7. Кустова С.Б. Интеграция – путь к повышению эффективности АПК / С.Б. Кустова // Аграрная наука. – 2015. – № 5. – С. 5–7.
8. Плякина А.А. Эффективность функционирования интегрированных агропромышленных формирований в региональном АПК / А.А. Плякина // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2016. – № 1 (48). – С. 214–221.
9. Сельское хозяйство, охота и охотничье хозяйство, лесоводство в России. 2017 : статистический сборник. – Москва : Росстат, 2017. – 211 с.
10. Терновых К.С. Формирование инновационно-ориентированного молочного скотоводства / К.С. Терновых, И.В. Чернова // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. – Новосибирск : Изд-во ООО «Центр развития научного сотрудничества», 2014. – С. 183–186.

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», Российская Федерация, г. Воронеж, e-mail: organiz@agroeco.vsau.ru.

Лидия Васильевна Данькова – кандидат экономических наук, доцент кафедры организации производства и предпринимательской деятельности в АПК ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, e-mail: organiz@agroeco.vsau.ru.

Наталья Александровна Золотарева – кандидат экономических наук, доцент кафедры организации производства и предпринимательской деятельности в АПК ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, e-mail: organiz@agroeco.vsau.ru.

Юрий Алексеевич Пименов – соискатель кафедры организации производства и предпринимательской деятельности в АПК ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, e-mail: organiz@agroeco.vsau.ru.

Дата поступления в редакцию 06.09.2018

Дата принятия к печати 22.09.2018

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, Russian Federation, Voronezh, e-mail: organiz@agroeco.vsau.ru.

Lidiya V. Dankova – 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, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-77-51, e-mail: organiz@agroeco.vsau.ru.

Natalia A. Zolotareva – 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, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-77-51, e-mail: organiz@agroeco.vsau.ru.

Yuriy A. Pimenov – Candidate Degree Seeker, the Dept. of Farm Production Management and Entrepreneurial Business in Agro-Industrial Complex, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-77-51, e-mail: organiz@agroeco.vsau.ru.

Received September 06, 2018

Accepted September 22, 2018

ТЕНДЕНЦИИ И УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ СКОВОДСТВА В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

**Евгения Петровна Рябова
Андрей Валерьевич Улезько
Андрей Павлович Курносков**

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Исследуются тенденции развития молочного и мясного скотоводства в Воронежской области и областях Центрального Черноземья, утверждается, что в современных условиях одним из важнейших критериев комплексной оценки условий развития скотоводства на уровне территориальных образований являются тенденции изменения поголовья крупного рогатого скота и объемов производства продукции отрасли, отражающие влияние как природно-климатических, так и организационно-экономических факторов; рассматриваются вопросы государственной поддержки молочного и мясного скотоводства и организации племенной работы, раскрываются проблемы, связанные с ориентацией молочного скотоводства Воронежской области на строительство крупных ферм, связанные с резким повышением стоимости скотомест, объемов инвестиционных ресурсов и затрат на обслуживание инвестиционных кредитов, сокращением сроков производственной эксплуатации маточного поголовья, ростом затрат на ремонт стада, логистических издержек и затрат на корма, снижением конкурентоспособности средних и мелких ферм и ограничением их возможностей по стабилизации и наращиванию поголовья. В качестве факторов, ограничивающих потенциал развития мясного скотоводства в Воронежской области, выделяются: низкая продуктивность естественных кормовых угодий; относительно низкий уровень выхода телят, недостаточный уровень разделения труда в отрасли и кооперации хозяйствующих субъектов, специализирующихся на различных фазах выращивания и откорма крупного рогатого скота, высокая себестоимость конечной продукции и определенные проблемы с обеспечением ее сбыта в условиях низкого уровня доходов населения, высокая зависимость производителей мяса КРС от государственной поддержки, ограниченный спрос на племенную скот специализированных мясных пород, обусловленный его дороговизной.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: скотоводство, молочное скотоводство, мясное скотоводство, развитие, условия развития, Центральное Черноземье, Воронежская область.

TRENDS AND DEVELOPMENT CONDITIONS FOR CATTLE BREEDING IN VORONEZH OBLAST

**Eugenia P. Ryabova
Andrey V. Ulez'ko
Andrey P. Kurnosov**

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

The authors study the trends in the development of dairy and beef cattle breeding in Voronezh Oblast and others of the Central Chernozem Region. It is stated that in modern conditions one of the key criteria for integrated assessment of conditions for the development of cattle breeding at the level of territorial entities are the trends in cattle stock and production volumes in the industry reflecting both the natural-climatic and organizational-economic factors. The article concerns the matters of governmental support of dairy and beef cattle breeding and organization of stock breeding. The authors reveal the problems associated with the following reasons: orientation of Voronezh regional dairy cattle breeding industry towards building large farms; a sharp increase in the cost of cattle stalls, investment resources and costs of investment loan service; reduction of terms of commercial use of breeding stock; growth of expenditures for stock replacement, logistic costs and feed costs; decrease in competitiveness of small and medium-sized farms and limitation of their business opportunities in terms of growth and stabilization of live stock. The following factors are pointed out as those limiting the development potential of beef cattle breeding in Voronezh Oblast: low productivity of natural forage lands; relatively low calf crop; insufficient level of labor differentiation in the industry and cooperation between business entities specializing in various phases of cattle farming and fattening; high cost of production of final product and certain problems with its sales and distribution due to the low income of the population; high dependence of beef producers on governmental support; and limited demand for pedigree cattle of specialized beef breeds associated with their high price.

KEYWORDS: cattle breeding industry, dairy cattle breeding, beef cattle breeding, development, development conditions, Central Chernozem Region, Voronezh Oblast.

Любая социально-экономическая система развивается под воздействием совокупности внешних и внутренних факторов, определяющих не только направления развития всей системы и ее отдельных структурных и функциональных элементов, но также структуру, глубину и интенсивность изменений.

Рассмотрев отрасль скотоводства как элемент системы аграрного производства, следует отметить широкую географию ее размещения, определяемую природно-климатическими условиями, влияющими на возможность формирования кормовой базы молочного и мясного скотоводства. Иными словами, скотоводство можно развивать везде, где можно получить необходимый объем кормов заданного ассортимента и качества, позволяющего производить конкурентоспособные молоко и мясо крупного рогатого скота.

По мнению широкого круга исследователей [1, 2, 4–6, 9–13], именно скотоводство может стать отраслью, способной обеспечить максимальный мультипликативный эффект для всей системы аграрного производства, повысить занятость и самозанятость сельского населения, обеспечить рост производства ценных продуктов питания и повысить их доступность для населения страны.

В современных условиях одним из важнейших критериев комплексной оценки условий развития скотоводства на уровне территориальных образований являются тенденции изменения поголовья крупного рогатого скота и объемов производства продукции отрасли, отражающие влияние как природно-климатических, так и организационно-экономических факторов. По размеру поголовья крупного рогатого скота в 2017 г. Воронежская область занимала 9-е место в Российской Федерации, но к уровню 1990 г. оно составляло всего 33,4% (табл. 1).

Таблица 1. Регионы РФ – лидеры по поголовью крупного рогатого скота, тыс. гол.

Регионы	1990 г.	В среднем за год в периоде:					2017 г.	2017 г. к 1990 г., %
		1991–1995 гг.	1996–2000 гг.	2001–2005 гг.	2006–2010 гг.	2011–2015 гг.		
Республика Башкортостан	2392,9	2290,4	1865,9	1725,2	1650,8	1214,7	1028,8	43,0
Республика Татарстан	1573,2	1556,7	1238,5	1170,4	1118,7	1052,3	1025,9	65,2
Республика Дагестан	743,4	709,0	647,7	788,8	893,3	966,2	1004,0	135,1
Алтайский край	2042,9	1769,2	1172,3	1010,7	895,2	851,5	810,9	39,7
Ростовская область	2112,7	1649,6	718,1	634,0	578,1	606,9	592,7	28,1
Оренбургская область	1752,0	1489,9	879,6	784,8	686,4	631,8	568,5	32,4
Краснодарский край	1778,1	1492,3	969,3	823,8	675,6	574,3	543,3	30,6
Новосибирская область	1633,8	1410,2	947,6	817,9	597,5	500,8	472,8	28,9
Воронежская область	1389,3	1153,3	722,8	516,1	360,8	430,1	463,7	33,4
Брянская область	874,1	690,9	379,3	282,0	202,0	325,1	462,6	52,9

По данным Росстата [3].

При этом по темпам роста поголовья крупного рогатого скота за период с 2008 по 2017 г. Воронежская область (132,1%) уступила лишь Брянской (234,6%) и Калининградской (204,3%) областям, республикам Алтай (153,8%) и Калмыкия (134%). В среднем по Российской Федерации за этот период поголовье КРС сократилось на 11,2%.

По поголовью коров в 2017 г. Воронежская область находилась на 13-м, а по темпам роста этого показателя в 2008–2017 гг. – на 9-м месте среди регионов Российской Федерации.

В настоящее время Воронежская область занимает лидирующие позиции по поголовью крупного рогатого скота и производству продукции скотоводства среди регионов Центрального Черноземья (табл. 2).

Таблица 2. поголовье крупного рогатого скота и производство продукции скотоводства в областях Центрального Черноземья

Области	1990 г.	В среднем за год в периоде:					2017 г.	2017 г. к 1990 г., %
		1991–1995 гг.	1996–2000 гг.	2001–2005 гг.	2006–2010 гг.	2011–2015 гг.		
Поголовье крупного рогатого скота, тыс. гол.								
Белгородская	937,3	765,6	496,2	407,0	285,2	227,7	223,9	23,9
Воронежская	1389,3	1153,3	722,8	516,1	360,8	430,1	463,7	33,4
Курская	1057,1	826,0	454,6	339,7	236,4	177,9	162,3	15,4
Липецкая	671,7	563,7	351,8	280,0	172,4	130,9	115,0	17,1
Тамбовская	772,2	634,1	311,7	233,2	162,0	137,6	100,2	13,0
Поголовье коров, тыс. гол.								
Белгородская	328,0	293,9	231,2	170,6	119,6	94,1	88,2	30,0
Воронежская	515,3	485,0	347,4	215,7	148,3	170,4	178,5	36,8
Курская	355,4	328,4	224,3	163,1	105,1	77,3	57,4	17,5
Липецкая	250,8	227,9	157,1	110,2	63,0	51,0	45,2	19,8
Тамбовская	301,8	274,8	160,6	107,5	61,0	46,8	39,2	14,3
Произведено молока, тыс. т								
Белгородская	1024,7	839,3	623,4	615,1	557,4	543,0	593,6	70,7
Воронежская	1496,4	1102,6	791,9	727,2	651,7	760,5	841,5	76,3
Курская	962,4	740,8	486,2	423,9	397,3	356,2	286,9	38,7
Липецкая	716,3	560,1	389,4	369,8	303,6	263,3	257,5	46,0
Тамбовская	802,0	602,1	347,3	301,8	263,3	221,6	194,9	32,4
Произведено мяса крупного рогатого скота на убой в убойном весе, тыс. т								
Белгородская	83,9	63,6	43,7	41,2	31,6	21,3	20,2	31,8
Воронежская	114,7	81,0	51,4	49,9	40,4	48,0	55,6	68,7
Курская	67,2	49,8	32,4	24,2	19,4	15,7	12,8	25,7
Липецкая	57,3	43,0	27,9	24,7	19,2	14,6	12,9	30,0
Тамбовская	70,1	51,4	31,0	23,9	23,1	16,8	12,2	23,7

По данным Росстата [3].

Вместе с тем следует отметить, что по уровню производства молока на душу населения (360,4 кг) Воронежская область в 2017 г. уступала Белгородской области (382,6 кг), но по производству мяса крупного рогатого скота в расчете на душу населения опережала ее более чем в 1,8 раза (табл. 3).

Несмотря на схожесть природно-климатических условий областей ЦЧР, между ними существуют определенные различия по уровню продуктивности естественных кормовых угодий и урожайности кормовых сельскохозяйственных культур, обусловленные разным уровнем влагообеспеченности, что определяет некоторый рост конкурентных преимуществ при формировании кормовой базы скотоводства при движении от южных территорий Центрального Черноземья к северным, но в современных условиях эти конкурентные преимущества не приобретают статус ключевых. Если учесть равные возможности регионов по наращиванию генетического потенциала молочных и мясных стад крупного рогатого скота, то определяющее воздействие на изменение поголовья оказывают организационно-экономические факторы, связанные, в первую очередь, со структурой отрасли и уровнем концентрации скота.

Таблица 3. Производство продукции скотоводства в хозяйствах всех категорий в областях Центрального Черноземья в расчете на душу населения, кг

Области	1990 г.	В среднем за год в периоде:					2017 г.	2017 г. к 1990 г., %
		1991–1995 гг.	1996–2000 гг.	2001–2005 гг.	2006–2010 гг.	2011–2015 гг.		
Молоко								
Белгородская	735,7	587,1	418,5	407,1	366,0	352,1	382,6	52,0
Воронежская	605,8	444,3	321,6	305,7	278,0	326,2	360,4	59,5
Курская	723,1	557,7	374,1	346,8	345,8	318,1	256,4	35,5
Липецкая	581,2	451,7	314,2	305,8	256,5	226,6	223,3	38,4
Тамбовская	609,5	462,6	277,1	257,7	236,6	206,7	188,0	30,8
Мясо КРС на убой в убойном весе								
Белгородская	60,2	44,5	29,3	27,3	20,7	13,8	13,0	21,6
Воронежская	46,4	32,6	20,9	21,0	17,2	20,6	23,8	51,3
Курская	50,5	37,5	24,9	19,8	16,9	14,0	11,4	22,7
Липецкая	46,5	34,7	22,5	20,4	16,2	12,5	11,2	24,1
Тамбовская	53,3	39,5	24,7	20,4	20,7	15,7	11,8	22,1

По данным Росстата [3].

Так, если в целом по РФ в 2017 г. в сельскохозяйственных организациях содержалось 44,2% крупного рогатого скота от его общего поголовья, то в Белгородской области – 72,0%, Воронежской – 65,1%, Курской – 63,9%, Липецкой – 58,9%, и только в Тамбовской области (32,6%) данный показатель был ниже среднероссийского уровня. Аналогичная картина наблюдается и по поголовью коров (табл. 4).

Таблица 4. Доля сельскохозяйственных организаций в поголовье крупного рогатого скота и коров в хозяйствах всех категорий, %

Регионы	1990 г.	В среднем за год в периоде:					2017 г.
		1991–1995 гг.	1996–2000 гг.	2001–2005 гг.	2006–2010 гг.	2011–2015 гг.	
Доля в поголовье крупного рогатого скота							
Российская Федерация	82,7	75,1	63,9	54,4	47,3	45,0	44,2
Белгородская область	91,3	87,4	78,0	71,6	68,3	69,2	72,0
Воронежская область	88,2	82,9	76,2	68,3	55,8	61,3	65,1
Курская область	89,0	83,9	75,6	68,8	56,1	57,6	63,9
Липецкая область	87,1	81,5	74,8	70,7	62,7	60,9	58,9
Тамбовская область	84,8	76,7	57,3	44,5	24,2	22,6	32,6
Доля в поголовье коров							
Российская Федерация	74,5	65,4	54,2	46,9	42,5	40,8	40,3
Белгородская область	82,2	75,6	68,3	61,2	61,4	66,3	70,2
Воронежская область	80,8	75,2	68,4	60,3	50,5	59,0	68,3
Курская область	77,0	70,5	61,7	59,9	51,4	52,0	56,3
Липецкая область	81,9	75,2	69,2	67,3	65,9	67,0	66,2
Тамбовская область	78,9	70,5	51,3	38,9	23,6	24,9	36,0

По данным Росстата [3].

По данным Всероссийской сельскохозяйственной переписи (ВСХП) 2016 года [7], крупный рогатый скот в РФ содержался всего в 39,8% сельскохозяйственных организаций, в Белгородской области – в 28,0%, Воронежской – в 35,4%, Курской – в 38,3%, Липецкой – в 33,3%, Тамбовской – в 16,7%. Доля хозяйствующих субъектов,

развивающих скотоводство, также может относиться к показателям, отражающим качество условий развития отрасли, даже несмотря на общую для всех регионов тенденцию сокращения сельскохозяйственных организаций, содержащих крупный рогатый скот.

Для всех регионов ЦЧР характерна тенденция развития крупнотоварных форм производства продукции скотоводства. Наиболее высокий уровень концентрации поголовья крупного рогатого скота наблюдается в сельскохозяйственных предприятиях Белгородской и Воронежской областей. В СХП этих регионов, имеющих поголовье свыше 3000 гол., по данным ВСХП 2016 года, содержалось соответственно 57,5 и 48,5% от общеобластного поголовья КРС, тогда как, например, в Тамбовской области в СХП с поголовьем свыше 3000 гол. содержалось всего 9,0% скота (табл. 5).

Таблица 5. Распределение крупного рогатого скота по сельскохозяйственным предприятиям с разным уровнем его поголовья, %

Регионы	Поголовье КРС, гол.						Всего
	до 101	101–500	501–1000	1001–3000	3001–5000	свыше 5000	
Российская Федерация	1,4	10,3	15,7	41,6	13,3	17,7	100,0
Белгородская область	0,1	1,8	6,6	34,0	21,5	36,0	100,0
Воронежская область	0,4	6,5	12,3	32,4	12,6	35,9	100,0
Курская область	0,9	11,2	15,3	52,6	14,3	5,8	100,0
Липецкая область	2,3	4,6	24,5	47,2	21,4	0,0	100,0
Тамбовская область	1,4	18,2	33,4	38,0	9,0	0,0	100,0

По данным Росстата [7].

Во всех областях Центрального Черноземья наблюдается устойчивая тенденция сокращения поголовья крупного рогатого скота в хозяйствах населения, которая свидетельствует о системном ухудшении условий развития скотоводства в секторе личных подсобных хозяйств, обусловленном целым рядом причин:

- деформацией структуры сельского населения и его ускоренным старением;
- резким сужением возможностей населения по заготовке кормов;
- низким уровнем механизации производственных процессов в «домашнем» скотоводстве;
- ограниченной экономической и физической доступностью для населения к ремонтному молодняку с высоким генетическим потенциалом;
- низким уровнем развития потребительской кооперации;
- отсутствием гарантированных каналов сбыта продукции скотоводства и др.

Если в Воронежской области, по данным официальной статистики, поголовье крупного рогатого скота в хозяйствах населения в 2017 г. составляло 75,6% к уровню 1990 г., то в Курской области – 38,4%, в Липецкой – 40,4%, в Тамбовской – 42,7%, в Белгородской – 54,3% (табл. 6).

Таблица 6. Поголовье крупного рогатого скота в хозяйствах населения областей ЦЧР, тыс. гол.

Области	1990 г.	В среднем за год в периоде:					2017 г.	2017 г. к 1990 г., %
		1991–1995 гг.	1996–2000 гг.	2001–2005 гг.	2006–2010 гг.	2011–2015 гг.		
Белгородская	81,2	94,7	107,2	110,8	81,6	55,3	44,1	54,3
Воронежская	163,3	193,6	169,9	155,4	146,0	143,7	123,4	75,6
Курская	116,5	131,8	110,2	103,5	96,1	63,6	44,7	38,4
Липецкая	86,8	103,1	87,7	79,5	58,6	43,3	35,1	40,4
Тамбовская	117,5	145,7	130,7	125,8	115,9	91,3	50,2	42,7

По данным Росстата [3].

Несмотря на рост поголовья крупного рогатого скота в крестьянских (фермерских) хозяйствах во всех областях Центрального Черноземья, они пока не могут составить серьезной конкуренции ни крупным производителям молока и мяса КРС, ни хозяйствам населения. Лишь в Тамбовской области доля крупного рогатого скота в фермерском секторе составила 17,3% от поголовья КРС в хозяйствах всех категорий области (в Липецкой области она находилась на уровне 10,6%, а в остальных областях ЦЧР – около 8,5%).

В Воронежской области отрасли молочного и мясного скотоводства относятся к приоритетным направлениям аграрного производства, о чем свидетельствует и структура государственной поддержки. В 2017 г. общая сумма субсидий, выделенных сельскохозяйственным организациям региона для достижения целевых показателей реализации региональных программ развития агропромышленного комплекса, составила 1473 млн руб., из которых 497,8 млн руб. были направлены на поддержку скотоводства. Из средств государственной поддержки краткосрочного кредитования сельского хозяйства региона в 2017 г. 59,5% (292,8 млн руб.) были направлены на развитие молочного и мясного скотоводства. На возмещение части процентной ставки по инвестиционным кредитам на приобретение машин и оборудования для скотоводства было направлено 152,1 млн руб., а на приобретение племенного скота – 625,9 млн руб.

Существенный рост молочной продуктивности крупного рогатого скота Воронежской области (с 2338 кг на 1 корову в 2000 г. до 6086 кг в 2017 г.) обусловлен существенным повышением генетического потенциала молочного стада. В 2017 г. на территории региона функционировало 12 племенных заводов и 29 племенных репродукторов крупного рогатого скота. Поголовье племенного скота красно-пестрой, симментальской, черно-пестрой, монбельярд, джерсейской пород (молочное направление) в племенных хозяйствах достигло 84,7 тыс. гол., абердин-ангусской, симментальской, казахской белоголовой, лимузинской пород (мясное направление) – 19,9 тыс. гол. С целью улучшения генетики разводимого крупного рогатого скота из стран Евросоюза на территорию области в 2017 г. было ввезено почти 10 тыс. гол. племенных животных [8].

Реализация крупных инвестиционных проектов в скотоводстве, предусматривающих комплексное развитие инфраструктуры заготовки, хранения, подготовки кормов к скармливанию и их раздачи, позволила существенно повысить качество кормов, обеспечить их сохранность и снизить уровень затрат корма на производство молока и прироста крупного рогатого скота. Кроме того, использование современных машин и оборудования сформировало условия повышения производительности труда и уровня конкурентоспособности продукции скотоводства.

Вместе с тем ориентация на строительство крупных молочных комплексов породила ряд проблем, связанных с резким повышением стоимости скотомест, объема инвестиционных ресурсов и затрат на обслуживание инвестиционных кредитов. Высокая концентрация поголовья скота и рост интенсивности его использования вызвали сокращение сроков производственной эксплуатации маточного поголовья и обусловили значительный рост затрат на ремонт стада. Кроме того, необходимость использования значительного объема покупных кормов объективно повлияла на рост логистических издержек и затрат на корма. Перераспределение средств государственной поддержки в пользу крупнотоварного молочного производства существенно снизило конкурентоспособность средних и мелких ферм и ограничило их возможности по стабилизации и наращиванию поголовья.

К числу факторов, ограничивающих потенциал развития мясного скотоводства в Воронежской области, относятся такие факторы, как:

- низкая продуктивность значительной части естественных кормовых угодий;

- относительно низкий уровень выхода телят и темпы воспроизводства мясного стада;
- недостаточный уровень разделения труда в отрасли и кооперации хозяйствующих субъектов, специализирующихся на различных фазах выращивания и откорма крупного рогатого скота;
- высокая себестоимость конечной продукции и определенные проблемы с обеспечением ее сбыта в условиях низкого уровня доходов населения;
- высокая зависимость производителей мяса крупного рогатого скота от государственной поддержки;
- ограниченный спрос на племенной скот специализированных мясных пород, обусловленный его дороговизной.

Очевидно, что решение выявленных проблем позволит придать дополнительный импульс развитию скотоводства Воронежской области, повысить конкурентоспособность отрасли и сбалансированность системы аграрного производства.

Можно констатировать, что скотоводство Воронежской области обладает достаточно высоким потенциалом развития, обусловленным совокупным влиянием таких факторов, как благоприятные природно-климатические условия, достаточно высокий уровень государственной поддержки, положительная динамика воспроизводства молочного и мясного стада, устойчивый рост генетического потенциала скота, растущий спрос на молоко и мясо крупного рогатого скота со стороны перерабатывающих предприятий.

Библиографический список

1. Артемова Е.И. Детерминанты развития отечественного рынка молока в условиях импортозамещения / Е.И. Артемова, Е.В. Кремянская // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 116. – С. 882–896.
2. Дунин И. Перспективы развития молочного скотоводства и конкурентоспособность молочного скота, разводимого в Российской Федерации / И. Дунин, А. Данкверт, А. Кочетков // Молочное и мясное скотоводство. – 2013. – № 3. – С. 1–5.

3. Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС) // Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fedstat.ru/organizations/> (дата обращения: 17.04.2018).
4. Кавардаков В.Я. Основные проблемы технологического развития молочного скотоводства РФ и пути их решения / В.Я. Кавардаков, И.А. Семенов // Островские чтения. – 2016. – № 1. – С. 215–220.
5. Легошин Г.П. Основные направления повышения эффективности мясного скотоводства в России / Г.П. Легошин // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 9. – С. 49–51.
6. Петрова-Шатохина Т.Р. Скотоводство как объект управления инновационно-инвестиционным развитием / Т.Р. Петрова-Шатохина // Экономика сельского хозяйства России. – 2017. – № 11. – С. 26–32.
7. Предварительные итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года по субъектам Российской Федерации. Т. 2. // Предварительные итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года : в 2 т. – Москва : ИИЦ «Статистика России», 2017. – 1110 с.
8. Развитие отрасли племенного животноводства Воронежской области в 2017 году. Задачи на 2018 год // Департамент аграрной политики Воронежской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://apkvrn.ru/novosti/arkhiv-novostej/1100-razvitie-otrasli-plemennogo-zhivotnovodstva-voronezhskoj-oblastiv-2017-godu-zadachi-na-2018-god> (дата обращения: 17.04.2018).
9. Северина Ю.Н. Особенности агропродовольственного комплекса как объекта управления / Ю.Н. Северина, А.В. Улезько // Экономика сельского хозяйства России. – 2017. – № 9. – С. 54–61.
10. Улезько А.В. Система управления производством молока: теория, методология, практика / А.В. Улезько, А.С. Ясаков, Р.В. Подколзин. – Воронеж : Издательско-полиграфический центр ВГАУ, 2015. – 153 с.
11. Улезько А.В. Экономические и организационно-технологические проблемы развития мясного скотоводства / А.В. Улезько, А.В. Котарев // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2012. – № 1 (32). – С. 127–132.
12. Четвертаков И.М. Технологические проблемы эффективности мясного скотоводства / И.М. Четвертаков // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2012. – № 1 (32). – С. 39–41.
13. Шаляпина И.П. Эффективность регионального молочного производства в условиях импортозамещения / И.П. Шаляпина, А.И. Трунов // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2016. – № 3. – С. 112–117.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Евгения Петровна Рябова – ассистент кафедры информационного обеспечения и моделирования агроэкономических систем ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 253-75-63 (доб. 1132), e-mail: vestimaya@mail.ru, iomas@agroeco.vsau.ru.

Андрей Валерьевич Улезько – доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой информационного обеспечения и моделирования агроэкономических систем ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 253-75-63 (доб. 1132), e-mail: arle187@rambler.ru, iomas@agroeco.vsau.ru.

Андрей Павлович Курносков – доктор экономических наук, профессор кафедры информационного обеспечения и моделирования агроэкономических систем ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 253-75-63 (доб. 1132), e-mail: iomas@agroeco.vsau.ru.

Дата поступления в редакцию 16.08.2018

Дата принятия к печати 12.09.2018

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Eugenia P. Ryabova – Assistant, the Dept. of Information Support and Modeling of Economic Systems in Agriculture, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. (473) 253-75-63 (internal 1132), e-mail: vestimaya@mail.ru, iomas@agroeco.vsau.ru.

Andrey V. Ulez'ko – Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of the Dept. of Information Support and Modeling of Economic Systems in Agriculture, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. (473) 253-75-63 (internal 1132), e-mail: arle187@rambler.ru, iomas@agroeco.vsau.ru.

Andrey P. Kurnosov – Doctor of Economic Sciences, Professor, the Dept. of Information Support and Modeling of Economic Systems in Agriculture, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-75-63 (internal 1132), e-mail: iomas@agroeco.vsau.ru.

Received August 16, 2018

Accepted September 12, 2018

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА ГОВЯДИНЫ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

**Константин Семенович Терновых
Евгений Владимирович Коробков**

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Проведены исследования с целью изучения современного состояния производства говядины на предприятиях Воронежской области и выявления резервов повышения экономической эффективности. Одной из приоритетных отраслей народного хозяйства, играющей значительную роль в развитии АПК, является скотоводство. Особое место в развитии скотоводства принадлежит Воронежской области, АПК которой значительно меньше пострадал от последствий кризиса, чем в других регионах РФ. За 2016 г. поголовье крупного рогатого скота увеличилось на 2,8 тыс. гол. (465,7 тыс. гол.), а производство мяса скота и птицы на убой (в живом весе) возросло на 39,2 тыс. т и составило 382,1 тыс. т. Для определения влияния различных факторов на эффективность производства говядины была произведена статистическая группировка хозяйств Воронежской области по размеру поголовья, а также по объему производства говядины. Так, в хозяйствах с поголовьем от 501 до 2000 гол. в 2015 и 2016 гг. наблюдалась четкая тенденция повышения продуктивности молодняка КРС соответственно с 428–457 до 664–677 г на 1 голову в сутки. При цене реализации 1 ц живой массы скота 13204,8 и 13743,1 руб. уровень окупаемости затрат в 2015 г. составил 81,3%, а в 2016 г. – 78,4%. При группировке предприятий по объему производства говядины наибольший объем производства приходится на специализированные предприятия. Так, объем производства в таких хозяйствах в среднем на предприятие в 2015 и 2016 гг. составил соответственно 8609 и 9818 ц. Проведенный анализ показывает, что наиболее эффективное производство говядины характерно для предприятий с поголовьем более 2000 гол. или объемом производства говядины свыше 3200 ц. Успешное развитие отрасли будет зависеть от уровня государственной поддержки, доступности кредитных ресурсов и эффективного ведения производства.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сельскохозяйственные предприятия, производство говядины, эффективность производства, инвестиции, Воронежская область.

THE CURRENT STATUS AND PROSPECTS FOR FURTHER DEVELOPMENT OF BEEF PRODUCTION AT THE ENTERPRISES OF VORONEZH OBLAST

**Konstantin S. Ternovskiy
Evgeniy V. Korobkov**

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

The paper presents the results of studies performed with the purpose of identifying the current status of beef production at the enterprises of Voronezh Oblast and potential for economic efficiency enhancement. It is evident that cattle breeding industry is one of the priority sectors of the national economy playing a significant role in the development of agriculture. A special place in the development of cattle breeding belongs to agricultural enterprises of Voronezh Oblast. Voronezh regional Agro-Industrial Complex was devastated by the crisis and its impact on economic development much less than AICs of many other regions in Russia. In 2016, the population of cattle increased by 2.8 thousand livestock unit (amounted to 465.7 thousand livestock unit), and production of meat of cattle and poultry for slaughter (in live weight) increased by 39.2 thousand tons and amounted to 382.1 thousand tons. In order to determine the impact of various factors on the efficiency of beef production, the authors performed statistical grouping of farms of Voronezh Oblast by number of cattle, as well as by volume of beef production. Indeed, in farms with livestock population from 501 to 2000 units there can be noticed a clear trend of rising of the productivity of young stock from 428–457 g to 664–677 g per animal a day, respectively, in 2015 and 2016. The level of cost recovery was 81.3% in 2015 and 78.4% in 2016 (calculated at selling prices per 100 kg of live weight of cattle 13204.8 and 13743.1 RUB). When enterprises are grouped by volume of beef production, the largest indicator is accounted for specialized enterprises. Indeed, the volume of production of such category of farms amounted to 860 900 and 981 800 kg, respectively, in 2015 and 2016 (averaged for one enterprise). The performed analysis shows that the most efficient pattern of beef production is typical for enterprises obtaining

more than 2000 livestock unit, or the volume of beef production is over 320 000 kg. Thus, the successful development of the industry will depend on the level of State support, availability of credit resources and efficient production management.

KEYWORDS: agricultural enterprises, beef production, production efficiency, investments, Voronezh Oblast.

В условиях макроэкономической нестабильности отечественной экономики, сопровождающейся введенными рядом зарубежных стран санкциями, необходим постоянный мониторинг эффективности производственно-коммерческой деятельности сельскохозяйственных товаропроизводителей и отраслей АПК [9].

Одной из приоритетных на сегодня отраслей народного хозяйства, играющей значительную роль в развитии АПК, является скотоводство, позволяющее обеспечить круглогодичную занятость местного населения и поступление в течение года дохода от реализации произведенной продукции.

В период реформирования скотоводство играло значительную роль в обеспечении населения такими продуктами питания, как молоко и мясо, а также являлось основной составляющей экономики всех сельскохозяйственных предприятий. Но за годы реформ сельское хозяйство, также как и весь АПК в целом, подверглись губительному уничтожению [5].

Поэтому оценка тенденций развития отрасли и определения факторов, оказывающих влияние на экономическую эффективность производства и реализации продукции скотоводства, а также на формирование внутреннего агропродовольственного рынка говядины, приобретает особую актуальность для выработки практических рекомендаций и принятия управленческих решений.

Несмотря на значительное количество исследований по данной тематике, многие вопросы, связанные с оптимизацией ресурсной базы рынка, оценкой эффективности процессов наращивания откормочного поголовья КРС в масштабах региона, так и остаются не до конца изученными, а ряд из них носит дискуссионный характер.

В процессе исследования установлено, что в России необходимо ежегодно производить 4,67 млн т говядины за счет собственных ресурсов, с целью обеспечения продовольственной безопасности страны в снабжении этим продуктом питания на уровне 94–95% от потребности. Предполагается, что сохраняющийся в стране недостаток говядины отечественного производства можно устранить за счет откормочного контингента молочного стада (75%) и, как минимум, 25% от скота мясных пород [7, 8].

Для этого государством предпринимаются определенные меры. Так, в реализуемой Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы предусмотрена подпрограмма «Развитие мясного скотоводства» [1]. Ожидаемые результаты реализации подпрограммы: рост в 2020 г. по сравнению с 2012 г. поголовья КРС специализированных мясных пород и помесного скота, полученного от скрещивания со специализированными мясными породами, на 1,6 млн гол. (с 1990 до 3590 тыс. гол.).

Программой предусматривается увеличение производства мяса крупного рогатого скота в убойной массе с 1,7 млн т в 2010 г. до 2,0 млн т к 2020 г., в расчете на душу населения – с 12,0 до 14,1 кг, снижение объемов импорта до 500 тыс. т. Данная программа призвана закрепить эти достижения и развить их прежде всего в сфере мясного скотоводства [3].

Повышенный интерес к производству говядины в последние годы способствовал увеличению поголовья молочно-мясного скота и скота мясных пород в Российской Федерации и ее регионах, но темпы роста остаются пока недостаточными. Поэтому для решения данной проблемы необходим комплекс системных мероприятий, которые позволят обеспечить устойчивое развитие мясного скотоводства на долгосрочную перспективу.

Особое место в развитии скотоводства принадлежит Воронежской области, агропромышленный комплекс которой значительно меньше пострадал от последствий кризиса, чем в других регионах РФ, что обусловлено более благоприятными природно-климатическими условиями для ведения сельского хозяйства, а также сложившейся в последние годы благоприятной демографической ситуацией.

Анализируя состояние агропромышленного комплекса Воронежской области на сегодня, необходимо отметить положительные тенденции. Так, всеми категориями хозяйств Воронежской области в 2016 г. произведено валовой продукции сельского хозяйства на сумму 219,9 млрд руб. (103,4% к уровню 2015 г.), в том числе:

- продукции растениеводства – на сумму 147,0 млрд руб. (103,2%);
- продукции животноводства – на сумму 72,9 млрд руб. (103,9%).

Магистральным направлением развития АПК региона было и остается животноводство. За 2016 г. индекс производства продукции животноводства во всех категориях хозяйств составил 103,9%. Увеличилась численность крупного рогатого скота на 2,8 тыс. гол. (465,7 тыс. гол.), свиней – 75 тыс. гол. (713,7 тыс. гол.), овец – на 3,3 тыс. гол. (247,9 тыс. гол.). Производство мяса скота и птицы на убой (в живом весе) возросло на 39,2 тыс. т (составило 382,1 тыс. т), молока – на 20,8 тыс. т (828,5 тыс. т), яиц – на 60,7 млн шт. (942,9 млн шт.).

Основным фактором, способствующим высоким темпам роста АПК, является динамичное развитие инвестиционных процессов. Объем инвестиций в основной капитал по сельскому хозяйству области по итогам 2016 г. вырос в 1,9 раза и составил 31,9 млрд руб. Объем инвестиций в целом в сфере агропромышленного комплекса (включая переработку сельхозпродукции) превысил 45 млрд руб. (в 2015 г. – 27 млрд руб.).

Созданию высокопродуктивного сельского хозяйства на индустриальной основе способствует, при поддержке государства, реализация крупных животноводческих проектов в свиноводстве, в скотоводстве – создание ряда крупных хозяйств по производству молока и мясного КРС.

Как известно, существенно значимым фактором эффективной организации производства говядины является специализация отрасли. Под специализацией в скотоводстве понимается форма организации производства, характеризующаяся ограниченной сферой деятельности предприятия, связанной с воспроизводством (репродукцией) телят, их выращиванием, а также с откормом молодняка и взрослого скота молочного, молочно-мясного или мясного направления [6].

Результаты исследований показывают, что на территории Воронежской области в соответствии со специализацией ведут свою деятельность следующие типы скотоводческих предприятий:

- молочно-репродукторный, который делится на два подтипа: к первому подтипу относятся предприятия, которые занимаются воспроизводством и выращиванием телят до 4-месячного возраста (до 80 кг живой массы), ко второму – предприятия, которые специализируются на воспроизводстве и выращивании телят до 6-месячного возраста (160–170 кг живой массы);
- скотоводческие предприятия с полным оборотом стада, осуществляющие воспроизводство, дорастивание телят и откорм их на мясо;
- предприятия, специализирующиеся на выращивании молодняка крупного рогатого скота молочно-мясных пород для его последующей продажи откормочным предприятиям;
- специализированные предприятия по откорму скота.

Установлено, что в группах предприятий молочно-репродукторного и молочно-мясного типа производство говядины неэффективно. В них телят выращивают до 4-месячного возраста и реализуют при достижении ими живой массы 66–70 кг, среднесу-

точный прирост в этой группе колеблется от 50 до 250 г. В этой группе предприятий по-прежнему остаются высокими затраты труда и кормов на 1 ц прироста живой массы. Себестоимость 1 ц прироста на предприятиях, специализирующихся на производстве молока и репродукции телят до 4-месячного возраста, превышает цену реализации в 2 раза. Такая высокая себестоимость прироста связана с существенными издержками на молочное стадо и, как следствие, высокой себестоимостью молока, которое используется для выпойки телят.

На молочно-репродукторных предприятиях второго подтипа среднесуточный прирост животных незначительно выше и составляет около 300 г, однако затраты труда и кормов на производство 1 ц живой массы остаются высокими, вследствие чего высокая себестоимость не обеспечивает рентабельного ведения производства.

Результаты исследования свидетельствуют, что проведенная узкая специализация в скотоводстве и создание в результате молочно-репродукторного типа предприятий не позволяет им успешно функционировать в современных условиях. Предприятия этого типа сворачивают свое производство, в итоге наблюдается уменьшение количества приплода, которое необходимо для формирования поголовья на специализированных предприятиях, занимающихся выращиванием и откормом молодняка крупного рогатого скота. Причем проблема воспроизводства телят с каждым годом усугубляется, и если она не будет решена, то темпы снижения приплода на сельскохозяйственных предприятиях в ближайшие годы будут увеличиваться.

В молочно-мясном типе предприятий производство говядины несколько эффективнее, чем в молочно-репродукторном. Так, среднесуточный прирост живой массы на этих предприятиях в 2014–2016 гг. колеблется в пределах 300–400 г, значительно ниже затраты кормов и труда в расчете на единицу продукции, однако издержки остаются высокими. Себестоимость 1 ц живой массы благодаря более низкой стоимости молодняка и взрослого скота, переведенного на откорм, ниже, чем себестоимость прироста, но тем не менее цены реализации, сложившиеся на сегодняшний день, не обеспечивают рентабельного ведения скотоводства в этой группе предприятий.

Эффективным же является производство говядины в специализированных предприятиях, занимающихся как выращиванием молодняка крупного рогатого скота, так и его откормом. Наиболее востребованной породой в таких хозяйствах остается абердин-ангусская [10]. От скота этой породы были получены лучшие среднесуточные приросты и, как следствие, существенно ниже затраты кормов и труда на единицу продукции, а также издержки производства.

В специализированных типах предприятий по выращиванию молодняка для последующей продажи его скотооткормочным предприятиям среднесуточный прирост в 2016 г. составил 652–923 г, затраты кормов – 8,1–10,4 ц к. е., затраты труда – 2,4–5,7 чел.-ч в расчете на 1 ц прироста. Себестоимость 1 ц прироста была более низкой и составила 6551,3–11296,2 руб., однако характерная тенденция увеличения себестоимости прироста проявляется и в этом типе предприятий.

Производство говядины и реализация скота в специализированных хозяйствах по выращиванию молодняка крупного рогатого скота также экономически невыгодны. В среднем на одно специализированное откормочное хозяйство в 2016 г. в Воронежской области было получено 86,3 млн руб. убытка, а уровень окупаемости составил 78,4%.

Во всех типах предприятий, имеющих отношение к производству говядины, в последние годы наблюдается тенденция увеличения себестоимости живой массы скота, что обусловлено инфляцией и повышением цен на промышленные средства производства, используемые в процессе производства говядины.

Однако в худших условиях находятся предприятия, занимающиеся воспроизводством телят для последующей их продажи на выращивание и откорм. Чтобы обеспечить стабильное производство говядины в Воронежской области, необходимо именно в этом типе предприятий принять незамедлительные технико-технологические и организационно-экономические меры по повышению эффективности воспроизводства телят.

Следующим определяющим фактором организации производства говядины является его концентрация. Показателем, наиболее точно отражающим эту форму производства, является размер среднегодового поголовья крупного рогатого скота на ферме или комплексе.

Для определения зависимости показателей эффективности производства говядины от размера поголовья молодняка скота в исследуемой совокупности предприятий (158) проведена их статистическая группировка (табл. 1).

Так, на фермах от 501 до 2000 гол. и более наблюдается четкая тенденция повышения продуктивности молодняка КРС с 428–457 до 664–677 г на голову в сутки соответственно в 2015 и 2016 гг., или в 1,5 раза. При этом затраты труда на 1 ц прироста сокращаются с 24,2 до 9,1–8,0 чел.-ч, или более чем в 2,5 раза.

Себестоимость прироста живой массы на более крупных фермах значительно ниже. Так, на предприятиях с поголовьем свыше 2000 гол. себестоимость 1 ц прироста в 2015 г. составила 13661,4 руб., что по сравнению с фермами размером до 500 гол. на 3405,9 руб. ниже.

Благодаря более высокому среднесуточному приросту средняя живая масса 1 головы реализуемого скота равна 331–344 кг, а себестоимость 1 ц живой массы реализованного скота – 16234,7 руб. в 2015 г. и 17524,9 руб. в 2016 г. При цене реализации за 1 ц живой массы скота 13204,8 и 13743,1 руб. уровень окупаемости затрат составил в 2015 г. – 81,3%, а в 2016 г. – 78,4%.

Другим показателем, определяющим концентрацию производства говядины, является объем ее производства на одном предприятии. Данный показатель зависит от размера поголовья и его продуктивности. В нем находят отражение такие факторы, как концентрация поголовья животных и интенсивность его использования.

Для определения влияния объема производства говядины на показатели эффективности вся совокупность предприятий была разделена на пять групп (табл. 2). В первую группу до 800 ц и вторую от 800 до 1600 ц годового объема валового производства говядины вошли предприятия, занимающиеся воспроизводством и продажей телят в 4-месячном возрасте, в них средний объем производства говядины составлял соответственно в 2015 г. – 227 и 480 ц, а в 2016 г. – 266 и 471 ц. Наибольший объем производства говядины приходится на специализированные предприятия по выращиванию и откорму скота, который в среднем на предприятие составил в 2015 г. – 8609 ц, а в 2016 г. – 9818 ц. С увеличением производства наблюдается четкая тенденция роста продуктивности. Среднесуточный прирост живой массы для первой группы находится в диапазоне 28–320 г, а в группе с объемом производства говядины более 2000 ц – 651 и 692 г., или более чем в 2 раза. По мере увеличения объемов производства происходит снижение затрат кормов и труда на 1 ц прироста живой массы скота.

Так, затраты труда на 1 ц прироста в пятой группе (с валовым приростом живой массы свыше 2001 ц) составили 9,8 чел.-ч в 2015 г., а в 2016 г. – 8,4 чел.-ч, или в 4 раза меньше, чем в первой группе. Таким образом, затраты труда на 1 ц продукции в анализируемых группах предприятий значительно различаются, при этом самые низкие показатели отмечены в группе предприятий, занимающихся выращиванием и откормом скота в крупных масштабах. Крупное производство позволяет получать говядину с меньшими материально-денежными затратами.

Таблица 1. Группировка предприятий по количеству поголовья крупного рогатого скота (2015–2016 гг.)

Показатели	Группы хозяйств по размеру поголовья, гол.									
	до 500		от 501 до 1000		от 1001 до 1500		от 1501 до 2000		свыше 2000	
	2015 г.	2016 г.	2015 г.	2016 г.	2015 г.	2016 г.	2015 г.	2016 г.	2015 г.	2016 г.
Количество предприятий в группе	73	76	44	49	17	15	4	5	13	13
Среднегодовое поголовье КРС, всего	274	256	443	677	1146	1179	1617	1669	6317	6682
Получено прироста на 1 предприятие, ц	428	426	1088	1091	2030	2351	3887	2649	15303	16501
Среднесуточный прирост, г	428	457	428	441	485	546	659	435	664	677
Получено приплода на 100 коров и нетелей	82,1	89,5	88,9	94,5	87,0	93,7	92,4	90,3	86,1	84,4
Затраты труда на 1 ц прироста, чел.-ч	24,2	21,8	18,1	17,9	14,8	10,1	16,2	20,0	9,1	8,0
Себестоимость 1 ц прироста, руб.	17067,3	18480,8	16429,7	19944,7	19265,8	17907,1	19595,0	19604,7	13661,4	16516,4
Приходится на 1 скотника, гол.	40	40	43	50	62	69	44	51	76	73
Средняя масса 1 головы реализованного скота, кг	224	239	239	260	309	305	307	229	344	331
Оплата труда 1 чел.-ч, руб.	112,0	154,8	155,3	165,7	161,7	200,7	133,9	117,8	148,0	232,4
Себестоимость 1 ц ж. м. реализуемого скота, руб.	15946,1	15201,4	13974,1	15707,1	17734,2	16228,9	13646,6	17469,0	16234,7	17524,9
Стоимость кормов в расчете на 1 голову скота, руб.	14361,3	15927,6	13116,0	16300,8	19479,3	18660,7	17887,1	17187,9	18567,5	20794,8
Прибыль (убыток) от реализации продукции в расчете на 1 предприятие, тыс. руб.	-2947,4	-2536,9	-2716,1	-5106,0	-7873,1	-11993,9	-7556,3	-12484,0	-60051,4	-86327,3
Уровень окупаемости, %	60,2	66,1	81,7	72,2	76,8	75,1	84,8	69,4	81,3	78,4

Таблица 2. Группировка предприятий по объему производства говядины

Показатели	Группы предприятий по валовому приросту живой массы, ц									
	до 500		от 501 до 1000		от 1001 до 1500		от 1501 до 2000		свыше 2001	
	2015 г.	2016 г.	2015 г.	2016 г.	2015 г.	2016 г.	2015 г.	2016 г.	2015 г.	2016 г.
Количество предприятий в группе	49	54	41	45	26	18	7	15	28	26
Среднегодовое поголовье КРС, всего	227	266	480	471	761	890	822	862	3621	3885
Получено прироста ж. м. на 1 предприятие, ц	264	272	733	713	1239	1217	1690	1665	8609	9818
Среднесуточный прирост, г	320	280	418	414	446	375	564	529	651	692
Получено приплода на 100 коров и нетелей	77,3	89,7	87,4	94,4	93,5	88,5	82,2	88,2	86,8	86,8
Затраты труда на 1 ц прироста, чел.-ч	32,0	33,1	20,2	17,2	19,5	21,1	14,0	14,1	9,8	8,4
Себестоимость 1 ц прироста, руб.	18008,8	22983,3	16786,4	19577,6	18750,9	22167,8	15245,4	17405,4	14456,5	16507,6
Приходится на 1 скотника, гол.	37	40	46	48	44	64	45	57	71	68
Средняя масса 1 головы реализованного скота, кг	179	172	227	234	243	246	313	326	339	375
Оплата труда 1 чел.-ч, руб.	102,9	137,7	139,3	180,4	134,6	140,8	186,8	169,2	151,5	222,7
Себестоимость 1 ц ж. м. реализуемого скота, руб.	16728,0	20033,8	13971,0	15218,3	16182,0	15221,5	15490,0	14936,9	16104,0	17227,6
Стоимость кормов в расчете на 1 голову скота, руб.	11564,5	12115,5	13167,9	14954,5	17787,9	15681,8	11558,7	19065,7	18640,7	21204,0
Прибыль (убыток) от реализации продукции в расчете на 1 предприятие, тыс. руб.	-2290,2	-4611,7	-2853,1	-3614,1	-7036,8	-5102,4	-1404,3	-6949,5	-30622,1	-46147,3
Уровень окупаемости, %	55,8	50,0	67,4	66,0	61,5	78,7	96,4	75,9	82,1	79,2

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что при сложившемся уровне ведения скотоводства и существующих в настоящее время ценах на реализуемый скот наиболее эффективны предприятия с откормочным поголовьем более 2000 гол. или объемом производства говядины свыше 3200 ц, то есть предприятия, ведущие свою производственную деятельность на индустриальной основе.

Экономическая целесообразность внедрения индустриальных методов в скотоводстве находит отражение в рациональной организации производства, позволяет полностью использовать весь биологический потенциал животных, а также получить наибольшее количество продукции высокого качества с наименьшими затратами [4].

В Воронежской области необходимо развивать сеть племенных хозяйств-репродукторов и площадок для интенсивного откорма. Одним из условий обеспечения эффективности производства говядины является создание на муниципальном уровне современных технологий по забою и глубокой переработке мяса скота на завершающем этапе технологической цепочки производства продукции.

Обобщая вышеизложенное, можно сказать, что усиление государственной поддержки предприятий, занимающихся откормом крупного рогатого скота, на федеральном и региональном уровнях окажет позитивное влияние на инвестиционную ситуацию в отрасли [2].

Для привлечения в мясное скотоводство инвестиций как от государства, так и от частных лиц и эффективного их использования необходимо разрабатывать на региональном уровне организационно-экономический механизм, направленный на развитие не только элементов производственной инфраструктуры, но и сбыта продукции отрасли. Реализация инвестиционных проектов, инициированных местными органами власти и самими товаропроизводителями, позволит развивать мясное скотоводство в Российской Федерации и получать высококачественную продукцию.

Библиографический список

1. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы. Утверждена постановлением Правительства РФ от 14 июля 2012 г. № 717 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902361843> (дата обращения: 12.11.2017).
2. Воротников И.Л. Перспективы привлечение инвестиций в мясное скотоводство / И.Л. Воротников, А.В. Наянов // АПК: экономика и управление. – 2017. – № 2. – С. 50–56.
3. Квочкин А.Н. К вопросу об обеспечении России продукцией скотоводства собственного производства и оптимизации структуры отрасли / А.Н. Квочкин, В.И. Квочкина, Е.В. Феоктистова // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2016. – № 7. – С. 17–20.
4. Коробков Е.В. Индустриальный метод производства говядины как фактор повышения экономической эффективности / Е.В. Коробков, А.В. Шалаев // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2015. – № 3 (46). – С. 185–189.
5. Коробков Е.В. Прогрессивные способы повышения эффективности производства продукции скотоводства / Е.В. Коробков, А.В. Шалаев // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2015. – № 4 (47). – С. 269–274.
6. Проблемы организации производства говядины на сельскохозяйственных предприятиях : монография / Н.Е. Астахов, К.С. Терновых, И.И. Дубовской, Е.В. Коробков. – Воронеж : Центрально-Черноземное книжное издательство, 2006. – 112 с.
7. Развитие ресурсной базы регионального рынка мяса крупного рогатого скота : монография / А.В. Улезько, А.В. Котарев, А.А. Тютюников. – Воронеж : ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2012. – 152 с.
8. Сливаков А.А. Мониторинг состояния крупного рогатого скота, импортированного на территорию Воронежской области / А.А. Сливаков, О.А. Ратных, И.А. Никулин // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2015. – № 3. – С. 52–57.
9. Тихомиров А.И. Экономическая эффективность производства и реализации животноводческой продукции / А.И. Тихомиров, В.И. Чинаров // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2017. – № 9. – С. 25–29.
10. Шаркаев В.И. Мониторинг импорта крупного рогатого скота мясного направления продуктивности в Российскую Федерацию / В.И. Шаркаев, Г.А. Шаркаев // Молочное и мясное скотоводство. – 2014. – № 8. – С. 17–19.

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», Российская Федерация, г. Воронеж, e-mail: organiz@agroeco.vsau.ru.

Евгений Владимирович Коробков – кандидат экономических наук, доцент кафедры организации производства и предпринимательской деятельности в АПК ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, e-mail: organiz@agroeco.vsau.ru.

Дата поступления в редакцию 05.09.2018

Дата принятия к печати 22.09.2018

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, Russian Federation, Voronezh, e-mail: organiz@agroeco.vsau.ru.

Evgeniy V. Korobkov – 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, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-77-51, e-mail: organiz@agroeco.vsau.ru.

Received September 05, 2018

Accepted September 22, 2018

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

**Евгения Андреевна Козлобаева
Светлана Ивановна Яблоновская**

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Рассмотрены подходы к обеспечению экономической безопасности хозяйствующих субъектов; определены границы безопасности. Приведен пример оценки состояния экономической безопасности организации сельскохозяйственного профиля. Подчеркнуто, что назначение классификации угроз состоит в их последующем ранжировании по степени тяжести последствий в целях определения приоритетных направлений укрепления экономической безопасности организации. Показана целесообразность проведения анализа экономической безопасности по нескольким направлениям (текущая, тактическая и стратегическая оценка) с учетом специфики деятельности предприятий, а также необходимость осуществления различных видов планирования экономической безопасности на предприятии (оперативное, тактическое и стратегическое). В ходе анализа состояния отдельных функциональных составляющих выявлены как проблемы в обеспечении безопасности организации, так и наличие потенциала ее укрепления. Обосновано, что текущая оценка экономической безопасности предприятия должна учитывать результаты анализа финансовой и правовой составляющих; тактическая оценка предполагает дополнение текущей оценки характеристиками технико-технологической и кадровой составляющих; стратегическая же оценка дополнительно должна включать характеристики состояния экологической и информационной составляющих. Отмечено, что стратегическое планирование безопасности предполагает учет концептуальных (долгосрочных) целей деятельности организации. Поэтому следует учитывать тот факт, что затраты на частные улучшения состояния отдельных функциональных составляющих безопасности могут вызвать некоторое ухудшение показателей деятельности предприятия в краткосрочном периоде. В результате этого возможен отказ от реализации масштабных мероприятий по укреплению экономической безопасности, что, в конечном итоге, может обусловить возникновение новых угроз экономической безопасности. Поэтому чрезвычайно важной является разработка индикативных показателей именно долгосрочного планирования безопасности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: экономическая безопасность, сельскохозяйственное предприятие, границы безопасности, угрозы безопасности, оценка и планирование безопасности.

INTEGRATED ASSESSMENT OF ECONOMIC SECURITY OF AGRICULTURAL ENTERPRISES

**Evgeniya A. Kozlobaeva
Svetlana I. Iablonskaia**

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

The authors consider the approaches to economic security of economic entities and define the margins of security. An assessment of state of economic security is exemplified by an organization of agricultural specialization. It is emphasized that the purpose of classification of threats is their subsequent ranking according to the severity of their consequences in order to determine the priority areas of strengthening the economic security of the organization. The authors show the expediency of analysis of economic security in several areas (e.g. current, tactical, and strategic assessment) taking into account the specificity of functioning of enterprises, as well as the need to implement various types of planning of economic security within the enterprise (operational, tactical, and strategic planning). The analysis of status of individual functional elements revealed both the problems in ensuring the security of organization and the potential for its strengthening. It is proved that the current assessment of economic security of an enterprise should take into account the results of analysis of financial and legal components. The tactical assessment involves supplementing the current assessment with technical, technological and personnel characteristics. The strategic assessment should also include the characteristics of environmental and information components. It is noted that strategic security planning presupposes taking into account the conceptual (long-term) goals of the organization. Therefore, it should be taken into account that the costs of individual improvements in separate functional components of security can cause certain deterioration in the performance of the enterprise in the short term. As a result, the implementation of large-scale measures for strengthening the economic security might be refused, which finally can lead to new threats to economic security. Therefore, it is extremely important to develop indicative parameters particularly for long-term security planning.

KEYWORDS: economic security, agricultural enterprise, security margins, security threats, security assessment and planning.

Обеспечение экономической безопасности сельскохозяйственных организаций – процесс, охватывающий все стороны их экономической деятельности. Для достижения наивысшего уровня экономической безопасности организации необходимо, во-первых, обладать совокупностью ресурсов и, во-вторых, целенаправленно и системно использовать их в ходе принятия решений об организации системы экономической безопасности на базе их оригинальной комбинации [8].

Рассматривая ресурсы с позиций оценки состояния экономической безопасности, как правило, говорят об их корпоративном характере, но при этом традиционно исследуют показатели или характеристики каждого отдельного ресурса в отрыве от других, объединяя их понятием «функциональная составляющая» [5–7, 9]. Однако только системное использование ресурсов позволяет говорить об их корпоративном характере, поскольку максимальная отдача каждого ресурса, используемого для обеспечения экономической безопасности, невозможна без соответствующей связи с другими ресурсами [3].

Дифференциация природных и территориальных особенностей определяет множественность показателей для оценки результатов деятельности сельскохозяйственных организаций, значение которых будет определяться, в том числе, принятой в конкретной организации системой отношений. Если эта система позволяет максимально эффективно использовать корпоративные ресурсы организации, обеспечивая стабильное текущее функционирование и устойчивый рост, то в свете научных и практических тенденций последних десятилетий можно говорить о достижении высокого уровня экономической безопасности данной организации.

Допустимо предположить, что уровень экономической безопасности организации может быть определен следующими условиями

$$k_1 \leq I \leq k_2, \text{ при } I = [0 \div 1], \quad (1)$$

где I – уровень экономической безопасности;

k_1 и k_2 – предельные значения уровня безопасности.

Вектор движения показателя I в границах от 0 до 1, на наш взгляд, может означать изменение уровня безопасности от минимально допустимого, ниже которого любые последующие ухудшения каких-либо характеристик приведут к необратимым последствиям, до уровня абсолютной экономической безопасности. Условием абсолютной экономической безопасности организации отвечает отсутствие любого экономического ущерба в результате достижения наивысшего уровня реализации экономических возможностей и максимально возможной защиты его экономических интересов.

В ходе изучения внутренней и внешней среды организации, как правило, не представляет особого труда сформировать систему факторов воздействия на его экономическую деятельность. Однако оценка влияния этих факторов и полученных результатов не может быть во всех случаях однозначной – только положительной либо только отрицательной. Например, достижение так называемого «нулевого результата» может быть оценено по-разному:

- положительно – в случае достижения безубыточности производства на этапе зарождения и становления предприятия либо в условиях экономического кризиса;
- отрицательно – при отсутствии прибыли организации на этапе (либо в условиях) экономического роста.

Поэтому процесс управления экономической безопасностью является объективно обусловленной и непрерывной последовательностью решений: по мере изменения стратегических целей организации или при достижении определенного уровня экономической безопасности руководству организации и соответствующей службе необходимо приступать к совершенствованию уже существующей стратегии безопасности или разработке новой концепции.

Рассмотрим данное положение на примере организации сельскохозяйственного профиля – Общества с ограниченной ответственностью «ЭкоНиваАгро» Лискинского района Воронежской области.

ООО «ЭкоНиваАгро» с момента своей регистрации (2002 г.) и по сегодняшний день входит в состав российско-германской холдинговой компании «ЭкоНива», которая ведет свою аграрную деятельность в России с 1994 г. Предприятие получает прибыль от основного вида деятельности – смешанного сельского хозяйства.

Основные результаты работы предприятия за 2015–2017 гг. представлены в таблице 1.

Таблица 1. Основные показатели деятельности ООО «ЭкоНиваАгро»

Показатели	В среднем за 2015–2016 гг.	2017 г.	Динамика показателей за 2015–2017 гг.	
			абсолют. (+, –)	относит. (%)
Стоимость имущества, тыс. руб.	13 226 270	20 201 000	8 406 964	171,3
в том числе:				
внеоборотные активы, тыс. руб.	8 011 202	12 129 774	4 975 494	169,5
в % к валюте баланса	60,6	60,0	-0,6 п.п.	х
оборотные активы, тыс. руб.	5 215 067,5	8 071 226	3 431 470	174,0
в % к валюте баланса	39,4	40,0	0,6	х
Собственный капитал, тыс. руб.,	3 467 102	4 450 693	1 228 920	138,1
в том числе:				
уставный капитал, тыс. руб.	1 805 353	1 805 353	0	0,0
в % к собственному капиталу	52,3	40,6	-15,5 п.п.	х
нераспределенная прибыль, тыс. руб.	1 511 520	2 495 340	1 229 378	197,1
в % к собственному капиталу	43,3	56,1	16,8 п.п.	х
Коэффициент соотношения чистых активов и уставного капитала	2,0	2,5	0,6	х
Выручка, тыс. руб.	5 776 093,5	7 175 877	2 241 724	145,4
Чистая прибыль, тыс. руб.	403483,5	738 357	424 255	235,1
Рентабельность продаж, %	31,6	20,6	11,7 п.п.	х
Коэффициент соотношения дебиторской и кредиторской задолженности	1,2	1,7	0,8	х

Оценивая положительные тенденции в предпринимательской деятельности предприятия, нельзя не отметить рост валюты баланса в 2017 г. по сравнению с предыдущим годом на 38% (а в целом за 3 года – на 71%) в результате расширения бизнеса и увеличения продаж. Однако с позиций обеспечения экономической безопасности предприятия следует помнить, что такие изменения могут происходить также в результате переоценки основных средств, под влиянием инфляции и по другим причинам, что не приводит к росту стоимости имущества, а, значит, не может оцениваться однозначно положительно. Поэтому необходимо выполнять проверку оптимальности соотношений изменения годового уровня инфляции, темпов роста валюты баланса и темпов роста выручки, являющихся признаком «хорошего баланса». Для ООО «ЭкоНиваАгро» в 2017 г. данное соотношение не выполнялось: при годовом уровне инфляции в 2,5% наблюдалось отставание темпов роста выручки (+45%) от темпов роста активов предприятия (+71%), что означает снижение эффективности использования имущества предприятия.

В качестве положительного момента отметим превышение темпов роста оборотных активов (+74%) над темпами роста внеоборотных активов (+69,5%).

В целом динамика рассмотренных показателей демонстрирует рост эффективности деятельности ООО «ЭкоНиваАгро», отражая его экономическую стабильность и наличие предпосылок для обеспечения высокого уровня экономической безопасности предприятия.

В настоящее время в ООО «ЭкоНиваАгро» усилия служб по укреплению экономической безопасности предприятия, как правило, сводятся к решению задач по преодолению конкретных, уже сложившихся, угроз, а потому механизм обеспечения экономической безопасности представляет собой совокупность различных мер, направленных на минимизацию полученного ущерба.

Выполненный анализ функциональных составляющих экономической безопасности ООО «ЭкоНиваАгро», результаты которого представлены в таблицах 2–3, позволил определить состояние экономической безопасности, область возникновения угроз, уровень и значимость их для предприятия [2, 7].

Таблица 2. Состояние экономической безопасности ООО «ЭкоНиваАгро»

Функциональные составляющие экономической безопасности	Уровень безопасности				
	абсолютный	нормальный	нестабильный	критический	кризисный
Финансовая	☒	☒	☑	☒	☒
Технико-технологическая	☒	☐	☒	☒	☒
Интеллектуально-кадровая	☒	☐	☒	☒	☒
Информационная	☒	☒	☐	☒	☒
Правовая	☒	☐	☒	☒	☒
Силовая	☒	☐	☒	☒	☒
Экологическая	☒	☒	☑	☒	☒

Таблица 3. Классификация угроз финансовой безопасности по значимости и вероятности наступления

Значимость Вероятность	Высокая	Средняя	Низкая
Высокая	Угроза неплатежей со стороны контрагентов; угроза потери ликвидности и платежеспособности, финансовой устойчивости	Угроза сокращения объемов продаж в результате нарушения договорных обязательств	Угроза снижения прибыли в результате повышения цен на материалы
Средняя	Угроза сокращения объемов продаж и недополучения прибыли в результате усиливающейся конкуренции	Угроза возникновения дополнительных расходов в результате изменения законодательства	Угроза возникновения потерь в результате обстоятельств непреодолимой силы
Низкая	Угроза снижения спроса на продукцию со стороны основных потребителей	Угроза сокращения объемов производства в результате использования морально устаревшего оборудования	Угроза потери доходности в результате снижения уровня репутации предприятия

По совокупности оценочных показателей можно отметить следующее:

- соответствие большинства показателей своим нормативным значениям и наблюдаемая в основном положительная динамика показателей, не имеющих нормативных значений, позволяют определить уровень состояния технико-технологической, интеллектуально-кадровой, правовой и силовой функциональных составляющих экономической безопасности ООО «ЭкоНиваАгро» как «нормальный», с тенденцией к дальнейшему улучшению;

- не соответствие части показателей своим нормативным значениям и отрицательная динамика некоторых показателей, не имеющих нормативных значений, позволяют определить состояние финансовой и экологической составляющих экономической безопасности как «нестабильное» без явных признаков к дальнейшему улучшению, а информационной составляющей – как «нестабильное», с тенденцией к улучшению.

По нашей оценке состояние ни одной из рассмотренных функциональных составляющих не опустилось до критического либо кризисного уровня, что означало бы приближение организации к грани банкротства. При этом ни одна из функциональных составляющих не достигла и абсолютного уровня. Это, на наш взгляд, свидетельствует как о проблемах в области обеспечения безопасности, так и о наличии потенциала укрепления экономической безопасности предприятия.

Анализ функциональных составляющих безопасности предприятия позволил выявить, что наиболее значимыми являются угрозы финансового характера, классификация которых представлена в таблице 3.

Аналогично можно провести классификацию угроз и по другим функциональным составляющим, что позволит определить приоритетность мер противодействия угрозам различного характера.

При этом следует учитывать ряд моментов. Во-первых, факт существования двусторонней связи между угрозами безопасности предприятия и структурой баланса предприятия. Так, некоторые угрозы в состоянии повлиять в целом на организацию как на хозяйствующий субъект (например, угрозы политико-правового характера, природные катаклизмы); часть из них – на отдельные элементы бухгалтерского баланса предприятия, на активы или на источники имущества (например, угроза прерывания производственной деятельности по причине ошибочного нормирования оборотных активов предприятия). Кроме того, ликвидация отдельных угроз может оказать влияние сразу на несколько элементов бухгалтерского баланса (например, списание безнадежной дебиторской задолженности не только уменьшит актив, но и одновременно на ту же сумму снизит пассив (прибыль) предприятия. И наоборот, изменение структуры баланса предприятия может изменять значение той или иной угрозы. Например, снижение доли нераспределенной прибыли в пассиве баланса предприятия будет снижать инвестиционный потенциал предприятия, а значит, увеличивать значение финансовых угроз.

Во-вторых, ранжирование угроз позволяет выбрать приоритетные направления укрепления экономической безопасности предприятия. Речь может идти об альтернативном выборе между концентрацией ресурсов на противодействие угрозам с наивысшей степенью тяжести последствий либо первоочередной реализации малозатратных мер (преимущественно организационного характера) в отношении угроз средней и низкой степени тяжести последствий – с позиций соотношения стоимостной оценки экономических результатов (эффекта) от деятельности по защите и расходов, связанных с созданием, функционированием и развитием системы безопасности. При этом следует учитывать возможность получения прямого и косвенного экономических эффектов.

Так, для ООО «ЭкоНиваАгро» прямой эффект может оцениваться сокращением размера потенциального материального и морального ущерба, а также снижением затрат на локализацию и нейтрализацию реальных угроз за счет переноса части затрат с этапа локализации угроз на этап профилактики, где эти затраты существенно ниже.

Косвенный экономический эффект будет связан с результатами, достигаемыми, например, в организационной, информационной и правовой областях, в частности, с повышением оперативности получения информации, улучшением морально-психологического климата в коллективе, повышением уверенности работников в своей защищенности, с укреплением имиджа организации вследствие наличия эффективной системы управления безопасностью.

Основной проблемой оценки эффективности реализуемых мероприятий является получение так называемого «отложенного результата», то есть отсутствие эффекта в

текущий момент. Поэтому считаем, что целесообразно выполнять различные оценки экономической безопасности – текущую, тактическую и стратегическую.

Например, для ООО «ЭкоНиваАгро» текущая оценка экономической безопасности, на наш взгляд, в первую очередь должна учитывать результаты анализа финансовой и правовой составляющих; при проведении тактической оценки экономической безопасности результаты текущей оценки целесообразно дополнить характеристиками технико-технологической, кадровой и силовой составляющих; стратегическая же оценка экономической безопасности, кроме перечисленных, должна включать характеристики состояния экологической и информационной составляющих безопасности.

От того, насколько профессионально выбраны или разработаны показатели оценки безопасности, во многом зависит успешность деятельности по противодействию угрозам. Следует иметь в виду, что затраты на частные улучшения состояния отдельных функциональных составляющих безопасности могут вызвать некоторое ухудшение текущих показателей деятельности предприятия. В результате этого возможен отказ от реализации масштабных мероприятий по укреплению экономической безопасности, что в конечном итоге может обусловить возникновение новых угроз экономической безопасности в будущем.

Отметим, что анализ безопасности ООО «ЭкоНиваАгро» традиционно строится на данных бухгалтерской отчетности и поэтому носит ретроспективный характер по отношению к разрабатываемым вариантам будущих управленческих решений. Однако эффективность таких решений в условиях изменяющейся внешней и внутренней среды предприятия, в том числе и сельскохозяйственного, может оказаться крайне низкой, поскольку позволяет оценить только достигнутые в текущий момент результаты и наиболее общие тенденции возможного изменения состояния экономической безопасности [1].

Поэтому в современных экономических условиях требуется решение задачи уже более высокого уровня, а именно – прогнозирования и планирования экономической безопасности. Первоначально необходимо осуществить заблаговременную качественную оценку наиболее общих тенденций в изменении состояния экономической безопасности в итоге реализуемых мероприятий (в форме экономического предвидения). Дальнейшее использование результатов экономического предвидения обеспечит выход на количественно конкретные показатели этих тенденций и состояний – составление экономических прогнозов [4].

Потребительная стоимость (полезность) прогнозов определяется спецификой деятельности хозяйствующих субъектов. Так, с позиций экспортеров сельскохозяйственной продукции особый интерес представляет прогноз конъюнктуры мирового рынка; с позиций региональных властей важнее прогноз объемов производства и цен на местных рынках; земельных собственников интересуют прогнозы перспективных условий, позволяющих улучшать условия взимания земельной ренты; предпринимателю важнее прогнозы, которые позволят получить максимальную прибыль; наемных рабочих интересуют перспективы их реальной зарплаты и т. д.

К тому же полезность прогнозов характеризуется определенным объемом содержательности и конкретным уровнем заблаговременности. При этом содержательность прогнозов определяется во многом новизной и масштабностью прогностических оценок.

Новизна информации может проявляться в том, что, будучи конкретной, она в то же время должна быть необычной, дополняющей традиционные представления о динамике тех или иных процессов. Например, применительно к АПК можно сказать, что прогнозы цен на молоко и мясо содержат больше экономической новизны, чем прогнозы динамики поголовья и обеспеченности животных помещениями.

Масштабность прогностической информации определяется сферой ее практического использования – на уровне отдельных предприятий, регионов, стран, либо на уровне отдельных отраслей, народнохозяйственных комплексов или национальной экономики в целом [10].

Увеличение заблаговременности получения прогностической информации предоставляет время, необходимое для обоснования вариантов управленческих решений и выбора наиболее предпочтительного с позиций эффективного противодействия угрозам безопасности.

В этой связи целесообразно, на наш взгляд, не только рассматривать различные варианты оценки экономической безопасности, но и осуществлять различные виды планирования экономической безопасности на предприятии (оперативное, тактическое и стратегическое).

Стратегическое планирование безопасности предполагает построение системы обеспечения ее экономической безопасности с учетом концептуальных целей деятельности (миссии) организации, при определении которых следует учитывать геополитические факторы, в том числе нерешенные проблемы экологического и демографического характера; ухудшение внешнеполитической ситуации, а также иные факторы формирования угроз, обусловленные разнообразными экономическими отношениями предприятия по поводу, например, приобретения ресурсов и финансовых средств, реализации продукции и др.

Примерами внешних угроз, актуальных для деятельности ООО «ЭкоНиваАгро», являются ограничения возможности реализации произведенной продукции за пределами региона или государства, коррупция в правоохранительных и контролирующих органах власти, правовая неопределенность экономических отношений; давление со стороны предприятий-монополистов в сфере предоставлении услуг и др. Внешнее негативное воздействие окружающей среды наносит предприятию ущерб, выражающийся в виде утраты имущества, недополучения прибыли, возникновении непредвиденных расходов и др.

Поскольку внешняя среда наряду с внутренней формирует вектор развития предприятия, то важное значение имеет правильное определение целей в долгосрочной перспективе. Например, в Уставе ООО «ЭкоНиваАгро» в качестве цели его создания и деятельности указано получение прибыли в интересах общества и удовлетворение потребностей участников в результате производства, переработки и реализации сельскохозяйственной продукции, а также расширение рынка товаров и услуг сельскохозяйственного направления. Однако, на наш взгляд, основная цель деятельности данного предприятия (и его же миссия) должна быть сформулирована как «удовлетворение общественных потребностей (общественных интересов) через расширенное воспроизводство востребованных потребителями сельскохозяйственных товаров». Полученную же при этом прибыль следует рассматривать как результат правильно организованного бизнеса, что предполагает, в том числе, существование на предприятии эффективной системы противодействия вызовам, опасностям и угрозам.

Тактическое и оперативное планирование экономической безопасности позволяют конкретизировать действия руководства организации, всех ее структурных подразделений и персонала по преодолению реальных и предупреждению потенциальных угроз безопасности в ближайшей перспективе.

Безопасность предприятия, в том числе ее экономическая составляющая, должна обеспечиваться коллективно – от руководителя предприятия до рядовых работников, при соблюдении принципа персональной ответственности за определенный участок работы, обеспечивающего эффективное функционирование экономической системы. И данный принцип будет тем полнее воплощен, чем тщательнее будут соблюдены следующие требования: во-первых, корректное закрепление ответственности за обеспечение экономической безопасности в соответствии с иерархией системы управления; во-вторых, детальная разработка индивидуальных заданий для каждого исполнителя с закреплением за ним персональных прав и обязанностей; в-третьих, установление и оптимизация взаимосвязей между отдельными исполнителями.

Окончательное право в принятии решений, в том числе в сфере обеспечения экономической безопасности, скорее всего, должно принадлежать тому лицу, на которое возложена максимальная ответственность за достижение конечных результатов деятель-

ности. Например, этим лицом может быть основной конечный владелец предприятия, поскольку любые результаты принятых им решений окажут влияние на изменение его собственности, то есть вызовут прирост или уменьшение стоимости имущества.

Эффективное решение задач управления сельскохозяйственным предприятием требует совершенствования системы показателей экономической безопасности, что предполагает различие в методических подходах к выбору показателей текущего состояния и результатов развития предприятия в краткосрочном и долгосрочном периодах. Считаем чрезвычайно важным разработку и планирование индикативных показателей безопасности именно в долгосрочной перспективе.

Библиографический список

1. Агранович М.Л. Индикаторы в экономике и управлении образованием / М.Л. Агранович // Экономика образования. – 2008. – № 4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/indikatoriy-v-ekonomike-i-upravlenii-obrazovaniiem> (дата обращения: 13.03.2018).
2. Гапоненко В.Ф. Экономическая безопасность предприятий. Подходы и принципы / В.Ф. Гапоненко, А.А. Беспалько, А.С. Власков. – Москва, 2007. – 208 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mirznanii.com/a/298980/ekonomicheskaya-bezopasnost-predpriyatiy-podkhody-i-printsipy> (дата обращения: 13.03.2018).
3. Дикач Д.А. Повышение экономической безопасности сельскохозяйственных предприятий : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Д.А. Дикач. – Москва, 2010. – 173 с.
4. Загайтов И.Б. Актуальные вопросы теории планирования / И.Б. Загайтов. – Воронеж : ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2009. – 224 с.
5. Запорожцева Л.А. Стратегическая экономическая безопасность предприятия: методология обеспечения : монография / Л.А. Запорожцева. – Воронеж : ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2014. – 262 с.
6. Земсков В.В. Экономическая безопасность: финансовый аспект / В.В. Земсков // Вестник ИЭАУ. – 2016. – № 12 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ieau.ru/nauka-2016.-n-12/zemskov-v.v.-ekonomicheskaya-bezopasnost> (дата обращения: 30.03.2018).
7. Кормишкина Л.А. Экономическая безопасность организации (предприятия) : учеб. пособие / Л.А. Кормишкина, Е.Д. Кормишкин, И.Е. Илякова. – Москва : РИОР: ИНФРА-М, 2018. – 293 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=951723> (дата обращения: 23.03.2018).
8. Управление сельскохозяйственными организациями в условиях обеспечения экономической безопасности: учет и анализ / З.В. Удалова, Л.А. Пошелюк, О.И. Павлушкина. – Ростов-на-Дону : Изд-во ООО «АзовПечать», 2016. – 164 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vniiein.ru/wp-content/uploads/2015/08/6-Udalova-PoshelyukPavlushkina.pdf> (дата обращения: 23.03.2018).
9. Экономическая безопасность : учеб. пособие ; под ред. Н.В. Манохиной. – Москва : ИНФРА-М, 2017. – 320 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=641807> (дата обращения: 20.03.2018).
10. Яблоновская С.И. Технология «ЗОНТ» в долговременных прогнозах урожая зерновых культур для стран Северного полушария / С.И. Яблоновская; под общей редакцией проф. И.Б. Загайтова. – Воронеж : ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2004. – 240 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ
Принадлежность к организации

Евгения Андреевна Козлобаева – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики АПК ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», тел. 8(473) 253-75-63 (1303), e-mail: ag_ec@agroeco.vsau.ru.

Светлана Ивановна Яблоновская – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики АПК ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», тел. 8(473) 253-75-63 (1302), e-mail: ag_ec@agroeco.vsau.ru.

Дата поступления в редакцию 18.08.2018

Дата принятия к печати 18.09.2018

AUTHOR CREDENTIALS
Affiliations

Evgeniya A. Kozlobaeva – Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Economics in Agro-Industrial Complex, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-75-63, (1303), e-mail: ag_ec@agroeco.vsau.ru.

Svetlana I. Iablonskaia – Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Economics in Agro-Industrial Complex, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-75-63, (1302), e-mail: ag_ec@agroeco.vsau.ru.

Received August 18, 2018

Accepted September 18, 2018

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В АПК

**Елена Евгеньевна Бичева
Людмила Николаевна Сотникова**

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Деятельность агропромышленных предприятий не должна допускать неблагоприятных воздействий на окружающую среду. Руководители агропромышленных предприятий сегодня сталкиваются с возрастающей проблемой, касающейся принятия инвестиционных решений с учетом их влияния на окружающую среду. Кроме того, непрерывно повышается давление рынка и общества, требования законодательства к осуществлению деятельности, нарушающей экологическое равновесие. Инвестиционная привлекательность проекта и его экологическая оценка, по нашему мнению, должны учитывать все последствия, даже те, которые нельзя оценить при анализе финансовых потоков. При разработке инвестиционных проектов должна учитываться их классификация в зависимости от уровня воздействия на окружающую среду. Экологическая оценка инвестиционного проекта в АПК должна сопровождать все стадии проектно-инвестиционного (жизненного) цикла. Жизненный цикл и срок окупаемости проектов должны включать время на оценку воздействия инвестиционной деятельности на окружающую среду. При принятии инвестиционных решений все без исключения финансовые институты начали включать экологическую оценку альтернативных инвестиционных проектов. Любому бизнес-плану инвестиционного проекта в АПК необходимо придать вид, отвечающий современным запросам субъектов инвестиционного процесса в АПК по критериям экологической эффективности инвестиционных вложений предприятия. При этом экологическая оценка позволит инициатору инвестиционного проекта улучшить его экологические составляющие. Итог экологической оценки оформляется сжатым и сосредоточенным на важных экологических аспектах отчетом. Результатом экологической экспертизы инвестиционного проекта становится ранжирование рассматриваемых инвестиционных проектов по уровню их влияния на окружающую среду. Таким образом, экологическая оценка инвестиционных проектов в АПК является неотъемлемой частью общей оценки их эффективности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: инвестиционный проект, инвестиционное решение, экологическая экспертиза, экологическая оценка, экологическая эффективность.

ENVIRONMENTAL EFFICIENCY OF INVESTMENT PROJECTS IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

**Elena E. Bicheva
Lyudmila N. Sotnikova**

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

The operation of agroindustrial enterprises should not be associated with adverse effects on the environment. At present the management of agroindustrial enterprises faces the growing problem of making investment decisions with the account of their impact on the environment. Moreover, there is a constantly increasing pressure from the market and society, and the legislative requirements to activities that disrupt the ecological balance. The authors believe that evaluation of investment attractiveness of a project and its environmental assessment should take into account all consequences, including those that cannot be estimated within the analysis of financial flows. Investment project development should be based on their classification according to the degree of impact on the environment. Environmental assessment of investment projects in the Agro-Industrial Complex (AIC) should accompany all stages of the project's investment (life) cycle. The life cycle and payback period of projects should include the time to assess the environmental impact of investment activity. All financial institutions started to incorporate environmental assessment of alternative investment projects into the decision-making process. Any business plan of an investment project in the AIC should be created in the form that meets the modern needs of subjects of investment process in agriculture in terms of the criteria of environmental efficiency of investments of the enterprise. At the same time, environmental assessment will allow the initiator of investment project to improve its environmental components. The summary of environmental assessment should be presented in a concise report focused on important environmental issues. The result of environmental expert evaluation of an investment project is ranking of the considered investment projects by the level of their impact on the environment. Thus, the environmental assessment of investment projects in the AIC is an integral part of the overall assessment of their efficiency.

KEYWORDS: investment project, investment decision, environmental expert evaluation, environmental assessment, environmental efficiency.

В соответствии с российским природоохранным законодательством РФ любой вид хозяйственной деятельности в АПК осуществляется с целью организации рационального природопользования, кроме того, не должно быть допущено неблагоприятных воздействий на окружающую среду. Контролирующим органом выполнения данных требований в РФ являются Комитет Государственной Думы по экологии и охране окружающей среды и его территориальные органы [1].

В современных документах ООН по вопросам окружающей среды и развитию часто прослеживается линия сбалансированного устойчивого развития общества, экономики в соответствии с интересами современных и будущих поколений. Эта концепция рассматривается как альтернатива неограниченному экономическому росту в мировом масштабе, который привел к деградации биосферы. Поэтому возникает потребность перехода к постановке задачи охраны окружающей среды вместе с экономическим ростом АПК за счет инвестиций [2].

Таким образом, любое предпринимательское инвестиционное решение с целью экономического роста страны, региона, отрасли или отдельного субъекта хозяйствования должно приниматься на основе следующих принципов:

- 1) вложения в инвестиционный проект полностью возвращаются к инвестору;
- 2) в случае успешной реализации инвестиционного проекта снижаются или отсутствуют неблагоприятные воздействия на окружающую среду, а иногда и улучшают ее состояние.

Перед принятием инвестиционного решения в АПК осуществляется оценка вероятных экологических последствий от его реализации, а также их влияния на ожидаемый экологический эффект [10]. По степени воздействия на окружающую среду инвестиционные проекты можно классифицировать следующим образом:

- 1) проекты, приводящие к необратимым экологическим последствиям;
- 2) проекты, способствующие неблагоприятному влиянию на окружающую среду, кроме того, эти влияния должны легко определяться и ликвидироваться с помощью различных мероприятий, таких как: технологические, природоохранные или компенсационные;
- 3) проекты, совершенно не оказывающие неблагоприятного влияния на окружающую среду, или такое влияние не ухудшает состояние окружающей среды, а также и не несет за собой каких-либо неблагоприятных последствий;
- 4) проекты, далекие от агропромышленного производства и способствующие улучшению состояния окружающей среды [3]. Субъекты инвестиционного проекта в АПК, обладающие необходимыми возможностями и стремлением к максимальному удовлетворению своих интересов, разнообразны и также по-разному учитывают экологическую составляющую в процессе реализации и эксплуатации инвестиционного проекта.

Заказчик инвестиционного проекта определяет идею решения проблемы разработкой и реализацией инвестиционного проекта, дает обоснование ее и отвечает за жизнеспособность проекта в определенных условиях. Инвестор осуществляет финансирование инвестиционного проекта и ожидает возврат средств с приростом. А вот экологическую экспертизу за соблюдением экологических и прочих норм осуществляют органы государственной власти (в том числе природоохранные), например, при оформлении земельного участка под реализацию инвестиционного проекта [5].

Как известно, при реализации инвестиционного проекта в АПК существует временной интервал, то есть срок окупаемости, который начинается с процесса инвестирования до получения прибыли от реализации проекта, а также достижения внеэкономического в данном случае экологического эффекта [9]. Ключевую роль в процессе разработки и реализации, в том числе оценки инвестиционного проекта, играет фактор времени, инвестиционный цикл проекта включает в себя три стадии

На первой, прединвестиционной, стадии, осуществляемой перед основным вложением средств и включающей технико-экономическое обоснование инвестиционного проекта, производственный план, маркетинг, предпроектные исследования, заключаются договоры с инвесторами и т. д. [1].

В свою очередь, предпроектные исследования включают в себя место (адрес) размещения проекта, территориальный анализ расположения объекта инвестирования, учитывая при этом технологическую, географическую и социальную инфраструктуру, а также подбор зданий, сооружений, машин, оборудования, технологической линии и прочих производственных мощностей. Кроме того, рассчитывается потребность в сырье, материалах, электроэнергии, топливе, удобрениях, кормах. Обязательным разделом на этой стадии выступает оценка воздействия предполагаемой активизации инвестиционной деятельности на окружающую среду [7].

Вторая стадия – инвестиционная, в процессе которой осуществляется реализация проекта, то есть: проводятся торги, заключаются договоры, осуществляются закупки и поставки, а также строительно-монтажные работы.

Эксплуатационная стадия – заключительная предполагает использование инвестиционного объекта заказчиками, его обслуживание и ремонт, развитие производства и вывод из эксплуатации проекта.

В настоящее время приоритетными направлениями экологической стратегии АПК РФ являются предупреждающие, а не природоохранные. В процессе выработки инвестиционного решения все финансовые институты проводят экологическую оценку инвестиционных проектов, обращая внимание на следующие аспекты:

- на ранних стадиях разработки проектов выявляются экологические проблемы;
- разрабатываются мероприятия по улучшению качества окружающей среды;
- включаются мероприятия, предотвращающие, уменьшающие и компенсирующие экологический ущерб и риск [4].

На наш взгляд, в круг задач экологической оценки инвестиционных проектов АПК входит следующее:

- дифференциация проектов по уровню воздействия на окружающую среду;
- разработка технического задания для проведения оценки влияния инвестиционного проекта на окружающую среду;
- контроль за выполнением данной оценки;
- контроль соблюдения рекомендаций по оценке влияния проекта на окружающую среду в инвестиционных решениях;
- экологическая экспертиза технико-экономического обоснования проекта;
- выработка условий реализации инвестиционного проекта, связанных с экологией;
- контроль за выполнением экологических условий в процессе реализации и эксплуатации проекта.

Таким образом, экологическая оценка позволяет заказчику проекта увеличить его экологическую эффективность через следующие составляющие:

- своевременное выявление и решение экологических проблем;
- снижение количества экологических условий в инвестиционном (финансовом) договоре;
- сокращение дополнительных затрат и задержек в реализации проекта в связи с возникновением экологических и связанных с этим экономических и социальных проблем.

Итак, экологическая оценка инвестиционного проекта в АПК должна сопровождать все стадии проектно-инвестиционного (жизненного) цикла. Значение экологической оценки в жизненном цикле инвестиционного проекта в АПК в обобщенном виде представлено в таблице.

Значение экологической оценки в жизненном цикле инвестиционного проекта в АПК

Стадия жизненного цикла проекта	Процедура экологической оценки	Содержание процедуры экологической оценки
Отбор инвестиционного проекта	Экологический скрининг	1. Классификация инвестиционных проектов. 2. Установление соответствия инвестиционного проекта экологическим критериям. 3. Определение приоритетности инвестиционного проекта. 4. Подготовка Меморандума об экологическом скрининге.
Подготовка инвестиционного проекта	Первичный экологический анализ	5. Подготовка Доклада о первичном экологическом анализе.
Оценка инвестиционного проекта	Детальная экологическая оценка и выработка экологических условий реализации инвестиционного проекта	6. Отчет о детальной экологической оценке.
Переговоры	Согласование проекта и перечня экологических условий	7. Включение Перечня экологических условий в финансовый договор.
Реализация и мониторинг реализации проекта	Экологический контроль за осуществлением инвестиционного проекта	8. Отчетность по результатам экологического контроля за ходом реализации инвестиционного проекта.
Оценка выполнения инвестиционного проекта	Экологический анализ результатов выполнения инвестиционного проекта	10. Отчет по результатам выполнения инвестиционного проекта.

Результаты экологической оценки инвестиционного проекта оформляются сжатым и сосредоточенным на экологических вопросах отчетом. Отчет должен быть соизмерим с возможным влиянием результатов реализации инвестиционного проекта на окружающую среду [8]. Отчет по экологической оценке включает в себя:

- 1) резюме (краткое описание основных результатов и действий по экологической защите проекта);
- 2) разработку экологической оценки в политических, юридических и административных структурах, где указываются экологические требования всех участников инвестирования;
- 3) географическую, экологическую, социальную и временную характеристики проекта по взаимосвязанным инвестиционным проектам, без которых невозможна реализация основного инвестиционного проекта (дорога, склад для сырья, материалов и готовой продукции, электростанция, водопровод, жилье и др.);
- 4) размер изучаемой под проект территории, характеристику физико-биологических свойств и социально-экономической инфраструктуры;
- 5) разработки, осуществляемые и предполагаемые к реализации, но не взаимосвязанные с инвестиционным проектом, а лишь проводимые на его территории;
- 6) характеристику позитивных и негативных влияний проекта и рекомендуемые мероприятия по снижению его воздействия на окружающую среду, если те подлежат снижению;
- 7) изучение диапазона и качества данных о воздействии проекта на окружающую среду, недостаточность этих данных и вероятность наступления прогнозов;
- 8) систематическое сравнение альтернативных инвестиционных бизнес-планов по территориальному расположению и степени воздействия на окружающую среду; капитальных и текущих затрат по проекту; соответствия муниципальным нормативно-

законодательным актам и требованиям к организации осуществления проектов, а также мониторингу его реализации [2]. По нашему мнению, в отчете необходимо представлять размер издержек и выгод по каждому альтернативному проекту, естественно, не исключая их экономическую эффективность, а затем ранжировать рассматриваемые проекты по уровню их влияния на окружающую среду;

9) мероприятия, предусматривающие ослабление воздействий проекта на окружающую среду, снижающие потенциально значительное отрицательное воздействие до допустимых уровней. При этом экологические действия корректируются в соответствии с техническими и иными мероприятиями по проекту;

10) организацию экологических подразделений на различных уровнях менеджмента и подготовку (переподготовку) персонала до требуемого квалификационного уровня, предъявляемого требованиями экологической экспертизы [7];

11) разработку графика мониторинга с описанием его типа и влияния результатов реализации и эксплуатации проекта на окружающую среду и борьбу с этим влиянием, а также с указанием лица, проводящего его, объема затрат для его проведения, в том числе на переподготовку персонала. Целью такого мониторинга является уменьшение вероятности возникновения необратимых экологических ситуаций, воздействующих на окружающую среду. Разработка подобных мониторинговых модулей сегодня является важнейшим направлением развития экономической мысли, потому что в мировом сообществе все больше и больше внимания уделяется процессу реализации и оценки последствий инвестиционных проектов, особенно в сфере АПК [10].

На наш взгляд, при проведении оценки эффективности инвестиционных проектов необходимо формирование и выделение в общих критериях специальных экологических критериев для отбора инвестиционных проектов в инвестиционную программу предприятия АПК, так как:

- проект по увеличению позитивного влияния на состояние окружающей среды и уменьшению (ликвидации) загрязнений в большинстве случаев вызывает значительные повторные воздействия на окружающую среду, последствия которых губительны для населения территорий, на которых реализуется и эксплуатируется проект;

- проект, осуществляемый на территории с особым режимом использования природных ресурсов (например, особым образом охраняемые территории, зоны чрезвычайной экологической ситуации, экологического бедствия), сопровождается проблемами в процессе его реализации;

- сопоставление дисконтированных экологических затрат и выгод, представленных в разделе экономической эффективности, может выявить низкую экономическую эффективность реализуемого проекта.

В соответствии с принципами государственной экологической политики оценка инвестиционного проекта в сфере АПК должна содержать следующие экологические критерии:

- 1) улучшение экологической обстановки на территории, где будет реализоваться инвестиционный проект, в соответствии с обязательствами РФ на международной арене и экологическими приоритетами в АПК;

- 2) совокупный положительный экономический и внеэкономический (в том числе экологический) эффект от реализации инвестиционного проекта;

- 3) применение технологий, методов и продукции, используемых в мировой практике [4].

Инвестиционный проект принимается к реализации, если:

- после его реализации в компонентах природной среды сократилось (ликвидировалось) содержание загрязняющих веществ, улучшился качественный состав почв и сельхозугодий, произошло восстановление нарушенных земель;

- активизация инвестиционной деятельности не оказала воздействия на окружающую среду и это воздействие не повлекло за собой дополнительных неблагоприятных эффектов, таких как рост и возникновение новых разновидностей неблагоприятного влияния, суммация или синергизм веществ, загрязняющих окружающую среду, а также дополнительное изъятие земель или охват в использование новых видов природных ресурсов;

- в принятом к реализации инвестиционном проекте применяются инновационные технологии, которые апробировались в АПК [8].

Итак, критерии принятия решений о возможности реализации инвестиционных проектов в АПК обязательно дополняются учетом экологических последствий в финансовом плане проекта. Существующая система показателей эффективности инвестиционных проектов АПК предусматривает систему оценок проекта в различных аспектах. Первоначальные оценки всегда даются по проекту в целом, например, без планирования источников его финансирования, с позиций общественной эффективности и с позиций инициатора проекта.

Если на первом этапе проект признается эффективным, то в дальнейшем определяются реальные источники его финансирования и условия их поступления. Для каждого участника инвестиционного процесса оценки проекта должны отражать степень его заинтересованности в результатах от реализации данного проекта с учетом затрат, рассчитанных на каждого участника, и его выгод [1].

При оценке инвестиционных проектов в АПК используется большое многообразие методов экологического оценивания. В настоящее время самыми распространенными среди них выступает метод прямого оценивания, учитывающий изменения в окружающей среде в результате реализации и эксплуатации изучаемого инвестиционного проекта [3]. Прямая оценка позволяет учитывать изменение прироста объема производства сельхозпродукции на посевных площадях под защитой лесополос, снижение доходов в результате недовыполнения технических заданий работниками вследствие ухудшения здоровья по причине загрязненных воздуха и воды, кроме того, рост расходов на внедрение очистных сооружений.

Оценка может проводиться косвенными методами путем расчетов экономической эффективности, но зачастую одновременно рыночные цены заменяются «теневыми», содержащими цену влияния инвестиционного проекта на окружающую среду. Рыночные цены корректируются и учитывают косвенное воздействие экологических факторов на критерии экономической эффективности инвестиционного проекта. В результате может быть увеличена стоимость имущества, завышена или занижена оплата труда работникам вследствие изменений условий труда и др. [6].

В мировой практике существуют методы, которые основаны на определении полезности инвестиционного проекта. Механизм их применения включает оценку стоимости замены экологических благ, предоставляемых человеку окружающей средой, но реализацией и эксплуатацией проекта безвозвратно уничтожаемых. Использование этих методов позволит экспертам, проводящим экологическую экспертизу, определить ту сумму затрат, которую люди заплатят с целью сохранения природных благ. В данном случае экспертами по оценке окружающей среды применяется «условное» оценивание, то есть проводится опрос людей для определения размера платы за выгоду или согласие получить компенсацию за понесенный ущерб [2].

Вышеперечисленные методы оценки экологической эффективности инвестиционных проектов являются полезными, но при этом большинство факторов не может быть оценено, и тогда необходимо использовать неденежные показатели. При этом положительные последствия реализации проекта повышают его ожидаемый экономический эффект и общую оценку экономической эффективности, а отрицательные эколо-

гические последствия, наоборот, занижают комплексную оценку экономической эффективности инвестиционного проекта, а иногда и вовсе полностью ее ликвидируют, после чего инвестор отказывается от финансирования, а заказчик – от реализации такого проекта (или вынужден внести существенные изменения).

Таким образом, оценка экологических последствий инвестиционных проектов в АПК является неотъемлемой частью и важнейшим этапом осуществления оценки общей их эффективности. В случае отсутствия такого раздела в оценке инвестиционных проектов они не могут быть приняты к реализации.

Библиографический список

1. Абрамов Р.А. Диверсификация экономики регионов России на основе развития инновационных процессов : автореф. дис. ... д-ра экон. наук : 08.00.05 / Р.А. Абрамов. – Москва, 2010. – 36 с.
2. Борлакова А.К. Оценка инвестиционных проектов с учетом экологического фактора / А.К. Борлакова // Эффективное антикризисное управление. – 2012. – № 6. – С. 94–96.
3. Куаку Куаку III. Экономическая оценка экологических эффектов в инвестиционных проектах развития сельского хозяйства : автореф. дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Куаку Куаку III. – Москва, 2010. – 24 с.
4. Мартынова М.В. Эколого-экономический анализ инвестиционных проектов : автореф. дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / М.В. Мартынова. – Москва, 1998. – 31 с.
5. Медеяева З.П. Рециклинг как фактор устойчивого развития АПК / З.П. Медеяева, С.М. Ляшко // Развитие агропродовольственного комплекса: экономика, моделирование и информационное обеспечение : сб. науч. трудов. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2016. – С. 49–52.
6. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция). – Москва : Институт системного анализа РАН, Центральный экономико-математический институт РАН, 2004. – 221 с.
7. Михайлов К.Л. Экологические приоритеты инновационного развития регионов / К.Л. Михайлов, Г.В. Михайлова // Экономика природопользования. – 2015. – № 5. – С. 15–23.
8. Момот В.М. Формализация оценок инновационных проектов развития предприятий химической промышленности с учетом эколого-экономических показателей / В.М. Момот, Т.В. Мамутова // Бизнес-Информ. – 2013. – № 1. – С. 96–98.
9. Питулько В.М. Экологическая экспертиза / В.М. Питулько. – Москва : Академия, 2010. – 528 с.
10. Прикладная экобиотехнология : учеб. пособие : в 2 т. Т. 2 / А.Е. Кузнецов [и др.]. – 2-е изд. (электронное). – Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 485 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Елена Евгеньевна Бичева – кандидат экономических наук, доцент кафедры финансов и кредита ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 253-75-63 (доб. 1349), e-mail: elenabicheva@yandex.ru.

Людмила Николаевна Сотникова – кандидат экономических наук, доцент кафедры финансов и кредита ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 253-75-63 (доб. 1137), e-mail: lyusotn@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию 19.08.2018

Дата принятия к печати 19.09.2018

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Elena E. Bicheva – Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Financial Industry and Credit Business, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-75-63 (internal 1349), e-mail: elenabicheva@yandex.ru.

Lyudmila N. Sotnikova – Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Financial Industry and Credit Business, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-75-63 (internal 1349), e-mail: elenabicheva@yandex.ru.

Received August 19, 2018

Accepted September 19, 2018

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РОССИЙСКОГО УЧЕТА СОБЫТИЙ ПОСЛЕ ОТЧЕТНОЙ ДАТЫ В СООТВЕТСТВИИ С МСФО

**Виктория Борисовна Малицкая¹
Мария Борисовна Чиркова²
Ирина Владимировна Кузнецова²**

¹Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова

²Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

В современных экономических условиях для эффективного управления хозяйствующими субъектами большое значение имеет наличие у руководителя организации необходимой информации, полученной не только из данных бухгалтерского учета, но и бухгалтерской финансовой отчетности. Недостаток информации, предоставляемой пользователям отчетности, может ограничить приток дополнительных инвестиций, если инвесторы не могут получить необходимые сведения о финансовом положении организации и перспективах ее развития. Достоверность такой информации и отражения в отчетности активов, обязательств зависит от правильного бухгалтерского учета событий, произошедших после отчетной даты. В настоящее время актуальной проблемой является адаптация отечественной системы учета к требованиям Международных стандартов финансовой отчетности (МСФО), реализация которой возможна после уточнения теоретико-методологических положений и разработки методических подходов к оценке и отражению в отчетности информации о событиях после отчетной даты. Представлен анализ категорий, связанных с событиями после отчетной даты, изложен порядок их учета и отражения в отчетности в соответствии с РСБУ и МСФО; приводятся примеры корректирующих и некорректирующих событий после окончания отчетного периода с использованием процедур, изложенных в МСФО (IAS) 10; констатируется, что в МСФО вопросы учета событий после отчетной даты и их отражение в отчетности рассмотрены и раскрыты более подробно, чем в российской практике; делается вывод, что пересмотр отдельных положений по отражению событий после отчетной даты в российском стандарте будет способствовать более рациональному ведению бухгалтерского учета и достоверному отражению информации в бухгалтерской (финансовой) отчетности, а также приблизит российский учет к международному.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: оценка, события, отчетная дата, Международные стандарты финансовой отчетности, Положение по бухгалтерскому учету, корректирующие и некорректирующие события.

IMPROVEMENT OF THE RUSSIAN EVENT ACCOUNTING AFTER THE REPORTING DATE IN ACCORDANCE WITH IFRS

**Victoriya B. Malitskaya¹
Mariya B. Chirkova²
Irina V. Kuznetsova²**

¹Plekhanov Russian University of Economics

²Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

In the modern economic conditions efficient management of business entities is greatly influenced by the availability of necessary information to the head of an organization. It should be obtained not only from accounting records, but also from financial statements. Lack of information provided to the users of financial statements might limit the inflow of additional investments, if investors cannot obtain the necessary data on the financial position of the organization and the prospects for its further development. Reliability of such information and assets and liabilities reflected in the reports depends on appropriate accounting for events that occurred after the reporting date. At present a topical issue is the adaptation of the Russian accounting system to the requirements of the International Financial Reporting Standards (IFRS). They can be implemented after clarifying the theoretical and methodological provisions and developing methodological approaches to appraisal and reflection of post-reporting date events in the records. The authors analyze the categories associated with post-reporting date events and describe the procedure for their accounting and recording in accordance with Russian Accounting Standards and IFRS. The article contains examples of adjusting and non-adjusting events occurring after the reporting period according to the procedures set forth in IAS 10. It is stated that the issues of accounting for post-reporting date events and their disclosure in financial statements are described in more detail in IFRS than in the Russian

accounting practices. It is concluded that a revision of certain provisions on the disclosure of post-reporting date events in the Russian standards will allow for more reasonable accounting and reliable disclosure of information in the financial statements and will bring the Russian accounting in line with international standards.

KEYWORDS: assessment, events, reporting date, International Financial Reporting Standards, Russian Accounting Standard, adjusting and non-adjusting events.

«Эффективное использование ресурсов в рыночной экономике как на макро-, так и на микроуровне возможно лишь на основе систематического формирования экономической информации о состоянии внутренней и внешней среды и анализа данной информации, поскольку результаты финансово-хозяйственной деятельности организации зависят от многих факторов: внешних и внутренних» [3, с. 89]. «С развитием рыночных отношений у хозяйствующих субъектов возникает потребность в информации о хозяйственной деятельности тех или иных организаций» [2, с. 384]. «Бухгалтерский учет является основным источником информации о прибыльности (рентабельности) как отдельных видов продукции, работ, услуг, так и деятельности организации в целом» [6, с. 9]. Следует отметить, что «в условиях рыночной экономики доминирующей становится информационная функция» [7, с. 8] бухгалтерского учета. Достоверность такой информации и отражения в отчетности активов, обязательств зависит от правильного бухгалтерского учета событий, произошедших после отчетной даты. Порядок отражения таких событий в бухгалтерской отчетности организаций Российской Федерации закреплен в ПБУ 7/98 «События после отчетной даты» (приказ Минфина РФ от 25.11.1998 г. № 56н) [4]. Структура данного стандарта представлена на рисунке 1.

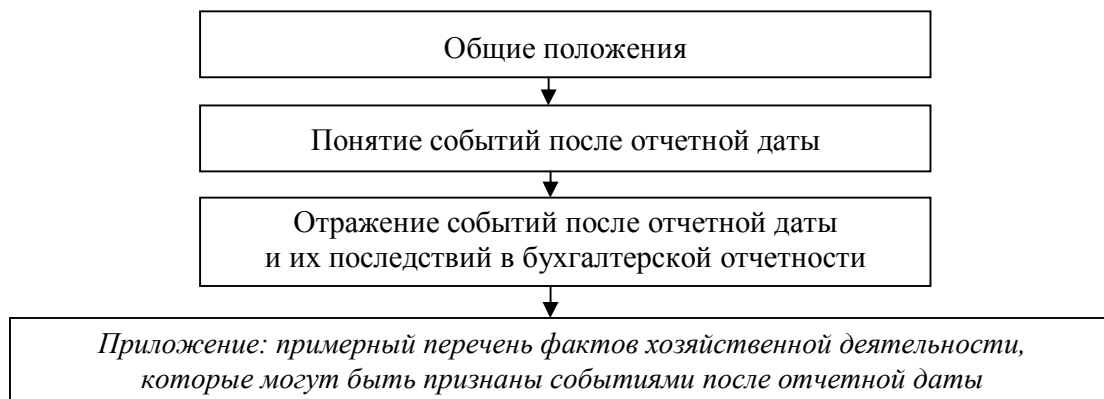


Рис. 1. Структура ПБУ 7/98 «События после отчетной даты»

В исследуемом ПБУ событием после отчетной даты является (признается) «факт хозяйственной деятельности, оказывающий влияние на финансовое состояние, результаты деятельности организации или движение денежных средств и произошедший между отчетной датой и датой подписания финансовой отчетности за отчетный год» [п. 3, 4].

Такие события должны отражаться в бухгалтерской отчетности текущего года. Однако в отчетности показываются только существенные события. При этом уровень существенности определяется организацией самостоятельно. Все это следует, на наш взгляд, прописать в учетной политике, поскольку в ней «находит отражение выбор организации в отношении способов отражения ее хозяйственной деятельности, которые отвечают отраслевым особенностям и финансовым задачам» [1, с. 423].

Однако при определении уровня существенности следует исходить из того, что данные события могут быть существенны, если:

- без знания о них пользователями финансовой отчетности нельзя достоверно оценить финансовую информацию о конкретном хозяйствующем субъекте;
- отношение их годовой суммы к общему итогу соответствующих данных составляет более пяти процентов.

Обычно несущественные события отражаются в отчетности текущего года. Отчетной датой, как известно, является 31 декабря, а последний срок сдачи годового отчета – 31 марта. Конечно, подписание отчетности может быть и ранее. Такая дата указывается в предоставляемой отчетности.

Согласно действующей структуре ПБУ выделяют две группы событий после отчетной даты: «первая – те события, которые подтверждают существовавшие на отчетную дату хозяйственные условия, в которых организация вела свою деятельность; вторая – события, которые свидетельствуют о возникших после отчетной даты хозяйственных условиях, в которых организация ведет свою деятельность» [8, с. 317]. Пример событий согласно представленной классификации приведен в таблице.

**Факты хозяйственной деятельности, признанные событиями
после отчетной даты в соответствии с ПБУ 7/98**

Первая группа	Вторая группа
- банкротство покупателя при условии, когда указанная процедура уже проходила на отчетную дату; - проведенная уценка активов при устойчивом снижении их стоимости; - получение информации о существенном снижении стоимости активов; - объявленные дивиденды; - установление необоснованности процента готовности объекта строительства; - уточнение размеров страхового возмещения; - существенные ошибки, найденные в бухгалтерском учете, приводящие к искажению финансовой отчетности; - реализация производственных запасов, продажная цена которых была не обоснована, и другие.	- принятое решение о реорганизации организации, ее реконструкции; - покупка предприятия как имущественного комплекса; - принятое решение об эмиссии акций и иных ценных бумаг; - крупная сделка по приобретению и выбытию внеоборотных активов; - чрезвычайная ситуация, повлекшая за собой уничтожение большей части активов организации; - изменение курсов иностранных валют и другие.

В финансовой отчетности организации указанные события отражаются одним из двух способов: посредством уточнения данных об активах, обязательствах, доходах и расходах (т. е. путем отражения на счетах бухгалтерского учета заключительными оборотами отчетного периода) или путем раскрытия соответствующей информации в пояснениях к бухгалтерскому балансу и отчету о финансовых результатах. Нам представляется, что это также следует предусмотреть в учетной политике организации.

Способ отражения выбирается в зависимости от того, когда произошли эти события – до или после отчетной даты. События, возникшие до этой даты, регистрируются на бухгалтерских счетах заключительными оборотами отчетного (текущего) года, а после нее – не регистрируются бухгалтерскими записями. Причем в первом случае (при отражении на счетах бухгалтерского учета) в бухгалтерском учете периода, следующего за отчетным, данная запись сторнируется. Затем, когда будет выявлен сам факт существования данного события, он отражается в бухгалтерском учете.

При составлении финансовой отчетности организация производит расчет в денежном выражении по оценке последствий событий после отчетной даты, а если возможность оценить последствия отсутствует, то организация на это указывает. Если новая информация о событиях после отчетной даты возникла с момента подписания и утверждения финансовой отчетности и если она оказала существенное влияние на финансовые показатели организации, то об этом сообщается лицам, которым была предоставлена бухгалтерская отчетность.

В соответствии с Международными стандартами финансовой отчетности события после отчетной даты регулируются МСФО (IAS) 10 «События после окончания отчетного периода» [5], структура которого существенно отличается от структуры ПБУ 7/98, разработанного в соответствии с ранее действовавшим Международным стандартом. Структура МСФО (IAS) 10 представлена на рисунке 2.

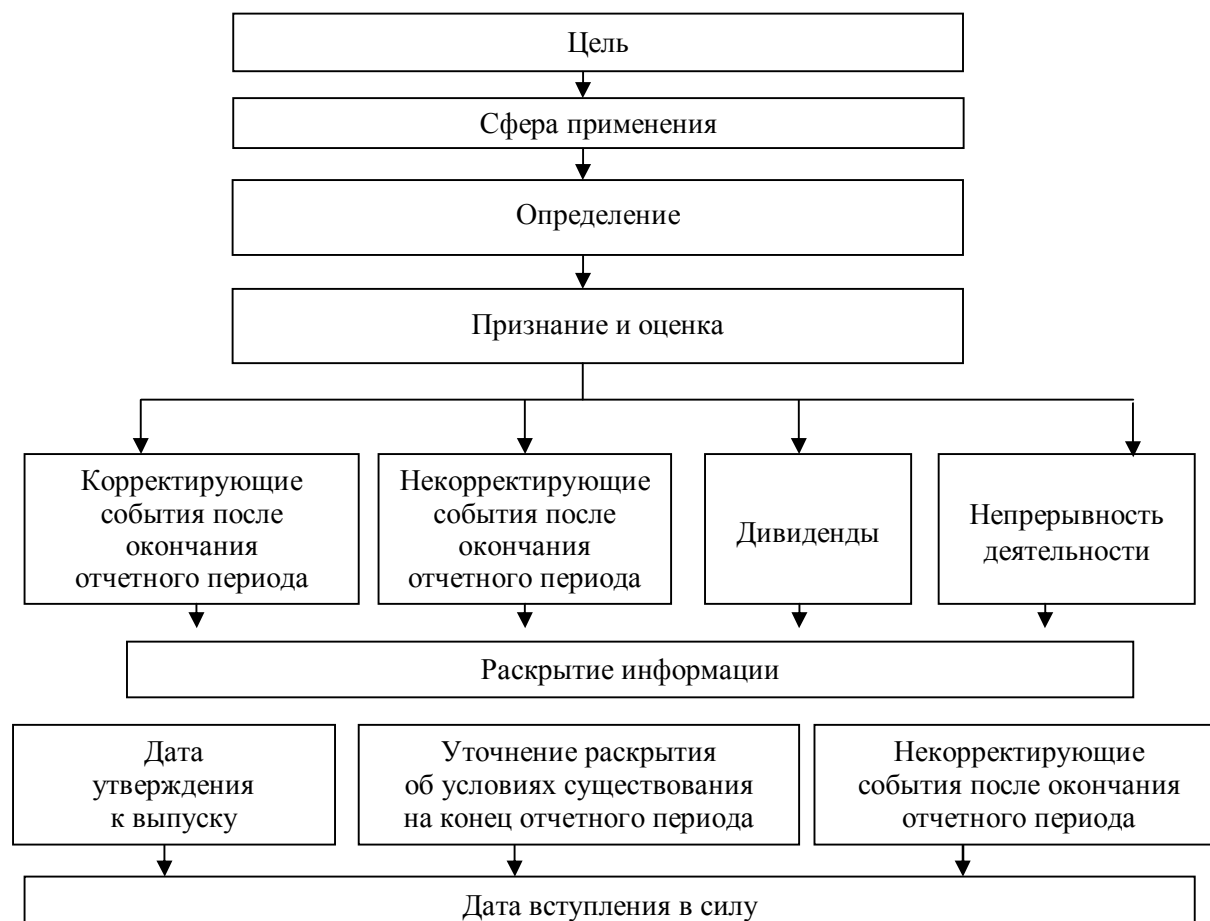


Рис. 2. Структура МСФО (IAS) 10 «События после окончания отчетного периода»

Рассмотрим признание и оценку корректирующих, некорректирующих событий после отчетной даты, дивидендов и непрерывности деятельности. К корректирующим событиям после окончания отчетного периода относятся:

- урегулирование судебных споров, подтверждающее факт существующего обязательства на отчетную дату;
- получение информации о том, что произошло обесценение актива (банкротство покупателя, свидетельствующее об убытках по торговой дебиторской задолженности);
- установление после окончания отчетного периода стоимости активов, поступивших или проданных до окончания отчетного периода;
- определение величин выплат по планам участия в прибыли или премирования при существующих юридических обязательствах;
- установление фактов мошенничества или ошибок, возникших при составлении финансовой отчетности и свидетельствующих о ее недостоверности.

Пример 1. Отчетный год организации заканчивается 31 декабря, и ее годовая финансовая отчетность утверждается к выпуску 23 марта. 12 января 2018 г. организация продала товаров на сумму €800 000. По состоянию на 31 декабря 2017 г. они были отражены в отчетности в размере €1 100 000.

Данное событие является корректирующим. Продажа запасов после отчетной даты служит источником информации об их чистой стоимости реализации на конец отчетного периода. В начале января 2018 г. чистая стоимость продажи товаров составила €800 000, а их себестоимость на 31 декабря 2017 г. – €1 100 000.

В соответствии с требованием МСФО (IAS) 2 запасы должны отражаться в отчетности по наименьшей из двух величин – их себестоимости или чистой стоимости продажи. Таким образом, товары должны быть включены в отчетность по состоянию на 31 декабря 2017 г. в сумме €800 000, и организации следует откорректировать показатели финансовой отчетности за 2017 г.

Пример 2. Отчетный год организации заканчивается 31 декабря, и ее годовая финансовая отчетность утверждается к выпуску 17 марта. 20 января 2018 г. один из крупнейших дебиторов организации объявил о своем банкротстве. Данное событие является корректирующим, поэтому организация должна скорректировать сформированный ранее резерв по сомнительным долгам, что приведет к изменению финансового результата за 2017 г.

«Некорректирующим событием после окончания отчетного периода является, например, снижение рыночной стоимости инвестиций, так как эти события относятся к последующим периодам и не имеют отношения к отчетному периоду» [10, с. 428].

Пример 3. Отчетный год организации заканчивается 31 декабря, и ее годовая финансовая отчетность утверждается к выпуску 20 марта. 30 января 2018 г. организация выпустила 10% облигации, конвертируемые в 36 000 000 обыкновенных акций, на сумму €30 000 000. Кроме того, 1 февраля 2018 г. организация подписала контракт на приобретение основного средства стоимостью €27 000 000, который должен быть исполнен 15 апреля 2018 г.

Оба указанных события являются некорректирующими, однако ввиду их существенности необходимо раскрыть данную информацию в примечаниях к финансовой отчетности за год, закончившийся 31 декабря 2017 г.

Пример 4. Отчетный год организации заканчивается 31 декабря, и ее годовая финансовая отчетность утверждается к выпуску 14 марта. 20 февраля 2018 г. организация объявила годовые дивиденды.

Согласно МСФО (IAS) 10, эти дивиденды не признаются обязательством по состоянию на 31 декабря 2017 г., но раскрываются в примечаниях к финансовой отчетности за 2017 г.

Пример 5. Отчетный год организации заканчивается 31 декабря, и ее годовая финансовая отчетность утверждается к выпуску 3 марта. 16 марта 2018 г. были внесены изменения в налоговое законодательство, которые привели к увеличению налоговых обязательств на 960 млн руб. по состоянию на 31 декабря 2017 г.

Поскольку данное событие произошло после утверждения отчетности к выпуску, оно не является событием после отчетного периода и не регулируется МСФО (IAS) 10. В случае если изменения в законодательство были бы внесены до 3 марта, это событие являлось бы некорректирующим.

Допущение о непрерывности деятельности при составлении финансовой отчетности не действует, если после окончания отчетного периода руководство решает или ликвидировать данный хозяйствующий субъект, или приостановить его деятельность. «Если допущение о непрерывности деятельности неуместно, то меняются методы бухгалтерского учета, а не корректируются суммы, признанные в соответствии с ранее использованными методами бухгалтерского учета» [9, с. 237].

Исходя из вышеизложенного приведем сравнение российского и международного стандартов по учету событий после отчетной даты по ряду признаков (рис. 3).



Рис. 3. Сравнение российского и международного стандартов по учету событий после отчетной даты

Из данных, представленных на рисунке 3, видно, что определение понятия событий после отчетной даты в российском и международном стандарте различается. В МСФО определения более четко сформулированы, и сразу ясно, по каким событиям производится корректировка на счетах бухгалтерского учета, а по каким она не производится, но обязательно раскрывается в примечаниях к финансовой отчетности.

Кроме того, различается период, в течение которого признается факт наступления событий после отчетной даты (дата подписания бухгалтерской финансовой отчетности и дата утверждения ее к выпуску – это не всегда одно и то же). В МСФО раскрывается больше информации, чем в ПБУ 7/98, и это касается двух типов событий.

Исходя из вышеизложенного можно отметить, что МСФО (IAS) 10 шире и глубже раскрывает вопросы учета событий после окончания отчетного периода, чем ПБУ 7/98. Пересмотр отдельных положений по отражению событий после отчетной даты в российском стандарте будет способствовать более рациональному ведению бухгалтерского учета и достоверному отражению информации в бухгалтерской (финансовой) отчетности, а также приблизит российский учет к международному.

Библиографический список

1. Бухгалтерский учет : учеб. пособие ; под ред. И.М. Дмитриевой. – Москва : Эксмо, 2010. – 656 с.
2. Бухгалтерский финансовый учет : учебник ; под ред. И.М. Дмитриевой. – Москва : Изд-во Юрайт, 2014. – 539 с.
3. Малицкая В.Б. Анализ финансовых активов как одной из основных групп показателей финансового состояния организации / В.Б. Малицкая // Аудит и финансовый анализ. – 2008. – № 1. – С. 89–96.
4. Приказ Минфина России от 25.11.1998 г. № 56н. (ред. от 06.04.2015) «Об утверждении Положения по бухгалтерскому учету «События после отчетной даты» (ПБУ 7/98)» (зарегистрировано в Минюсте России 31.12.1998 № 1674) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_21508/ (режим доступа: 02.03.2018).
5. Приказ Минфина России от 25.11.2011 № 160н (ред. от 02.04.2013, с изм. от 21.01.2015) «О введении в действие Международных стандартов финансовой отчетности и Разъяснений Международных стандартов финансовой отчетности на территории Российской Федерации» (зарегистрировано в Минюсте России 05.12.2011 № 22501) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_122870/ (режим доступа: 02.03.2018).
6. Ширококов В.Г. Бухгалтерский учет в организациях АПК : учебник / В.Г. Ширококов. – Москва : Финансы и статистика, 2010. – 688 с.
7. Ширококов В.Г. Бухгалтерский финансовый учет : учеб. пособие / В.Г. Ширококов, З.М. Грибанова, А.А. Грибанов. – Москва : КНОРУС, 2007. – 672 с.
8. 24 ПБУ : практический комментарий / Г.Ю. Касьянова. – 10-е изд., перераб. и доп. – Москва : АБАК, 2011. – 552 с.
9. Spiceland D.J. Intermediate Accounting / D.J. Spiceland, J. Sepe, M. Nelson. – 7th ed. – McGraw-Hill / Irwin, 2012. – 1486 pp.
10. Wiley IFRS: Practical Implementation Guide and Workbook / A.A. Mirza, G. Holt, L. Knorr. – 3rd ed. – New Jersey : John Wiley & Sons, Inc., 2011. – 600 pp.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ
Принадлежность к организации

Виктория Борисовна Малицкая – доктор экономических наук, профессор кафедры бухгалтерского учета и налогообложения ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», Российская Федерация, г. Москва, e-mail: vmrussian@yandex.ru

Мария Борисовна Чиркова – доктор экономических наук, профессор кафедры бухгалтерского учета и аудита ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, e-mail: chirkovamb@mail.ru.

Ирина Владимировна Кузнецова – кандидат экономических наук, доцент кафедры бухгалтерского учета и аудита ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, e-mail: irina197906@mail.ru.

Дата поступления в редакцию 24.08.2018

Дата принятия к печати 10.09.2018

AUTHOR CREDENTIALS
Affiliations

Victoria B. Malitskaya – Doctor of Economic Sciences, Professor, the Dept. of Accounting and Taxation, Plekhanov Russian University of Economics, Russian Federation, Moscow, e-mail: vmrussian@yandex.ru.

Maria B. Chirkova – Doctor of Economic Sciences, Professor, the Dept. of Accounting and Audit, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, e-mail: chirkovamb@mail.ru.

Irina V. Kuznetsova – Candidate of Economics Sciences, Docent, the Dept. of Accounting and Audit, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, e-mail: irina197906@mail.ru.

Received August 24, 2018

Accepted September 10, 2018

МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОЙ ДИАГНОСТИКИ СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО СУБЪЕКТА

**Ольга Ивановна Швырева
Алексей Владимирович Петух
Михаил Владимирович Петух**

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина

В современных экономических условиях российские организации различных форм собственности и видов деятельности сталкиваются с проблемой постановки системы внутреннего контроля, соответствующей положениям законодательства, но не требующей существенных инвестиционных и текущих затрат. Наиболее рациональным способом решения проблемы является реинжиниринг существующих инструментов контроля на основе их идентификации и оценки эффективности. Авторами статьи предпринята попытка разработки комплексной, риск-ориентированной методики диагностики средств контроля. Данная методика включает: анализ действующих правил внутреннего контроля, «встроенных» в национальную систему бухгалтерского учета; выделение необходимых, но не урегулированных законодательно инструментов контроля; установление индикаторов (диагностических признаков) контрольных действий на основе авторской классификации; последовательность процедур оценки и рабочие документы (матрицы), позволяющие идентифицировать ключевые области систем внутреннего контроля, требующие реинжиниринга. В качестве идентификационных признаков инструментов контроля предложены степень ориентации на риск, частота проведения, время выявления ошибки, объект контроля, степень автоматизации. По каждому описательному признаку инструмента контроля определено влияние на эффективность и рациональность его применения. Рассмотрены последствия ненадлежащей организации систем внутреннего контроля, неприменения значимых средств контроля для отдельных предпосылок подготовки бухгалтерской (финансовой) отчетности экономических субъектов аграрного сектора экономики. Практическое применение авторской методики имеет потенциально высокую тактическую и стратегическую ценность для совершенствования систем управления организацией в целом, так как позволяет своевременно выявлять недостатки конкретных процедур и оперативно их ликвидировать, а также формулировать обоснованные рекомендации по постановке (или реинжинирингу) существующих систем.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: система внутреннего контроля, средства контроля, диагностика, реинжиниринг, процедуры автоматизированного контроля.

METHODOLOGY FOR INTEGRATED DIAGNOSTICS OF CONTROL FACILITIES OF ECONOMIC ENTITIES

**Olga I. Shvyreva
Aleksey V. Petukh
Mikhail V. Petukh**

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin

In modern economic conditions the Russian organizations of different forms of ownership and activities face the challenge of establishing an internal control system that complies with legal provisions, but does not require significant investment and operating expenses. The most rational way to solve this problem is to reengineer the existing control tools on the basis of their identification and performance evaluation. The authors have attempted developing comprehensive risk-oriented methodology for diagnosing the control facilities. This methodology includes the following: analysis of existing internal control rules incorporated into the national accounting system; identification of necessary but unlegislated control tools; establishment of indicators (diagnostic features) of control actions on the basis of the authors' classification; the sequence of evaluation procedures and working documents (templates) that allow identifying the key areas of internal control systems that require reengineering. The authors propose to consider the degree of risk orientation, frequency, error detection time, object of control, and degree of automation as the identification features of control tools. For each descriptive feature of control tools the impact on efficiency and the rationality of their application were determined. The authors also consider the consequences of improper organization of internal control systems and non-application of significant control facilities for certain prerequisites for preparing the accounting (financial) statements of economic entities in the

agrarian sector of national economy. Practical application of the authors' methodology has a potentially high tactical and strategic value for improving the management systems of organizations as a whole, since it allows for a timely detection of disadvantages of certain procedures and their prompt elimination, as well as formulation of reasoned recommendations on setting up (or reengineering) the existing systems.

KEYWORDS: internal control system, control facilities, diagnostics, reengineering, automated control procedures.

Система внутреннего контроля существует в каждой организации, несмотря на то, осознает собственник компании, что его надзорная деятельность, вмешательство в работу руководителя-агента – это и есть внутренний контроль, или делает это неосознанно, создано специальное подразделение внутреннего контроля или нет.

Средства контроля можно считать наиболее применяемым элементом системы внутреннего контроля современной организации, так как иные элементы, предусмотренные моделью COSO (контрольная среда, система управления рисками, информационная система, мониторинг), не имеют правового базиса и зачастую воспринимаются руководством экономического субъекта и лицами, отвечающими за корпоративное управление, как лишние, нерациональные.

В связи со вступлением в силу с 01.01.2013 г. нового Федерального закона о бухгалтерском учете, утвердившего требования организации такой системы внутреннего контроля, которая бы обеспечивала достоверность бухгалтерской (финансовой) отчетности экономического субъекта, возникает необходимость диагностики существующего уровня системы внутреннего контроля, его инструментария. Ведь существование любых средств контроля сопряжено с издержками. Поэтому внедрение инноваций во внутренней контрольной среде должно базироваться как на имеющихся ресурсах и опыте (то есть на идентификации и эффективности уже применяемых средств контроля), так и на выявлении и реализации ключевых потребностей системы управления.

Следовательно, разработка методики диагностики систем контроля экономических субъектов в настоящее время чрезвычайно востребована в любом секторе экономики, включая аграрные формирования. Практическое применение такой методики, с одной стороны, должно способствовать экономии ресурсов в условиях турбулентности экономики, с другой – сохранению капитала, его целевому использованию, профилактике злоупотреблений.

Объектом представленного исследования послужили требования российских нормативно-правовых актов в области организации и применения инструментов внутреннего контроля, международные стандарты аудита, принятые Международной федерацией бухгалтеров (IFAC), и практика их применения экономическими субъектами.

При проведении исследования использовались такие методы, как наблюдение, абстрагирование, аналогия, дедукция, абдукция, индукция, моделирование, формализация. Отличительная особенность авторского метода – критический анализ применяемых инструментов внутреннего финансового контроля экономических субъектов и моделирование на основе такой диагностики оптимального комплекса средств контроля, обеспечивающего соблюдение требований нормативно-правовых актов и способствующего повышению эффективности систем управления.

В целях иллюстрации процессов диагностики и разработки дизайна средств контроля представлены результаты обследования систем внутреннего контроля (далее: СВК) крупных и средних сельскохозяйственных организаций Краснодарского края.

Средства контроля (иначе: внутренние средства контроля, контрольные действия, процедуры контроля, инструменты контроля) – это политики и процедуры, которые помогают обеспечивать выполнение распоряжений руководства. Контрольные действия как в системе с применением информационных технологий (далее: ИТ), так и в системе ручной обработки данных имеют разные цели и применяются на всех организационных и функциональных уровнях [3].

Таблица 1. Процедуры внутреннего контроля экономического субъекта

№ п/п	Средство контроля	Примеры контрольных процедур	Наличие требования применения процедуры в РФ
1	Документальное оформление	Осуществление записей в регистрах бухгалтерского учета на основе первичных учетных документов, в том числе бухгалтерских справок	Да
		Включение в бухгалтерскую (финансовую) отчетность существенных оценочных значений исключительно на основе расчетов	Да
2	Подтверждение соответствия между объектами (документами) или их соответствия установленным требованиям	Проверка оформления первичных учетных документов на соответствие установленным требованиям при принятии их к бухгалтерскому учету	Да
		Процедуры контроля взаимосвязанных фактов хозяйственной жизни (например, соотнесение перечисления денежных средств в оплату материальных ценностей с получением и оприходованием этих ценностей)	Частично, например, при инвентаризации расчетов
3	Санкционирование (авторизация) сделок и операций, обеспечивающее подтверждение правомочности их совершения	Контроль правомочности операции, выполняемой персоналом более высокого уровня, чем лицо, осуществляющее сделку или операцию (например, утверждение авансового отчета сотрудника его руководителем)	Да
		Санкционирование заключения договоров (осуществления сделок) и их оплаты учредителями, лицами, отвечающими за корпоративное управление	Частично, для определенных организаций (например, унитарных предприятий, товариществ собственников жилья)
4	Сверка данных	Сверка расчетов экономического субъекта с поставщиками и покупателями для подтверждения сумм дебиторской и кредиторской задолженности	Да
		Проследивание соответствия данных первичного учета, регистров аналитического и синтетического учета и бухгалтерской отчетности	Частично, для внутрихозяйственных операций
5	Разграничение полномочий и ротация обязанностей	Возложение полномочий по составлению первичных учетных документов, санкционированию (авторизации) сделок и операций и отражению их результатов в бухгалтерском учете на разных лиц на ограниченный период с целью уменьшения рисков возникновения ошибок и злоупотреблений	Нет
6	Процедуры контроля фактического наличия и состояния объектов	Физическая охрана	Нет
		Ограничение доступа	Нет
		Инвентаризация	Да
7	Надзор, обеспечивающий оценку достижения поставленных целей или показателей	Оценка правильности осуществления сделок и операций	Нет
		Анализ корректности выполнения учетных операций	Нет
		Оценка точности составления бюджетов (смет, планов)	Нет
		Проверка соблюдения установленных сроков составления бухгалтерской (финансовой) отчетности	Нет
8	Процедуры, связанные с компьютерной обработкой информации и информационными системами	Процедуры общего компьютерного контроля: - правила и процедуры, регламентирующие доступ к информационным системам, данным и справочникам; - правила внедрения и поддержки информационных систем; - процедуры восстановления данных; - другие процедуры, обеспечивающие бесперебойное использование информационных систем	Нет
		Процедуры контроля, осуществляемые в отношении отдельных функциональных элементов системы (модулей, приложений) – логическая и арифметическая проверка данных в ходе обработки информации о фактах хозяйственной жизни (проверка правильности оформления реквизитов документов, контроль введенных сумм, автоматическая сверка данных, отчеты об операциях и ошибках и др.)	Нет

Рассмотрим минимальный состав средств контроля, предусмотренных нормативно-правовыми актами РФ.

В соответствии с Информацией Минфина РФ «Организация и осуществление экономическим субъектом внутреннего контроля совершаемых фактов хозяйственной жизни, ведения бухгалтерского учета и составления бухгалтерской (финансовой) отчетности» экономический субъект может применять следующие процедуры внутреннего контроля:

- документальное оформление;
- подтверждение соответствия между объектами учета;
- санкционирование сделок и операций;
- сверка данных;
- разграничение полномочий и ротация обязанностей;
- процедуры контроля фактического наличия и состояния объектов;
- надзор, обеспечивающий оценку достижения целей или показателей;
- процедуры, связанные с компьютерной обработкой информации и информационными системами [2].

Все средства внутреннего контроля подразумевают систематическое применение контрольных процедур, примеры которых приведены в таблице 1.

Анализируя таблицу, можно согласиться с мнением А. Филатова [9], что отсутствие жесткой регламентации применения правил внутреннего контроля в российском нормативно-правовом поле компенсируется «встроенностью» большинства процедур контроля в концепцию (свод правил) отечественного учета.

Очевидно, что при построении выделенной системы внутреннего контроля, то есть подразделения СВК в случаях, предусмотренных ч. 2 ст. 19 Федерального закона «О бухгалтерском учете» [4], для экономических субъектов, подлежащих обязательному аудиту, кардинальный пересмотр дизайна контрольных действий не требуется. Необходимо добавить к существующим в нормально функционирующей системе учета такие процедуры и контрольные действия, как:

- разграничение полномочий и ротация обязанностей;
- охрана и ограничение физического доступа к активам;
- надзор, обеспечивающий оценку достижения поставленных целей или показателей;
- процедуры, связанные с компьютерной обработкой информации и информационными системами.

Практикующие аудиторы также акцентируют внимание на диагностике пробелов СВК. Тестирование именно указанных выше процедур, жизненно необходимых для обеспечения эффективности систем управления, но отсутствующих у большинства аудируемых лиц, занимает до 50% трудоемкости аудиторских заданий, обеспечивающих уверенность [5].

Как свидетельствуют исследования И.А. Брюханенко и Л.В. Завьяловой [1], А.Е. Суглобова и В.В. Светловой [8], при диагностике контрольных действий экономического субъекта, уже применяемых в системе бухгалтерского учета, необходимо понимание того, соблюдает ли организация требования нормативно-правового характера к их организации и применению.

Нормативно-правовой анализ мы рекомендуем проводить в диагностической таблице (табл. 2).

Таблица 2. Оценочный лист диагностики средств контроля экономического субъекта, предусмотренных российской концепцией бухгалтерского учета

№ п/п	Средства контроля, регулируемые нормативно-правовыми актами РФ	Нормативно-правовой документ, регулирующий организацию и проведение контрольных процедур	Подтверждение соблюдения правил экономическим субъектом
1	Документальное оформление	Федеральный закон «О бухгалтерском учете» № 402-ФЗ, ст. 10, 12; Положения по бухгалтерскому учету	Перечисляются идентифицированные внутренние регламенты и отчеты по контрольным процедурам
2	Подтверждение соответствия между объектами (документами) или их соответствия установленным требованиям	Федеральный закон «О бухгалтерском учете» № 402-ФЗ, ст. 10, 11; Методические указания по инвентаризации имущества и финансовых обязательств	То же
3	Санкционирование операций	В отношении кассовых операций: - Указания ЦБ № 3210-У. В отношении банковских операций: - Указания ЦБ № 383-П. В отношении расхода МПЗ, использования основных средств: - Методические указания по бухгалтерскому учету материально-производственных запасов; - Методические указания по бухгалтерскому учету основных средств и др.	То же
4	Контроль фактического состояния и наличия объектов	Федеральный закон «О бухгалтерском учете» № 402-ФЗ, ст. 12; Методические указания по инвентаризации имущества и финансовых обязательств	То же

При описании того, как соблюдаются правила контроля экономическим субъектом (последний столбец), необходимо учитывать, что, несмотря на требования законов и нормативных актов в области бухгалтерского учета, многие средства контроля фактически не применяются. Даже при наличии внутренних регламентов (учетной политики, должностных инструкций, приказов об инвентаризации) и отчетов (инвентаризационных описей, сличительных ведомостей, актов сверки, протоколов служебных расследований и др.) всегда существует риск, что они существуют только «на бумаге» и не обеспечивают задач, для которых они предусмотрены [10, с. 112–114].

По мнению Е.Л. Сквирской, для определения того, применяются ли на практике выявленные средства контроля, специалисту по диагностике недостаточно провести только опрос персонала, так как работники организации могут надеяться на то, что предусмотренное СВК средство контроля действительно применяется, но на практике это не так [7]. Документально описанное средство контроля, которое не применяется на практике или не работает надлежащим образом при применении, не имеет ценности для диагностики.

Следовательно, оценка фактического применения значимых для организации средств контроля может проводиться с помощью:

- опроса персонала;

- наблюдения или повторного выполнения процедуры;
- инспектирования документов и отчетов;
- прослеживания внутри информационной системы подготовки отчетности отражения одной или более операций (прослеживание не является тестом операционной эффективности средства контроля).

Проверка применимости средства контроля представляет доказательства того, что выявленное средство было применено в определенный момент времени, но не рассматривает операционную эффективность этого средства. Свидетельства операционной эффективности будут получены в ходе проведения тестов контроля, которые рассматривают доказательства в отношении действия средства в течение определенного периода времени, например года.

Таким образом, для диагностики эффективности средств контроля необходимо не только диагностировать существующие средства контроля, но и описать их дизайн. А в отношении значимых для организации средств контроля методами фактической проверки должна быть подтверждена их операционная эффективность.

Наиболее рационально оформлять результаты такой диагностики в рабочем документе в формате таблицы 3. При отсутствии документального или фактического свидетельства осуществления (либо качественных недостатков организации и проведения процедуры) необходимо зафиксировать «пробел» СВК для целей дальнейшего ее реинжиниринга.

**Таблица 3. Результаты диагностики процедур внутреннего контроля
(на примере процедуры «документальное оформление»)**

Процедура	Действия в рамках процедуры	Документальные свидетельства осуществления	Фактические свидетельства осуществления
Документальное оформление	Осуществление записей в регистрах бухгалтерского учета на основе первичных учетных документов	Авторизация доступа к IT-системе регистрации учетной информации. Должностные инструкции (обязанность главного бухгалтера отслеживать ПУД и «проведенные» операции). Отсутствие расхождений при инвентаризации и сверке	Наблюдение за регистрацией ФХЖ бухгалтером-исполнителем. Наблюдение за процедурами контроля со стороны главного бухгалтера. Анализ журнала проводок. Анализ актов сверки с контрагентами и третьими лицами.
	Включение в бухгалтерскую (финансовую) отчетность существенных оценочных значений исключительно на основе расчетов	Указание в учетной политике на формирование оценочных резервов, оценочных обязательств, условных активов и обязательств и других оценочных значений, периодичность и конкретные способы расчета. Утверждение состава комиссий (комитетов) по формированию, инвентаризации и пересмотру отдельных оценочных значений	Наблюдение за работой комиссий (комитетов). Анализ протоколов. Оценка событий после отчетной даты. Пересчет значимых оценочных значений

Понимание качественных характеристик контрольных процедур достигается описанием дизайна средств контроля (контрольных процедур). Это достаточно трудоемкая процедура. Поэтому необходимо понимание, по каким классификационным признакам должно быть сделано такое описание и с чем это связано. Мы предлагаем в целях более полного и адекватного описания дизайна средств контроля использовать следующие классификационные признаки (табл. 4).

Таблица 4. Классификация средств контроля (контрольных действий) экономического субъекта

№ п/п	Классификационный признак	Вид контроля	Эффективность	Трудоемкость	Пример
1	По степени ориентации на риск	Ключевой	Высокая	Высокая	Строго установленные требования к кадрам, систематическая аттестация кадров
		Компенсирующий	Средняя	Средняя	Заклучение договоров о полной материальной ответственности
2	По времени выявления ошибки (предрасположенности к ошибке)	Предварительный (предотвращающий)	Средняя, высокая	Средняя	Предварительное одобрение крупной сделки с новым контрагентом
		Последующий (выявляющий)	Средняя, высокая	Высокая	Инвентаризация резерва по сомнительным долгам
3	По степени автоматизации	Автоматический	Высокая	Низкая	Запрет нетиповых проводок в IT-системе
		Полуавтоматический	Средняя	Средняя	Согласование выхода расходов за предельную сумму бюджета, заложенную в IT-системе
		Ручной	Низкая	Высокая	Инспектирование журнала операций контролером
4	По частоте проведения	Ежегодно	Низкая	Низкая	Годовая инвентаризация запасов
		На ежеквартальной основе	Средняя	Средняя	Сверка расчетов с контрагентами
		Ежемесячно	Средняя, ближе к высокой	Средняя	Контроль остатков при закрытии счетов
		Ежедневно	Высокая	Высокая	Контроль лимита остатка денег в кассе
		По мере необходимости	Средняя	Средняя	Служебное расследование при выявлении недобросовестного действия
5	По объектам контроля	Контроль бизнес-процессов	Зависят от других факторов		Видеонаблюдение, пропускной режим
		Контроль IT-приложений			Предотвращение несанкционированного доступа

Интерпретацию принадлежности контрольного действия к определенному классификационному признаку следует производить с учетом эффективности и трудоемкости (затрат ресурсов).

Рассмотрим наиболее значимые классификационные признаки и виды контроля.

С точки зрения зависимости и влияния на риск существенного искажения информации, выдаваемой управленческой системой для заинтересованных пользователей, следует выделять ключевые инструменты контроля и компенсирующие действия.

Ключевой инструмент контроля – это средство контроля, направленное одновременно на снижение нескольких рисков существенного искажения информации. В идеальной системе ключевые инструменты контроля оказывают положительное компенсаторное влияние на несколько предпосылок подготовки финансовой и нефинансовой информации.

Среди ключевых инструментов всеобъемлющего характера следует отметить контрольную среду, систему управления рисками и мониторинг.

Однако экономические субъекты могут разрабатывать и применять ключевые инструменты, принадлежащие и к иным элементам систем внутреннего контроля. Как правило, они направлены на ошибки и недобросовестные действия, присущие значимым бизнес-процессам, и сочетают в себе превентивную и выявляющую функции.

Например, ключевым бизнес-процессом в реализации сельскохозяйственной продукции за наличный расчет является непосредственно продажа покупателю (работнику, фермеру и др.), при которой одновременно возникают риски:

- неполного отражения полученной наличности и выручки как объекта налогообложения и источника прибыли:

- Дебет счета 50 «Касса»,

- Кредит счета 90 «Продажи»;

- некорректного оперативного расчета себестоимости проданной продукции и, как следствие, неадекватного ценообразования:

- Дебет счета 90 «Продажи»;

- Кредит счета 43 «Готовая продукция».

Таким образом, при намеренном или случайном нарушении регистрации информации при отражении реализации «с фермы», «с поля», «со склада» существует риск искажения одновременно нескольких предпосылок подготовки финансовой отчетности сельхозорганизации:

- полноты отражения выручки;
- возникновения финансового результата;
- существования и оценки запасов;
- полноты исчисления налогов (НДС – при общем режиме налогообложения, ЕСХН, УСНО при применении специальных режимов).

Возникают риски несоблюдения требований нормативно-правовых актов в области полноты и своевременности оприходования наличных денежных средств, что чревато санкциями по ст. 15.1 КоАП РФ, и недобросовестных действий (легализация доходов, полученных незаконными действиями).

Использование контрольно-кассовой техники, в том числе он-лайн касс, встроенное в применяемую ИТ-систему обработки учетной информации, является современным средством ИТ-контроля. В нашем примере – это ключевое средство контроля. Оно одновременно компенсирует риски в отношении отдельных описанных выше предпосылок подготовки финансовой информации и риски несоблюдения законодательства и недобросовестных действий. Тем не менее, такой инструментальный контроль применяется чрезвычайно редко. Более того, в стремлении избежать административных и финансовых санкций «наличную» реализацию вообще не отражают в системе официального бухгалтерского учета, нанося тем самым ущерб и собственнику, и государству.

Компенсирующими инструментами контроля являются контрольные действия, направленные на отдельные предпосылки подготовки информации и/или снижающие (нивелирующие) отдельные риски существенного искажения.

Например, в современных условиях накопления сельхозтоваропроизводителями дебиторской задолженности сомнительного и безнадёжного характера процедура «ан-

деррайтинг контрагента» направлена на снижение риска неплатежа (неисполнения обязательств). А сверка расчетов с контрагентом направлена на выявление возможных отклонений в таких предпосылках информации о дебиторской и кредиторской задолженности, как существование и полнота.

По времени выявления ошибки (несоответствия) различают превентивный (предупреждающий, профилактический) контроль и последующий контроль.

Предупреждающие средства контроля – это, как правило, инструменты ограничения и санкционирования. Ограничивающие средства могут подразумевать формирование и отслеживание бюджетов (смет, планов), лимиты самостоятельности принятия решений должностными лицами и исполнителями. Сюда же можно отнести андеррайтинг контрагента, кадровое тестирование и аттестацию персонала. Обязательное санкционирование может касаться как отдельных значимых управленческих решений, так и выполнения (регистрации) фактов хозяйственной жизни.

Существенным преимуществом наличия профилактических инструментов контроля в организации является предотвращение систематических ошибок и злоупотреблений в отношении значимых фактов хозяйственной жизни. Однако неоптимальные превентивные меры способны развить бюрократический аппарат и коррупцию, особенно когда они в серьезной мере подвержены оценочным суждениям.

Примером неадекватного профилактического инструмента может служить андеррайтинг потенциальных контрагентов, базирующийся на мнении индивидуумов о платежеспособности, конкурентоспособности и вероятной недобросовестности новых клиентов. Такая система может привести к развитию практики коммерческого подкупа в организации.

Инструменты контроля, ориентированные на выявление нарушений после совершения, регистрации и обработки (систематизации) фактов хозяйственной жизни, *составляют последующий контроль*. Практически все известные средства контроля, в том числе упоминаемые в бухгалтерском законодательстве, кроме санкционирования, можно отнести к этому виду контроля.

С развитием цифровой экономики все большую роль в предотвращении ошибок и злоупотреблений играют автоматизированные средства контроля, постепенно вытесняя так называемые «ручные» средства.

В 2009 г. СРО «Аудиторская палата России» (ныне вошедшая в состав СРО «Аудиторская Ассоциация «Содружество») разработала тесты, обеспечивающие всестороннее понимание дизайна средств контроля в зависимости от степени автоматизации [6].

Специалисты СРО выявили основные преимущества и недостатки автоматизированных (рис. 1) и ручных (рис. 2) инструментов внутреннего контроля.

Если проанализировать информацию, представленную на рисунках 1 и 2, можно констатировать, что у любых инструментов есть недостатки, которые могут быть компенсированы альтернативным контролем. Например, невозможность или трудности внесения изменений в конфигурацию ИТ-контролей в отношении изменчивых объектов могут быть компенсированы заменой или выборочным применением ручных или полуавтоматизированных средств контроля.

Таким образом, значимым фактором повышения эффективности внутреннего контроля является поиск оптимального сочетания инструментов контроля, ориентированного на применение альтернативных действий (ручных или автоматизированных) в ответ на риски существующих или запланированных (соответственно – автоматизированных или ручных).

Преимущества:	Автоматизированные инструменты контроля	Риски:
- последовательное применение выбранных правил ведения бизнеса и выполнение сложных расчетов при обработке больших объемов операций или данных; - повышение своевременности, доступности и точности информации; - возможность дополнительного анализа информации; - расширение возможностей по проведению мониторинга эффективности деятельности организации, применяемых ею политик и процедур; - снижение риска действий в обход систем внутреннего контроля; - расширение возможностей по эффективному разграничению полномочий посредством внедрения внутренних средств обеспечения безопасности в приложения, базы данных и операционные системы.		- использование систем или программ, допускающих ошибки при обработке данных, обработку неточных данных или допускающих обе возможности; - возможность несанкционированного доступа к данным, который может привести к уничтожению данных или внесению неправомерных изменений в них, включая учет несанкционированных или несуществующих операций или некорректный учет операций (ряд рисков может возникнуть при наличии у многочисленных пользователей доступа к общей базе данных); - вероятность получения сотрудниками службы ИТ привилегированного доступа сверх лимита, необходимого для осуществления должностных обязанностей, что нарушает порядок разграничения обязанностей; - несанкционированные изменения данных в мастер-файлах (настройках конфигурации); - несанкционированные изменения в системе или программах; - отсутствие возможности внесения необходимых изменений в системы или программы; - несанкционированное вмешательство в ручной режим; - потенциальная утрата данных или отсутствие возможности получить необходимый доступ к данным.

Рис. 1. Преимущества и риски использования автоматизированных инструментов внутреннего контроля

Преимущества:	«Ручные» инструменты контроля	Риски:
- лучше подходят для областей, в которых необходимы суждения и осторожность в отношении значительных, необычных или нестандартных фактов хозяйственной жизни; - удобство использования при возникновении сложностей в выявлении, предупреждении и прогнозировании ошибок; - изменение обстоятельств может потребовать ответных мер за пределами существующих средств автоматизированного контроля; - позволяют осуществлять мониторинг эффективности средств автоматизированного контроля.		- меньшая степень надежности по сравнению с автоматизированными средствами контроля, обусловленная человеческим фактором; - большая подверженность действиям в обход, игнорированию или отмене; - подверженность простым (арифметическим и логическим) ошибкам; - невозможность обеспечения последовательного применения; - в меньшей мере подходят для большого количества или часто повторяющихся операций, для которых более эффективно применение средств автоматического контроля.

Рис. 2. Преимущества и риски использования «ручных» инструментов внутреннего контроля

Исходя из практики применения автоматизированных средств контроля при диагностике может быть уместным описание не только контролей бизнес-процессов и/или их частей, но и контроль работоспособности ИТ-инструмента контроля. Этим обусловлена классификация средств контроля на *контроль бизнес-процессов* и *контроль ИТ-приложений*.

С точки зрения частоты осуществления контрольных процедур можно различать *рутинные* (постоянные) и *периодические* (ежемесячные, ежеквартальные, ежегодные, прецедентные).

Безусловным преимуществом рутинных контрольных процедур является высокая эффективность в профилактике и оперативности выявления случайных ошибок. Несколько меньшая эффективность рутинного контроля наблюдается в отношении недобросовестных действий, особенно высшего управленческого звена, имеющего доступ к организации и проведению рутинных процедур. Поэтому наиболее рациональным рутинный контроль является в отношении деятельности материально ответственных лиц и исполнителей, а также в целях предотвращения случайных ошибок.

Периодический контроль – это действия, способствующие эффективному использованию ресурсов контроля, так как требуют более квалифицированного подхода, трудоемки и поэтому являются более дорогостоящими. Поэтому планирование применения инструментов периодического контроля должно базироваться на оптимальном сочетании факторов:

- значимость объекта контроля или предпосылки подготовки финансовой (нефинансовой) информации;
- присущие риски существенного искажения объекта контроля (предпосылки);
- трудоемкость и затратоемкость контрольной процедуры.

Результаты диагностики применяемых экономическим субъектом средств контроля целесообразно документировать в виде «матрицы рациональности». В отношении средств контроля компенсирующего характера (например, дебиторской задолженности) матрица будет выглядеть так, как она представлена в таблице 5.

Таблица 5. Матрица рациональности применяемых экономическим субъектом средств контроля

Объект контроля	Ключевые предпосылки	Значимое средство контроля	Классификация контроля			Итоговая оценка рациональности
			по времени выявления ошибки	по степени автоматизации	по частоте проведения	
Дебиторская задолженность	Существование	Сверка расчетов с дебиторами	последующий	полуавтоматизированный	ежеквартальный	Рационален: эффективность высокая, трудоемкость средняя
	Права и обязательства	Андеррайтинг нового дебитора	предупреждающий	ручной	по мере необходимости	Эффективность снижена вследствие неопределенности критериев оценки
	Оценка	Инвентаризация сомнительных долгов, формирование резерва	последующий	полуавтоматизированный	ежеквартальный	Эффективность снижена вследствие неопределенности критериев оценки
	Классификация	Не применяется				Неэффективен

Рациональность определяется исходя из сопоставления вероятной эффективности контрольных действий и трудоемкости и использования иных (нетрудовых) ресурсов.

В приведенном примере существующие средства контроля в отношении дебиторской задолженности в целом нетрудоемки, но могут оказаться неэффективными в силу идентифицированных проблем:

- во-первых, велика роль субъективного суждения контролеров в принятии решения о подтверждаемой предпосылке (относительно приемлемости отношений с новым дебитором, а также целесообразности и величине формируемого резерва по сомнительным долгам), что само по себе вызывает необходимость нового контроля – в отношении применяемых суждений;
- во-вторых, отсутствуют контрольные действия в отношении классификации дебиторской задолженности (например, долгосрочной и краткосрочной), что может привести к перераспределению сумм между внеоборотными и оборотными активами в бухгалтерском балансе, и, как следствие, неправильной интерпретации имущественного положения компании пользователями финансовой информации.

Выводы

Оценка современных требований нормативно-правовых актов РФ показала, что дизайн эффективных и рациональных средств контроля, в значительной мере, определяется законодательством в областях бухгалтерского учета и хозяйственного права. При этом некоторые элементы инструментария внутреннего контроля (разграничение полномочий и ротация обязанностей; охрана и ограничение физического доступа к активам; надзор, обеспечивающий оценку достижения поставленных целей или показателей; процедуры, связанные с компьютерной обработкой информации и информационными системами) остались за рамками нормативно-правовых актов и требуют локальной формализации.

Диагностика применяемых средств внутреннего контроля должна быть поэтапной, охватывать все рекомендованные Минфином РФ элементы. Полнота и прогнозная ценность результатов оценки могут страдать вследствие неопределенности параметров идентификации и классификации применяемых элементов контроля. В связи с этим авторская методика классификации средств контроля и оценки эффективности отдельных классификационных параметров дизайна контроля разработана для преодоления методических проблем диагностики, в том числе обусловленных субъективизмом оценки.

Результаты формализованного тестирования средств контроля имеют высокую тактическую и стратегическую ценность для совершенствования СВК, так как позволяют видеть недостатки конкретных процедур и оперативно их ликвидировать, а также формулировать обоснованные рекомендации по постановке (или реинжинирингу существующих) систем.

Библиографический список

1. Брюханенко И.А. Аудиторская оценка контрольной среды как элемента внутреннего контроля экономического субъекта / И.А. Брюханенко, Л.В. Завьялова // Вестник СибАДИ. – 2016. – Вып. 2 (48). – С. 159–165.
2. Информация Минфина России от 25.12.2013 г. № ПЗ-11/2013 «Организация и осуществление экономическим субъектом внутреннего контроля совершаемых фактов хозяйственной жизни, ведения бухгалтерского учета и составления бухгалтерской (финансовой) отчетности» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_156407/ (дата обращения: 02.06.2018).
3. Международный стандарт аудита 315 (пересмотренный) «Выявление и оценка рисков существенного искажения посредством изучения организации и ее окружения» (введен в действие на территории Российской Федерации Приказом Минфина России от 24.10.2016 № 192н) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_207071/ (дата обращения: 02.06.2018).
4. О бухгалтерском учете : федеральный закон от 06.12.2011 № 402-ФЗ (с изм. и доп., по сост. на 29.07.2018 № 27-ФЗ) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_122855/ (дата обращения: 02.06.2018).
5. Рассмотрение системы внутреннего контроля (СВК): методические материалы СРО «Российский союз аудиторов», 2012 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://org-rsa.ru/metodologiya/metodologiya-audita.php> (дата обращения: 02.06.2018).
6. Система внутреннего контроля: методические материалы СРО «Аудиторская палата России», 2009 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sroapr.ru/apr/private/docs/ksap006.pdf> (дата обращения: 02.06.2018).
7. Сквирская Е.Л. Оценка средств контроля в ходе аудита: методические приемы и рекомендации / Е.Л. Сквирская // Финансовые и бухгалтерские консультации. – 2011. – № 5 (май). – С. 3–13.
8. Суглобов А.Е. Внутренний контроль в системе обеспечения экономической безопасности кредитных организаций : монография / А.Е. Суглобов, В.В. Светлова. – Москва : Городец, 2015. – 140 с.
9. Филатов А.А. Совет директоров: инструкция к применению / А.А. Филатов. – Москва : Альпина Паблишер, 2014. – 198 с.
10. Швырева О.И. Современные модели внутреннего контроля : монография / О.И. Швырева, М.Ф. Сафонова. – Краснодар : КубГАУ, 2015. – 320 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Ольга Ивановна Швырева – кандидат экономических наук, профессор кафедры аудита ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Российская Федерация, г. Краснодар, тел. 8(918) 458-73-25, e-mail: oshvyreva@mail.ru.

Алексей Владимирович Петух – кандидат экономических наук, проректор по учебной работе, доцент кафедры аудита ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Российская Федерация, г. Краснодар, тел. 8(918) 449-12-00, e-mail: petuh.a@kubsau.ru.

Михаил Владимирович Петух – аспирант кафедры аудита ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Российская Федерация, г. Краснодар, тел. 8(918) 979-81-00, e-mail: bulahi@inbox.ru.

Дата поступления в редакцию 03.09.2018

Дата принятия к печати 18.09.2018

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Olga I. Shvyreva – Candidate of Economic Sciences, Professor, the Dept. of Audit, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Russian Federation, Krasnodar, tel. 8(918)458-73-25, e-mail: oshvyreva@mail.ru.

Aleksey V. Petukh – Candidate of Economic Sciences, Vice Rector for Academic Affairs, Docent, the Dept. of Audit, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Russian Federation, Krasnodar, tel. 8(918)449-12-00, e-mail: petuh.a@kubsau.ru.

Mikhail V. Petukh – Postgraduate Student, the Dept. of Audit, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Russian Federation, Krasnodar, tel. 8(918)979-81-00, e-mail: bulahi@inbox.ru.

Received September 03, 2018

Accepted September 18, 2018

МЕТОДИКИ ФОРМИРОВАНИЯ БИЗНЕС-МОДЕЛИ ОРГАНИЗАЦИЙ МАЛОГО БИЗНЕСА

**Валерий Иванович Лойко
Татьяна Петровна Барановская
Александр Евгеньевич Вострокнутов
Ирина Михайловна Яхонтова**

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина

Организации малого бизнеса являются одним из важных элементов агропромышленного комплекса страны, механизмом повышения качества производимой продукции, сдерживания цен, развития конкуренции. Исследование проблем функционирования организаций малого бизнеса показывает, что адекватная ресурсная база и соответствующие ей программы уже созданы и функционируют, следовательно, необходимо изменить вектор современных исследований в сторону разработки инструментов их развития. Одним из популярных инструментов описания деятельности организации является бизнес-модель, разработка которой позволяет исследователю или владельцу бизнеса увидеть свои сильные и слабые стороны, возможности и угрозы. Проведенный анализ методологических подходов к построению бизнес-модели позволил выбрать базовый метод (подход А. Остервальдера), который охватывает практически все подсистемы организации: бизнес-процессы, ресурсы, ценностное предложение, потребительские сегменты и др. Основным недостатком выбранного базового метода является его специализация на концептуальном моделировании. Для решения этой проблемы были разработаны математические модели расчета доходов, расходов и показателей эффективности, которые базируются на общеизвестных методах экономического анализа и отличаются их адаптацией для использования в процессе формирования бизнес-модели. Также отличительной особенностью моделей расчета доходной части бизнес-модели стало использование метода теории массового обслуживания при определении числа лояльных покупателей. После адаптации исходных параметров функционирования общеизвестной модели эффективности системы массового обслуживания с отказами было предложено для оценки интенсивности входящего потока заявок использовать количество клиентов потребительского сегмента, а в качестве интенсивности потока обслуживания – интегральный показатель, характеризующий предложение канала сбыта и обобщающий ширину, глубину ассортимента, а также конкурентоспособность ценностного предложения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: малый бизнес, бизнес-модель, эффективность, методология, модель, теория массового обслуживания.

METHODOLOGIES FOR BUSINESS MODEL FORMATION FOR SMALL BUSINESS ENTITIES

**Valery I. Loiko
Tatyana P. Baranovskaya
Alexander E. Vostroknutov
Irina M. Yakhontova**

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin

Small business entities are an important element of the Agro-Industrial Complex of the country, and a mechanism for improving the quality of products, price regulation, and development of competition. Research on the problems of functioning of small business entities shows that an adequate resource base and its corresponding programs have already been created and are functioning; therefore, it is necessary to change the vector of modern research towards the creation of tools for their development. One of the most popular tools describing the activities of an organization is the business model, the development of which allows the researchers or business owners to see their strong and weak points, opportunities and threats. The performed analysis of methodological approaches to business model formation allowed choosing the basic method (A. Osterwalder's approach), which covers almost all subsystems of the organization, e.g. business processes, resources, value proposition, consumer segments, etc. The main disadvantage of the selected basic method is its specialization on conceptual modeling. In order to solve this problem the authors have developed mathematical models for calculating revenues, expenses and performance indicators on the basis of well-known methods of economic analysis with their adaptation for use in the process of

business model formation. Another distinctive feature of models for calculating the revenues in the business model is the use of queuing analysis in determining the number of loyal customers. The initial parameters of functioning of the well-known efficiency model of queuing system with rejections have been adapted. The authors propose to use the number of customers in the consumer segment to evaluate the intensity of incoming flow of requests. It is also proposed to consider the intensity of service flow as an integral parameter that characterizes the sales channel offer and summarizes the width and depth of product range and competitiveness of value proposition.

KEYWORDS: small business, business model, efficiency, methodology, model, queuing theory.

Экономическое развитие государства во многом зависит от такого сегмента, как малый бизнес. Организации, входящие в данный сегмент, обеспечивают поступление налогов в бюджеты разных уровней, формируют конкурентную среду, решают вопросы трудоустройства населения, обеспечивают сдерживание цен, повышение качества производимой продукции и услуг и др. Однако несмотря на столь важное значение, динамика развития организаций малого бизнеса носит депрессивный характер [3, 14, 15]. Основной причиной сложившейся ситуации, на наш взгляд, является отсутствие адекватных по цене и сложности используемых подходов инструментов развития бизнеса.

Одним из инструментов развития бизнеса на сегодняшний день является бизнес-моделирование. Такая экономическая категория, как «бизнес-модель», появилась сравнительно недавно, но получила широкое распространение как в условиях западной экономики, так и в России, как среди крупных организаций, так и малого бизнеса [5, 8]. Анализ методологических подходов к созданию (формированию) бизнес-модели позволил выделить шесть основных методов [1, 11, 18–24]. Данные сравнительного анализа по критериям достоинств и недостатков используемых подходов к формированию бизнес-модели представлены в таблице 1.

Проведенный анализ методологий разработки бизнес-модели организаций показал, что наибольшее распространение получил метод А. Остервальдера [13, 22, 23]. Этот факт обуславливается такими достоинствами метода, как универсальность, возможность использования как для проектов Start UP, так и для уже действующих организаций, полнота анализируемой информации. Однако, как уже было сказано ранее, метод предусматривает только концептуальное проектирование бизнес-модели. Соответственно, актуальным становится вопрос развития метода и разработки методик и математических моделей, обеспечивающих численное описание процесса функционирования и анализа бизнес-модели.

Выбранный метод разработки бизнес-модели предусматривает проектирование потоков поступления доходов и определяет структуру издержек [4, 13, 22, 23]. Потоки поступления доходов представляются в виде цепочки из ценностного предложения, канала сбыта и потребительского сегмента. Соответственно, ценностное предложение характеризуется такими числовыми параметрами, как цена и спрос, а потребительский сегмент – количеством клиентов. Таким образом, расчет потоков поступления доходов для одного из каналов сбыта может быть выполнен с использованием следующей формулы:

$$D_{KC} = \sum_{i=1}^n C_i H_i E_i, \quad (1)$$

где D_{KC} – потоки поступления доходов, руб.;

n – количество позиций ценностного предложения, закрепленных за каналом сбыта;

C – цена (стоимость) ценностного предложения, руб.;

H – спрос, ед. за период времени;

E – количество клиентов в потребительском сегменте, чел.

Таблица 1. Сравнительный анализ методов разработки бизнес-модели

Наименование метода	Достоинства метода	Недостатки метода
Метод Питера Друкера [20]	Предусматривает анализ факторов внешней среды и исследование их влияния на эффективность организации. Концепция учитывает изменение (диверсификацию) ценностного предложения, т.е. номенклатуры товаров и услуг, в зависимости от изменения исследуемых факторов.	Бизнес-модель представляется только в контексте ценностного предложения (изменение предложения при изменении спроса). Отсутствуют практические рекомендации по реализации.
Метод Пола Тиммерса [24]	Предусматривает моделирование информационных потоков, возникающих между клиентом и организацией, создание архитектуры продуктов и предоставления услуг в системах электронной торговли, что позволяет выполнить расчет потоков поступления доходов. Автор выделяет 11 архитектурных моделей для систем электронной торговли.	Рассматривается только электронная коммерция (социальные сети, интернет-магазины, тематические платформы и др.) и не учитываются ресурсы и риски на создание и реализацию предложенных архитектурных концепций.
Метод Майкла Льюиса [10]	М. Льюис развивает идею П. Тиммерса и предлагает разработку бизнес-модели для организаций, использующих технологию электронной торговли. Метод предусматривает расчет прибыли, а следовательно, учет доходов и затрат.	Рассматриваются только системы электронной торговли. Основные акценты направлены на совершенствование ценовой политики и привлечение клиентов.
Метод Джоан Магретта [21]	Д. Магретта обобщает подходы, предложенные такими исследователями, как П. Друкер, П. Тиммерс, М. Льюис. Метод ориентирован на клиента и ценностные предложения, предполагает активное использование электронных таблиц, а сама бизнес-модель разделяется на два блока: создание ценности и доведение созданного предложения до клиента. Кроме того, закладываются предпосылки для проектирования бизнес-моделей проектов StartUp.	Ориентирован на совершенствование существующих бизнес-моделей (бизнес-истории организаций) на основе использования информационных технологий.
Метод Александра Остервальдера [22, 23]	А. Остервальдер обосновывает концептуальное бизнес-моделирование как существующих организаций, так и проектов StartUp. Вводится понятие шаблона бизнес-модели, в котором выделяется девять блоков, которые охватывают основные подсистемы организации: ценностное предложение, потребительские сегменты, каналы сбыта, технологии взаимоотношений с клиентами, ключевые виды деятельности, ключевые ресурсы, партнеры, доходы и издержки, при этом усилия разработчика концентрируются на ключевых моментах.	Предусмотрено только концептуальное проектирование бизнес-модели, при этом расчет численных значений таких категорий, как цена, издержки, доходы и др., опускается. Также в шаблоне бизнес-модели отсутствует описание конкурентной среды.
Метод Клейтона Кристенсена [11, 19]	К. Кристенсен предлагает укрупнение блоков шаблона бизнес-модели, что приводит их к сокращению. Выделяются следующие блоки: ценностное предложение, бизнес-процессы, ресурсы и «формула получения дохода». Учет затрат (расчет и учет амортизации ресурсов) осуществляется в блоке ресурсы. По итогам разработки бизнес-модели осуществляется расчет маржи и выручки.	Созданные проекты являются сложно тиражируемыми, так как созданный проект бизнес-модели будет неадекватен для использования в другой организации.

Рыночная стоимость (цена) ценностного предложения может быть рассчитана, как

$$C = Z + V, \quad (2)$$

где Z – себестоимость ценностного предложения, руб.;

V – норма прибыли (наценка) для ценностного предложения, руб.

Спрос на конкретное ценностное предложение определяется путем маркетингового исследования в конкретном потребительском сегменте или экспертным путем. В

рамках данного исследования предлагается воспользоваться методами экспертных оценок. Так, например, значение спроса для ценностного предложения может составлять 1 ед./день в том случае, если товар имеет повседневный спрос. Тогда недельный спрос на это ценностное предложение составит 7 ед. и соответственно 28 ед./месяц и 336 ед./год. Для целей бизнес-моделирования рекомендуется использовать годовое значение спроса на ценностное предложение (табл. 2).

Таблица 2. Расчет спроса на ценностное предложение, ед.

Ценностное предложение/ товарная группа	Период потребления ценностного предложения			
	День	Неделя	Месяц	Год
Товар ₁	1	7	28	336
Товар ₂	0,14	1	4	48
Товар _i	0,33	2,31	9,24	110,88

Следующим параметром, используемым для расчета потоков поступления доходов, является количество клиентов в потребительском сегменте. Значение этого параметра определяется путем сочетания маркетинговых исследований и статистического наблюдения. Так, например, определено, что в выделенном потребительском сегменте бизнес-модели находятся 800 клиентов. Однако использовать это значение в формуле (1) не следует в связи с тем, что не все 800 клиентов совершат покупку именно в проектируемой организации (канале сбыта). Ведь любой современный рынок, особенно в сегменте малого бизнеса, характеризуется конкуренцией. Таким образом, становится очевидным, что в формуле (1) более приемлемым будет использование значения количества лояльных клиентов, т. е. тех клиентов, которые совершат покупку в проектируемом канале сбыта.

На процесс совершения покупки в первую очередь будут влиять такие факторы, как ассортимент и цена. Соответственно, для расчета количества лояльных клиентов будут использоваться параметры количества клиентов в потребительском сегменте, ассортимент и цена. Предлагается для расчета количества лояльных клиентов использовать общеизвестную модель системы массового обслуживания с отказами. Дисциплина обслуживания заявок в этой системе совпадает с исследуемым процессом [6, 7, 9]. Если предложение (ассортимент и цена) будут устраивать клиента, тогда он совершит покупку, в противном случае – потребность клиента останется неудовлетворенной. Предлагается в качестве интенсивности входящего потока заявок (λ) использовать значение количества клиентов в потребительском сегменте, а в качестве интенсивности потока обслуживания (μ) – интегральный показатель, характеризующий предложение канала сбыта (n). Соответственно, если ожидания клиента будут соответствовать предложению канала сбыта, произойдет продажа, в противном случае – отказ.

Таким образом, становится возможным использовать формулу абсолютной пропускной способности (A) для расчета количества лояльных клиентов [6, 7].

$$A = \frac{\lambda \mu}{\lambda + \mu} \quad (3)$$

После адаптации формулы (3) к задачам бизнес-моделирования получаем

$$A = \frac{E \cdot n}{E + n} \quad (4)$$

Как уже отмечалось ранее, предложение канала сбыта включает в себя понятие ассортимента и цены. Обычно ассортимент характеризуется глубиной и шириной, а цена – конкурентоспособностью. Для оценки этих двух показателей необходимо ввести понятие товарной группы. Тогда оценка предложения товарной группы может быть рассчитана по формуле

$$N_i = 1 + K_r + K_c, \quad (5)$$

где N_i – оценка предложения товарной группы ассортимента;

K_r – оценка глубины ассортимента;

K_c – оценка конкурентоспособности ассортимента;

Оценку глубины ассортимента можно рассчитать по формуле

$$K_r = 1 - \frac{1}{n}, \quad (6)$$

где n – количество ценностных предложений в товарной группе, ед.

Анализ зависимости (6) показывает, что при увеличении ценностных предложений товарной группы будет увеличиваться численное значение оценки глубины ассортимента, что показано на рисунке 1.

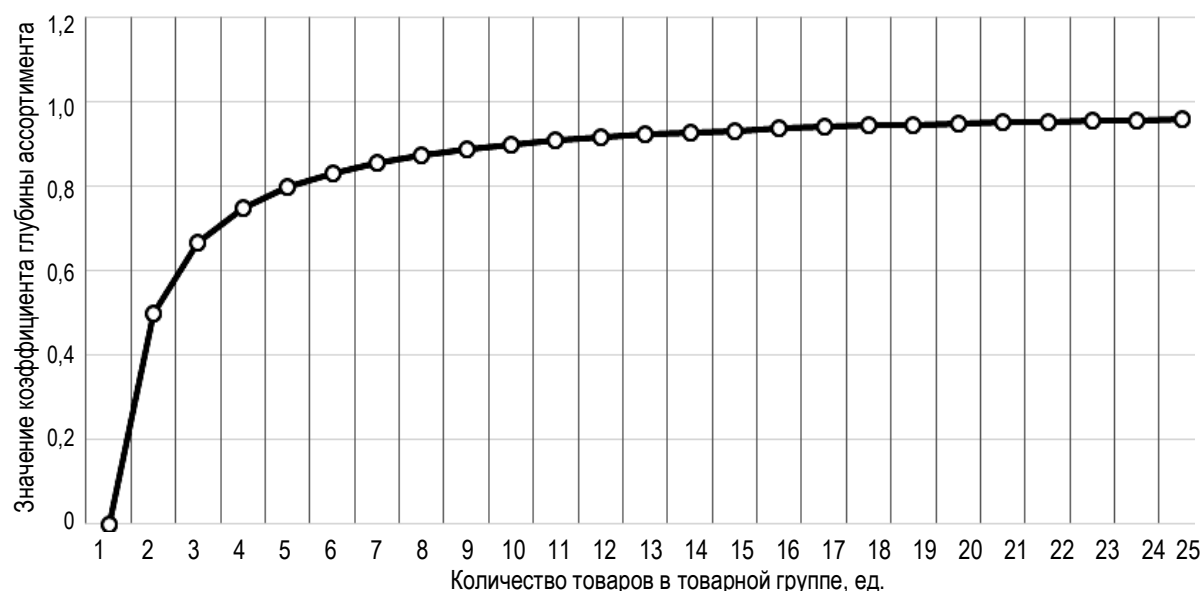


Рис. 1. Влияние количества ценностных предложений в товарной группе на оценку глубины ассортимента

Оценка конкурентоспособности товарной группы должна характеризовать уровень стоимости (цены) ценностных предложений товарной группы в сравнении с конкурентами, что можно записать в виде следующей формулы:

$$K_{ci} = \frac{\sum_n (C_{nK} - C_{nKC})}{n}, \quad (7)$$

где K_{ci} – оценка конкурентоспособности ценностного предложения по товарной группе;

C_{nKC} – стоимость (цена) ценностного предложения проектируемого канала сбыта, руб.;

C_{nK} – стоимость (цена) ценностного предложения конкурента, руб.;

n – количество ценностных предложений в товарной группе, ед.

Апробация предложенных моделей была проведена на примере данных, представленных в таблице 3.

Таблица 3. Оценка конкурентоспособности ценностного предложения

Наименование ценностного предложения	Стоимость (цена) ценностного предложения, руб.	Стоимость (цена) ценностного предложения конкурента i , руб.	Оценка
Товар ₁	110	120	+10
Товар ₂	110	100	-10
Товар _{i}	120	130	+10
ИТОГО разница			+10
K_{Ci}			3,33

В случае если в потребительском сегменте выявлено несколько конкурентов, необходимо определить осреднение оценки

$$K_c = \frac{\sum_q K_{Ci}}{q}, \quad (8)$$

где q – количество конкурентов в потребительском сегменте, ед.

Проведем апробацию модели (8). Допустим, что по одному из конкурентов оценка конкурентоспособности ценностного предложения равняется 3,33, по второму конкуренту – -2,7, по третьему – 1,2 (табл. 3). Тогда

$$K_c = \frac{3,33 - 2,7 + 1,2}{3} = 0,61.$$

Следовательно, в соответствии с (5), оценка предложения по товарной группе составит: $N_i = 1 + 0,67 + 0,61 = 2,28$.

С учетом всех товарных групп, закрепленных за каналом сбыта, получаем

$$P_{KC} = \sum N_i, \quad (9)$$

где P_{KC} – суммарный канал сбыта товарных групп.

Таким образом, выражение (4) может быть записано как

$$A = \frac{EP_{KC}}{E + P_{KC}}, \quad (10)$$

Основываясь на полученных результатах, проведем расчет количества лояльных клиентов в потребительском сегменте

$$A = \frac{800 \cdot 2,28}{800 + 2,28} = 2,27 \text{ чел.}$$

Полученные данные адекватно характеризуют ситуацию. В том случае, если за каналом сбыта будет закреплено 3 товарных группы, две из которых будут конкурентоспособными по цене в сравнении с конкурентами, из 800 возможных клиентов покупку совершат 2 человека.

Исследуя зависимость (10), можно увидеть, что при увеличении значений оценки предложения (увеличение глубины и широты ассортимента, конкурентоспособность цены) количество лояльных клиентов тоже будет расти, что адекватно (рис. 2).

Однако следует заметить, что за одну покупку в среднем клиент может приобрести только одно ценностное предложение из товарной группы. Соответственно, формула (1) трансформируется и примет вид

$$D_{KC} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i H_i A_i}{n_N}, \quad (11)$$

где D_{KC} – потоки поступления доходов, руб.

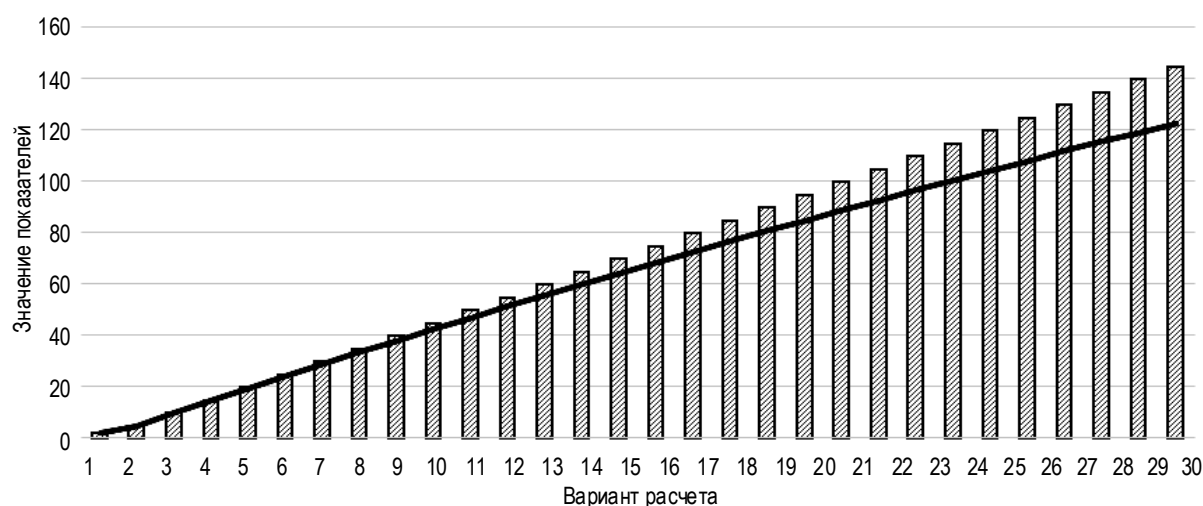


Рис. 2. Результаты исследования зависимости числа лояльных клиентов от предложения канала сбыта: ▨ – оценка предложения по каналу сбыта; — – количество человек из потребительского сегмента, которые совершают покупки

В таблице 4 приведена апробация модели (11), с помощью которой осуществляется расчет потоков поступления доходов. При этом существует возможность расчета доходов бизнес-модели за различные периоды, в зависимости от значения спроса.

Таблица 4. Расчет доходов (выручки) проектируемого канала сбыта

Наименование товара	Стоимость (цена) ценностного предложения, руб.	Спрос на ценностное предложение, ед./год	Количество лояльных клиентов в потребительском сегменте, чел.	Выручка, руб.
Товар ₁	110	336	2,27	27966,4
Товар ₂	110	48	2,27	3995,2
Товар _г	120	110,88	2,27	10067,9
ИТОГО				42029,5

На следующем этапе разработки бизнес-модели проводится определение структуры и расчет издержек. Структура издержек определяется постатейно в зависимости от требуемых ресурсов, реализуемых бизнес-процессов и установления партнерских отношений. Расчет затрат осуществляется с помощью общеизвестных методов [2, 12, 16, 17] в разрезе каждого канала сбыта бизнес-модели. В целом по бизнес-модели издержки определяются как совокупные затраты каждого канала сбыта.

На основании полученных данных (расчет потоков поступления доходов и расчет издержек) становится возможным определить эффективность бизнес-модели. В качестве основных показателей эффективности можно выделить объем прибыли и рентабельность.

Объем прибыли по бизнес-модели рассчитывается по формуле

$$П_{БМ} = \sum_{i=1}^r Д_{КС} - \sum_{i=1}^r З_{КС}, \quad (12)$$

где $П_{БМ}$ – объем прибыли по бизнес-модели, руб.;

$Д_{КС}$ – потоки поступления доходов, руб.;

$З_{КС}$ – издержки (затраты) по каналу сбыта, руб.;

r – количество каналов сбыта, ед.

Рентабельность бизнес-модели ($P_{БМ}$) рассчитывается в соответствии с (13)

$$P_{БМ} = \frac{П_{БМ}}{\sum_{i=1}^r З_{КС}} \cdot 100\% . \quad (13)$$

Выводы

Разработаны математические модели расчета доходов, расходов и показателей эффективности в процессе проектирования бизнес-модели с использованием подхода А. Остервальдера. Разработанные модели базируются на общеизвестных методах экономического анализа и отличаются их адаптацией для использования в процессе формирования бизнес-модели. Также отличительной особенностью моделей расчета доходной части бизнес-модели стало использование метода теории массового обслуживания при определении числа лояльных покупателей.

Исходные параметры функционирования общеизвестной модели эффективности системы массового обслуживания с отказами были адаптированы и предложено использовать в качестве интенсивности входящего потока заявок – количество клиентов в потребительском сегменте, а в качестве интенсивности потока обслуживания – интегральный показатель, характеризующий предложение канала сбыта и обобщающий ширину, глубину ассортимента, а также конкурентоспособность ценностного предложения.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-010-00817 А)

Библиографический список

1. Адизес И.К. Управление жизненным циклом корпораций / И.К. Адизес ; пер. с англ. В. Кузина. – Москва : Манн, Иванов и Фербер, 2014. – 512 с.
2. Баканов М.И. Теория экономического анализа : учебник / М.И. Баканов, А.Д. Шеремет. – 4-е изд., доп. и перераб. – Москва : Финансы и статистика, 2001. – 416 с.
3. Барановская Т.П. Оценка развития малого бизнеса Краснодарского края / Т.П. Барановская, А.Е. Вострокнутов // Экономико-правовые аспекты реализации стратегии модернизации России: поиск модели эффективного социоэкономического развития : сб. статей международной науч.-практ. конф., г. Сочи, 05–09 октября 2016 г. – Москва : АНО «Научно-исследовательский институт истории, экономики и права», 2016. – С. 10–16.
4. Барановская Т.П. Разработка функциональных требований к приложению для автоматизации процесса проектирования бизнес-модели организаций малого бизнеса / Т.П. Барановская, А.Е. Вострокнутов, Ю.О. Павловская // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). – 2017. – № 04 (128). – С. 1171–1186 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/04/pdf/81.pdf> (дата обращения: 12.06.2018).
5. Вострокнутов А.Е. Разработка новой концепции, нотации представления организационной структуры и моделей их оценки с использованием теории массового обслуживания / А.Е. Вострокнутов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). – 2017. – № 06 (130). – С. 1087–1121 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/06/pdf/81.pdf> (дата обращения: 10.06.2018).
6. Карташевский В.Г. Основы теории массового обслуживания : учебник для вузов / В.Г. Карташевский. – Москва : Горячая линия – Телеком, 2013. – 130 с.
7. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания ; пер. с англ. И.И. Грушко; ред. В.И. Нейман. – Москва : Машиностроение, 1979. – 432 с.
8. Коваленко Ю.Н. Стратегический анализ агропродовольственного комплекса Воронежской области / Ю.Н. Коваленко, А.В. Улезько // Бухучет в сельском хозяйстве. – 2018. – № 6. – С. 62–79.
9. Лойко В.И. Методологические аспекты разработки и комплексной оценки организационных структур системы управления корпоративными интегрированными структурами / В.И. Лойко, Т.П. Барановская, А.Е. Вострокнутов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – 2017. – № 08 (132). – С. 906–925. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/08/pdf/71.pdf> (дата обращения: 12.06.2018).
10. Льюис М. Новейшая новинка. История Кремниевой долины (The New New Thing : A Silicon Valley Story) / М. Льюис. – Москва : Олимп-Бизнес, 2004. – 384 с.
11. Кристенсен К.М. Дилемма инноватора. Как из-за новых технологий погибают сильные компании / К.М. Кристенсен; пер. с англ. Т. Овсенева. – Москва : Альпина Бизнес Букс, 2004. – 239 с.
12. Мильнер Б.З. Теория организации : учебник / Б.З. Мильнер. – 7-е изд., перераб. и доп. – Москва : ИНФРА-М, 2008. – 864 с.

13. Остервальдер А. Построение бизнес-моделей. Настольная книга стратега и новатора / А. Остервальдер, И. Пинье. – Москва : Альпина Паблишер, 2012. – 288 с.
14. Улезько А.В. Механизм реализации экономических интересов сельского населения / А.В. Улезько, И.М. Семенова. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2017. – 179 с.
15. Улезько А.В. Приоритетные направления повышения конкурентоспособности малых форм хозяйствования аграрной сферы / А.В. Улезько, Н.В. Алексеева // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). – 2015. – № 02 (106). – С. 867–882 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/02/pdf/55.pdf> (дата обращения: 12.06.2018).
16. Фатхутдинов Р.А. Стратегический менеджмент : учебник / Р.А. Фатхутдинов. – Москва : Дело, 2005. – 448 с.
17. Харламов В.И. Управление социально-экономической деятельностью и актуальные вопросы реинжиниринга региональной системы управления потребительской кооперацией Краснодарского края : монография / В.И. Харламов, А.Е. Вострокнутов, Н.Л. Христюк. – Москва : Изд-во Российского ун-та кооперации, 2007. – 220 с.
18. Boulton R. A Business Model for the New Economy / R. Boulton, B. Libert // *Journal of Business Strategy*. – 2000. – Vol. 21 (4). – Pp. 29–35.
19. Christensen C. The innovator's solution: Creating and sustaining successful growth / C. Christensen // *Research-Technology Management*. – 2003. – Vol. 46 (5). – Pp. 60–61.
20. Drucker P.F. The Theory of the Business / P.F. Drucker // *Harvard Business Review*. – 1994. – Vol. 8 (12). – Pp. 3–8.
21. Magretta J. Why business models matter / J. Magretta // *Harvard Business Review*. – 2002. – Vol. 80 (5). – Pp. 86–92.
22. Osterwalder A. Business model generation / A. Osterwalder, Y. Pigneur, T. Clark. – Hoboken, New Jersey : John Wiley & Sons, Inc., 2010. – 288 p.
23. Osterwalder A. Value proposition design: how to create products and services customers want / A. Osterwalder, Y. Pigneur, G. Bernarda, A. Smith. – Hoboken, New Jersey : John Wiley & Sons Inc., 2014. – 320 pp.
24. Timmers P. Business Models for Electronic Markets / P. Timmers // *Journal on Electronic Markets*. – 1998. – Vol. 8 (2). – Pp. 3–8.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Валерий Иванович Лойко – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой компьютерных технологий и систем ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Российская Федерация, г. Краснодар, тел. +7(861)221-58-58, e-mail: Loyko9@yandex.ru.

Татьяна Петровна Барановская – доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой системного анализа и обработки информации ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Российская Федерация, г. Краснодар, тел. +7(861)221-58-58, e-mail: bartp_2@mail.ru.

Александр Евгеньевич Вострокнутов – кандидат экономических наук, доцент кафедры системного анализа и обработки информации ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Российская Федерация, г. Краснодар, тел. +7(861)221-58-58, e-mail: f_dop@mail.ru.

Ирина Михайловна Яхонтова – кандидат экономических наук, доцент кафедры системного анализа и обработки информации ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Российская Федерация, г. Краснодар, тел. +7(861)221-58-58, e-mail: i.yahontova@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию 12.09.2018

Дата принятия к печати 22.09.2018

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Valery I. Loiko – Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Dept. of Computer Technologies and Systems, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Russian Federation, Krasnodar, tel. +7 (861)221-58-58, e-mail: Loyko9@yandex.ru

Tatyana P. Baranovskaya – Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of the Dept. of System Analysis and Information Processing, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Russian Federation, Krasnodar, tel. +7 (861)221-58-58, e-mail: bartp_2@mail.ru

Alexander E. Vostroknutov – Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of System Analysis and Information Processing, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Russian Federation, Krasnodar, tel. +7 (861)221-58-58, e-mail: f_dop@mail.ru

Irina M. Yakhontova – Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of System Analysis and Information Processing, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Russian Federation, Krasnodar, tel. +7 (861)221-58-58, E-mail: i.yahontova@yandex.ru

Received September 12, 2018

Accepted September 22, 2018

СРАВНЕНИЕ ИТЕРАЦИОННЫХ МЕТОДОВ В ЗАДАЧАХ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИКОЙ

**Александр Михайлович Слиденко
Елена Анатольевна Агапова**

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

В статье приводится анализ возможности рационального применения основных методов типа градиентного спуска при поиске решений задач оптимального управления экономическими системами с помощью одно-секторной или двухсекторной моделей экономики. В нелинейных задачах для поиска решения применяются численные методы, поэтому для поиска минимума целевой функции возможно применение только разностных градиентных методов. Эти методы адаптированы по отношению к применяемым численным методам решения систем дифференциальных уравнений. Численное решение системы уравнений представляется сеточной функцией, поэтому использование градиентных методов возможно только в разностной форме, то есть частные производные аппроксимируются разностными отношениями. Сравниваются алгоритмы простого разностного градиентного метода и метода типа скорейшего (ускоренного) спуска, которые реализованы в виде функциональных блоков в системе Mathcad. Для определения оптимального шага итерационного процесса проводится линеаризация зависимости численного решения K_N (основные фонды в конечный момент времени) от шага процесса h . Рассмотрены примеры задач оптимального управления для односекторной и двухсекторной моделей экономики с уравнениями типа Солоу и производственными функциями типа Кобба-Дугласа. Методы градиентного спуска реализованы для случая различных параметров управления: трудовых ресурсов и внешних инвестиций (вложений в основные фонды). Показано преимущество метода ускоренного спуска с адаптивным шагом итерационного процесса. Метод ускоренного спуска позволяет автоматически осуществить выбор шага итерационного процесса при изменении входных данных задачи, который обеспечивает устойчивость итерационного процесса. Показано существенное уменьшение числа итераций для метода ускоренного спуска по сравнению с обычным методом разностного градиентного спуска.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: модель экономики, производственные функции, оптимальное управление, метод градиентного спуска, разностный градиент, итерационный процесс.

COMPARISON OF ITERATIVE METHODS IN THE PROBLEMS OF SEARCH FOR OPTIMAL MANAGEMENT OF THE ECONOMY

**Alexander M. Slidenko
Elena A. Agapova**

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

The authors analyze the possibility of rational application of the main methods of gradient descent type in solving the problems of optimal management of economic systems by means of one- or two-sector models of economy. Nonlinear problems are solved using the numerical methods; therefore the minimum of objective function can be found using only the differential gradient methods. These methods are adapted in relation to the applied numerical methods of solving the systems of the differential equations. The numerical solution of the system of equations is represented by the grid function; therefore the gradient methods can be used only in the differential form, i.e. differential derivatives are approximated by difference relations. The authors compare the algorithms of simple differential gradient method and method of steepest descent that are realized in the form of function blocks in the Mathcad system. In order to determine the optimal step of iterative process the linearization of dependence of the numerical K_N solution (fixed assets at the final timepoint) from the process step of h is performed. The authors consider the examples of optimal management problems for one- and two-sector models of economy with Solow-type equations and Cobb-Douglas production functions. The methods of gradient descent are realized for the case of different parameters of management: e.g. labor resources and external investments (investments in fixed assets). The article shows the advantages of the steepest descent method with the adaptive step of iterative process. The method of steepest descent allows for an automatic choice of step of iterative process when changing the input data of the problem, which provides stability of the iterative process. A significant decrease in the

number of iterations is shown for the steepest descent method compared to the conventional method of differential gradient descent.

KEYWORDS: model of economy, production functions, optimal management, gradient descent method, differential gradient, iterative process.

Задачам оптимального управления экономической системой с помощью математических моделей посвящены работы ряда авторов [1, 3–5, 7–11], исследовавших численные методы с итерационными алгоритмами. В анализируемых литературных источниках представлены в основном прямые и обратные задачи оптимизации, использующие встроенные функции прикладных программ. Целью предложенной работы являются выбор для решения задач наиболее эффективного метода оптимизации (типа метода скорейшего спуска [2, 12]), разработка алгоритма, его реализация и проверка на примерах односекторной и двухсекторной моделей экономики.

Общая схема финансовых потоков для односекторной модели экономики и управляющие параметры представлены на рисунке 1.

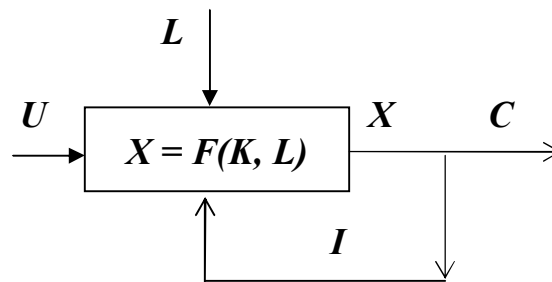


Рис. 1. Схема финансовых потоков и управляющие параметры (L и U)

Приняты следующие основные обозначения переменных:

t – время;

$K(t)$ – объем основных фондов сектора;

$L(t)$ – трудовые ресурсы;

$U(t)$ – внешние инвестиции на развитие основных фондов;

$I(t)$ – внутренние инвестиции;

$C(t)$ – продукция потребления;

$F(K, L) = AK^\alpha L^\beta$ – производственная функция, принимаемая в форме степенной функции (функции типа Кобба-Дугласа).

Рассмотрим систему уравнений и краевых условий, которые составляют задачу оптимального управления:

$$\frac{d}{dt} K(t) = \sigma AK(t)^\alpha \cdot L(t)^\beta + \gamma U(t) - \mu K(t), \quad t \in [0, T]; \quad (1)$$

$$X = I + C; \quad I = \sigma X; \quad C = (1 - \sigma)X; \quad (2)$$

$$K(0) = \bar{K}_0; \quad K(T) = \bar{K}_1, \quad (3)$$

где $A, \alpha, \beta, \gamma, \sigma, \mu$ – положительные постоянные.

Дифференциальное уравнение (1) относительно основных фондов содержит дополнительную управляющую переменную $U(t)$, которая учитывает поступление инвестиций на обновление и развитие основных фондов.

Необходимо найти такое управление $\{L(t), U(t)\}$, при котором справедливы условия (1) – (3), и интегральный функционал

$$V(L) = \int_0^T (L(t)^2 + U(t)^2) dt \quad (4)$$

принимает минимальное значение.

Интеграл в формуле (4) выражает суммарные затраты на трудовые ресурсы и внедрение внешних инвестиций. Задача (1) – (4) на условный экстремум функционала приводится к задаче на экстремум расширенного функционала методом множителей Лагранжа [9, 13]. Вводится расширенный функционал, который содержит функцию Лагранжа и учитывает уравнение связи (1)

$$V^*\left(L, U, K, \frac{dK}{dt}, \lambda\right) = \int_0^T \left\{ L^2 + U^2 + \lambda \left[\frac{dK}{dt} - \sigma AK^\alpha L^\beta - \gamma U + \mu K \right] \right\} dt.$$

Подынтегральная функция имеет вид

$$F^*\left(L, U, K, \frac{dK}{dt}, \lambda\right) = L^2 + U^2 + \lambda \left[\frac{dK}{dt} - \sigma AK^\alpha L^\beta - \gamma U + \mu K \right]. \quad (5)$$

Здесь $\lambda(t)$ – функция Лагранжа.

Составляется система уравнений Эйлера вида

$$\frac{\partial F^*}{\partial L} - \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial F^*}{\partial \dot{L}} \right) = 0; \quad \frac{\partial F^*}{\partial U} - \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial F^*}{\partial \dot{U}} \right) = 0; \quad \frac{\partial F^*}{\partial \lambda} - \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial F^*}{\partial \dot{\lambda}} \right) = 0; \quad \frac{\partial F^*}{\partial K} - \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial F^*}{\partial \dot{K}} \right) = 0.$$

Находим частные производные и составляем уравнения Эйлера:

$$2L(t) - \lambda(t) \sigma AK(t)^\alpha \beta L(t)^{\beta-1} = 0; \quad (6)$$

$$2U(t) - \gamma \lambda(t) = 0; \quad (7)$$

$$\frac{d}{dt} K(t) = \sigma AK(t)^\alpha \cdot L(t)^\beta + \gamma U(t) - \mu K(t); \quad (8)$$

$$\frac{d}{dt} \lambda(t) = -\lambda(t) \left(\sigma A \alpha K(t)^{\alpha-1} \cdot L(t)^\beta - \mu \right). \quad (9)$$

Запишем начально-краевую задачу

$$L = \left(0,5 \lambda \sigma A K^\alpha \beta \right)^{\frac{1}{2-\beta}}; \quad (10)$$

$$U = 0,5 \gamma \lambda; \quad (11)$$

$$\frac{d}{dt} \lambda(t) = -\lambda(t) \left(\sigma A \alpha K(t)^{\alpha-1} \cdot L(t)^\beta - \mu \right); \quad (12)$$

$$\frac{d}{dt} K(t) = \sigma AK(t)^\alpha \cdot L(t)^\beta + \gamma U(t) - \mu K(t); \quad (13)$$

$$K(0) = \bar{K}_0; \quad K(T) = \bar{K}_1; \quad \lambda(0) = \lambda_0. \quad (14)$$

Решение системы уравнений (10) – (14) при заданном λ_0 (начальном значении функции Лагранжа) находится одним из численных методов [2, 9].

Задача решается на дискретном множестве $[0, T]_\tau = \{t_0, t_1, \dots, t_N\}$, $\tau = \frac{T}{N}$,

$t_i = t_{i-1} + \tau$. В результате получены значения сеточных функций, то есть основные фонды имеют вид вектора $K = \{K_1, K_2, \dots, K_N\}$.

Для выбора оптимального значения λ_0 вводится целевая функция

$$S(\lambda_0, K_N, \bar{K}_1) = \omega (K_N - \bar{K}_1)^2, \quad (15)$$

где ω – весовой коэффициент.

Величина λ_0 обеспечивает минимум функции (15). Для поиска оптимального значения λ_0 применяется разностный аналог метода градиентного спуска.

Рассмотрим основные формулы.

Итерационный процесс *простого разностного градиентного метода* имеет вид

$$\lambda_0^i = \lambda_0^{i-1} - h \frac{\Delta S(\lambda_0^{i-1}, K_N, \bar{K}_1)}{\Delta \lambda_0}, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad (16)$$

где $\Delta \lambda_0$ – приращение переменной λ_0 ;

$\Delta S(\lambda_0^{i-1}, K_N, \bar{K}_1) = \Delta S(\lambda_0^{i-1})$ – приращение целевой функции;

m – количество итераций до выполнения некоторого условия, например, $|K_N - \bar{K}_1| < \xi$, где ξ – заданная точность.

В *методе ускоренного спуска* величина h , определяющая шаг итерационного процесса, выбирается из некоторого условия оптимальности. Рассмотрим выбор h подробно.

Величина K_N определена численным методом и не выражается в виде аналитической зависимости от начального значения λ_0 . Поэтому дальнейшие преобразования проводятся на дискретном множестве с дискретными функциями.

Пусть $\lambda_0^i = \lambda_0^{i-1} - h \frac{\Delta S(\lambda_0^{i-1}, K_N, \bar{K}_1)}{\Delta \lambda_0}$, тогда

$$S(\lambda_0^i, K_N, \bar{K}_1) = S\left(\lambda_0^{i-1} - h \frac{\Delta S(\lambda_0^{i-1})}{\Delta \lambda_0}, K_N, \bar{K}_1\right) = \omega\left(K_N\left(\lambda_0^{i-1} - h \frac{\Delta S(\lambda_0^{i-1})}{\Delta \lambda_0}\right) - \bar{K}_1\right)^2. \quad (17)$$

Проведем линеаризацию дискретной функции $K_N\left(\lambda_0^{i-1} - h \frac{\Delta S(\lambda_0^{i-1})}{\Delta \lambda_0}\right)$ в точке λ_0^i .

Приведенные функции являются дискретными и определяются компьютерной программой на дискретном множестве точек. Выделим линейную часть функции K_N :

$$K_N\left(\lambda_0^{i-1} - h \frac{\Delta S(\lambda_0^{i-1})}{\Delta \lambda_0}\right) \approx K_N(\lambda_0^{i-1}) - h \frac{\Delta K_N(\lambda_0^{i-1})}{\Delta \lambda_0} \cdot \frac{\Delta S(\lambda_0^{i-1})}{\Delta \lambda_0}.$$

Здесь в формуле для приращения функции производные заменены разностными отношениями. Полученное выражение подставляем в формулу (17), тогда получаем функцию одной переменной h

$$S(\lambda_0^i, K_N, \bar{K}_1) = \omega\left(K_N(\lambda_0^{i-1}) - \bar{K}_1 - h \frac{\Delta K_N(\lambda_0^{i-1})}{\Delta \lambda_0} \cdot \frac{\Delta S(\lambda_0^{i-1})}{\Delta \lambda_0}\right)^2 = \varphi(h).$$

Величину h определяем из необходимого условия экстремума (минимума) функции одной переменной: $\varphi'(h) = \frac{d\varphi}{dh} = 0$. В результате получаем формулу для вычисления h на каждом итерационном шаге

$$h = \frac{K_N(\lambda_0^{i-1}) - \bar{K}_1}{\frac{\Delta K_N(\lambda_0^{i-1})}{\Delta \lambda_0} \cdot \frac{\Delta S(\lambda_0^{i-1})}{\Delta \lambda_0}}. \quad (18)$$

Функциональная схема программы в системе Mathcad представлена на рисунке 2.

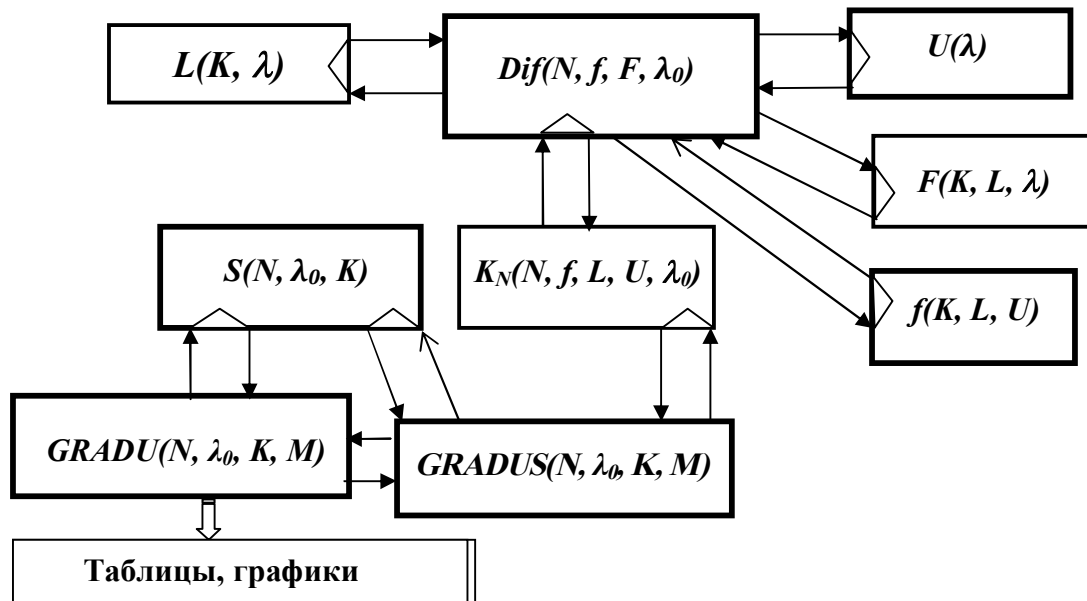


Рис. 2. Функциональная схема программы (направление потоков числовых данных):
 $L(K, \lambda)$, $U(\lambda)$ – управление; $Dif(N, f, F, \lambda_0)$ – решение начальной задачи;
 $F(K, L, \lambda)$, $f(K, L, U)$ – правые части дифференциальных уравнений;
 $K_N(N, f, L, U, \lambda_0)$ – дискретная зависимость K_N от начальных данных;
 $S(N, \lambda_0, K_N)$ – целевая функция; $GRADUS(N, \lambda_0, K, M)$ – разностный градиент;
 $GRADU(N, \lambda_0, K, M)$ – управляющая функция

Результаты и их анализ

Результаты итерационного процесса представлены на рисунке 3. Основные исходные данные (в условных единицах): $K_1 = 4$; $T = 2$; $A = 0,9$; $\alpha = \beta = 0,5$.

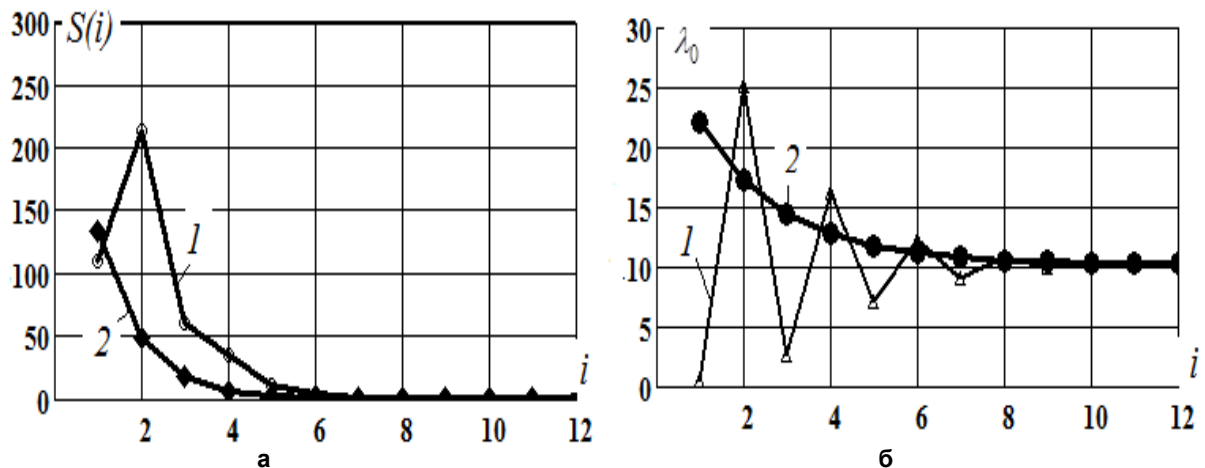


Рис. 3. Целевая функция (а) и начальное значение λ_0 (б) в итерационном процессе:
 1) обычный метод градиентного спуска; 2) ускоренный метод градиентного спуска

Для обычного метода градиентного спуска приходится находить величину h по результатам анализа расчетов, многократно повторяя вычисления. При этом легко попасть в зону неустойчивости итерационного процесса (рис. 3, б). Метод ускоренного спуска позволяет определять оптимальное значение h в автоматическом режиме на каждом шаге итерационного процесса.

На рисунке 4 приводятся изменения управляющих параметров (U, L) и результат оптимального управления (K) по времени.

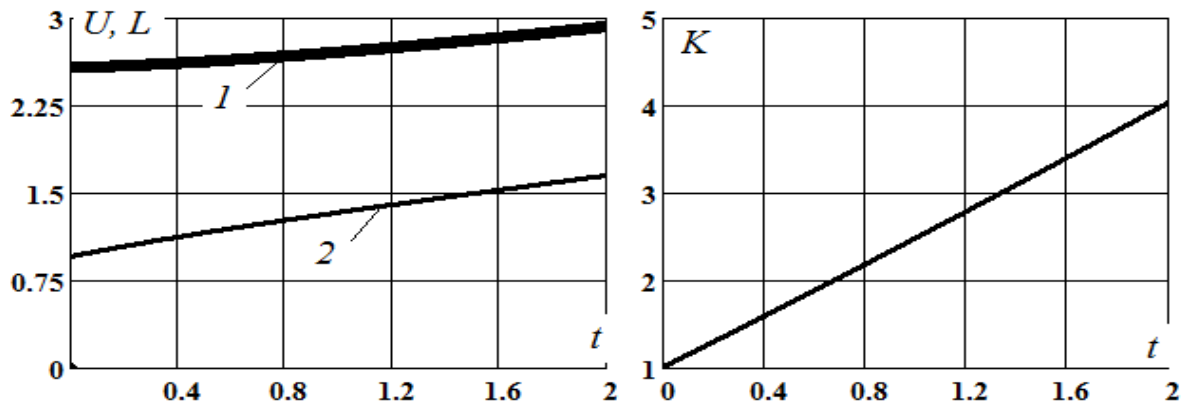


Рис. 4. Управляющие параметры (1 – U , 2 – L) и результат управления (K)

Таким образом, применение метода ускоренного градиентного спуска привело к ускоренной сходимости. Необходимо отметить эффективность автоматического выбора параметра h на каждом шаге итераций для уменьшения объема вычислений.

Двухсекторная модель экономики

Общая схема финансовых потоков и управляющие параметры U, L представлены на рисунке 5.

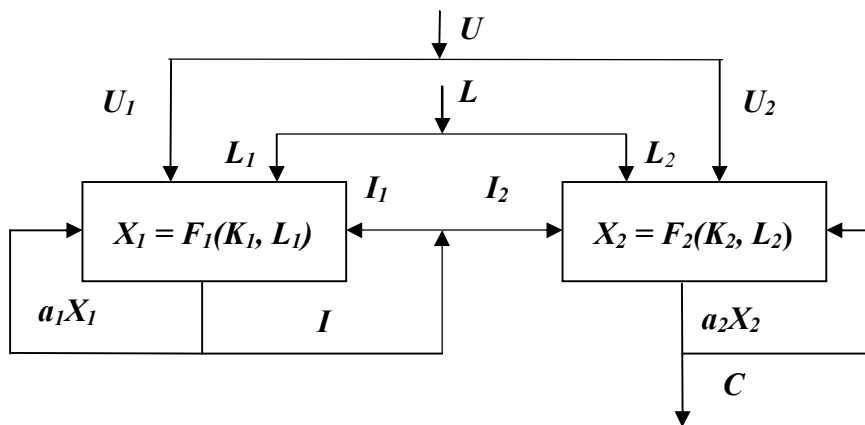


Рис. 5. Двухсекторная модель экономики

Приняты следующие обозначения переменных:

$K_i(t)$ – объемы основных фондов секторов;

$L_i(t)$ – трудовые ресурсы;

$U_i(t)$ – внешние инвестиции на обновление основных фондов ($i = 1, 2$).

Производственные функции принимаются в форме функций Кобба-Дугласа:

$$F_i(K_i, L_i) = A_i K_i^{\alpha_i} L_i^{\beta_i}.$$

Приведем основные соотношения между управляющими переменными для каждого сектора [5, 10].

Инвестиции и трудовые ресурсы распределены по секторам выбором параметров ε и δ :

$$L = L_1 + L_2; \quad I = I_1 + I_2; \quad \varepsilon = \frac{L_1}{L_2}; \quad L_2 = \frac{L}{1 + \varepsilon}; \quad L_1 = \frac{L\varepsilon}{1 + \varepsilon}; \quad \delta = \frac{I_1}{I_2}; \quad I_2 = \frac{I}{1 + \delta}; \quad I_1 = \frac{I\delta}{1 + \delta};$$

$$X_1 = a_1 X_1 + I_1 + I_2; \quad I = (1 - a_1) X_1 = \sigma X_1; \quad U = U_1 + U_2.$$

Здесь a_i – коэффициенты прямых затрат;

$$\sigma = 1 - a_i;$$

$$\delta > 0;$$

$$\varepsilon > 0.$$

Уравнения типа уравнений Солоу относительно основных фондов секторов, которые содержат управляющие переменные $U(t)$ и $L(t)$, с учетом заданного распределения трудовых ресурсов и внутренних инвестиций по секторам, предполагаются в виде:

$$\frac{d}{dt} K_1(t) = \sigma A_1 \left(\frac{\delta}{1+\delta} \right) K_1(t)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{\varepsilon}{1+\varepsilon} \right)^{\beta_1} L(t)^{\beta_1} + \gamma_1 U(t) - \mu_1 K_1(t), \quad (19)$$

$$\frac{d}{dt} K_2(t) = \sigma A_1 \left(\frac{1}{1+\delta} \right) K_1(t)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{\varepsilon}{1+\varepsilon} \right)^{\beta_1} L(t)^{\beta_1} + \gamma_2 U(t) - \mu_2 K_2(t). \quad (20)$$

Здесь $\gamma_1 > 0$, $\gamma_2 > 0$ – постоянные.

Рассмотрим задачу поиска: найти такое управление $\{L = L(t), U = U(t)\}$, при котором за период времени $[0; T]$ основные фонды секторов $K_1 = K_1(t)$ и $K_2 = K_2(t)$ вырастут от значений $K_1(0) = K_{10}$, $K_2(0) = K_{20}$, соответственно до заданных значений $K_1(T) = K_{1T}$ и $K_2(T) = K_{2T}$. При этом затраты на трудовые ресурсы и внедрение внешних инвестиций будут минимальными. Это означает, что интегральный функционал

$$V(L) = \int_0^T \{L(t)^2 + U(t)^2\} dt \quad (21)$$

примет наименьшее значение.

Главным отличием от задачи, рассмотренной в работе [10], является совместное и раздельное управление по двум параметрам: трудовые ресурсы и внешние инвестиции.

Сформулированная задача – это задача вариационного исчисления на условный экстремум интегрального функционала. Для поиска решения задачи используются стандартные уравнения Эйлера [10, 13]. Расширенный функционал имеет вид

$$V^* \left(L, U, K_1, K_2, \lambda_1, \lambda_2, \frac{dK_1}{dt}, \frac{dK_2}{dt} \right) = \int_0^T \left(L^2 + U^2 + \lambda_1 \left[\frac{dK_1}{dt} - \frac{\sigma A_1 \delta}{1+\delta} K_1^{\alpha_1} L^{\beta_1} - \gamma_1 U + \mu_1 K_1 \right] \right) dt + \\ + \int_0^T \lambda_2 \left[\frac{dK_2}{dt} - \frac{\sigma A_1}{1+\delta} K_1^{\alpha_1} L^{\beta_1} - \gamma_2 U + \mu_2 K_2 \right] dt. \quad (22)$$

Здесь $\lambda_1(t)$, $\lambda_2(t)$ – функции Лагранжа.

Запишем подробно подынтегральную функцию:

$$F^* \left(L(t), U(t), K_1(t), K_2(t), \lambda_1(t), \lambda_2(t), \frac{dK_1}{dt}, \frac{dK_2}{dt} \right) = L(t)^2 + U(t)^2 + \\ + \lambda_1(t) \left[\frac{dK_1(t)}{dt} - \sigma A_1 \frac{\delta}{1+\delta} K_1(t)^{\alpha_1} \left(\frac{\varepsilon}{1+\varepsilon} \right)^{\beta_1} L(t)^{\beta_1} - \gamma_1 U(t) + \mu_1 K_1(t) \right] + \\ + \lambda_2(t) \left[\frac{dK_2(t)}{dt} - \sigma A_1 \frac{1}{1+\delta} K_1(t)^{\alpha_1} \left(\frac{\varepsilon}{1+\varepsilon} \right)^{\beta_1} L(t)^{\beta_1} - \gamma_2 U(t) + \mu_2 K_2(t) \right]. \quad (23)$$

Необходимые условия экстремума интегрального функционала (уравнения Эйлера) записываются в виде:

$$\frac{\partial F^*}{\partial L} - \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial F^*}{\partial \dot{L}} \right) = 0; \quad \frac{\partial F^*}{\partial U} - \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial F^*}{\partial \dot{U}} \right) = 0; \quad \frac{\partial F^*}{\partial \lambda_1} - \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial F^*}{\partial \dot{\lambda}_1} \right) = 0; \\ \frac{\partial F^*}{\partial \lambda_2} - \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial F^*}{\partial \dot{\lambda}_2} \right) = 0; \quad \frac{\partial F^*}{\partial K_1} - \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial F^*}{\partial \dot{K}_1} \right) = 0; \quad \frac{\partial F^*}{\partial K_2} - \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial F^*}{\partial \dot{K}_2} \right) = 0.$$

Результатом частного дифференцирования функции (23) являются система обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка (26) – (29) и функциональные уравнения (24), (25):

$$2L - \lambda_1 \left(\frac{\delta}{1+\delta} \right) \sigma A_1 K_1^{\alpha_1} \left(\frac{\varepsilon}{1+\varepsilon} \right)^{\beta_1} \beta_1 L^{\beta_1-1} - \lambda_2 \left(\frac{1}{1+\delta} \right) \sigma A_1 K_1^{\alpha_1} \left(\frac{\varepsilon}{1+\varepsilon} \right)^{\beta_1} \beta_1 L^{\beta_1-1} = 0; \quad (24)$$

$$2U - \gamma_1 \lambda_1 - \gamma_2 \lambda_2 = 0; \quad (25)$$

$$\frac{dK_1}{dt} = \sigma A_1 \left(\frac{\delta}{1+\delta} \right) K_1^{\alpha_1} \left(\frac{\varepsilon}{1+\varepsilon} \right)^{\beta_1} L^{\beta_1} + \gamma_1 U - \mu_1 K_1; \quad (26)$$

$$\frac{dK_2}{dt} = \sigma A_1 \left(\frac{1}{1+\delta} \right) K_1^{\alpha_1} \left(\frac{\varepsilon}{1+\varepsilon} \right)^{\beta_1} L^{\beta_1} + \gamma_2 U - \mu_2 K_2; \quad (27)$$

$$\frac{d}{dt} \lambda_1(t) = \lambda_1 \left(- \left(\frac{\sigma A_1 \delta}{1+\delta} \right) \alpha_1 K_1^{\alpha_1-1} \left(\frac{\varepsilon}{1+\varepsilon} \right) L^{\beta_1} + \mu_1 \right) - \lambda_2 \left(\frac{\sigma A_1}{1+\delta} \right) \alpha_1 K_1^{\alpha_1-1} \left(\frac{\varepsilon}{1+\varepsilon} \right) L^{\beta_1}; \quad (28)$$

$$\frac{d}{dt} \lambda_2(t) = \lambda_2(t) \mu_2. \quad (29)$$

Из уравнений (24) и (25) найдем оптимальные зависимости управляющих функций $L(t)$ и $U(t)$ от остальных неизвестных функций:

$$L(t) = \left[\frac{1}{2(1+\delta)} \left(\frac{\varepsilon}{1+\varepsilon} \right)^{\beta_1} \sigma A_1 K_1^{\alpha_1} \beta_1 (\delta \lambda_1(t) + \lambda_2(t)) \right]^{\frac{1}{2-\beta_1}}; \quad (30)$$

$$U(t) = 0,5(\gamma_1 \lambda_1(t) - \gamma_2 \lambda_2(t)). \quad (31)$$

Для поиска оптимального решения введем функционал

$$U(\lambda_1(0), \lambda_2(0), K_1(t), K_2(t)) = \omega_1 (K_1(T) - K_{11})^2 + \omega_2 (K_2(T) - K_{21})^2. \quad (32)$$

Здесь ω_1 и ω_2 – весовые коэффициенты, устанавливающие приоритет параметров оптимизации. Функционал (32) характеризует отклонение расчетных значений основных фондов секторов в конечный момент времени от планируемых значений и определяется начальными значениями $\lambda_1(0)$ и $\lambda_2(0)$.

Теперь задача формулируется следующим образом. Начальные значения $\lambda_1(0)$ и $\lambda_2(0)$ необходимо выбрать так, чтобы функционал (32) принимал наименьшее значение. Аналогичная задача с управлением только по трудовым ресурсам рассматривалась в работе [10].

Решение системы (24) – (29) при заданных начальных условиях находится одним из численных методов, например, методом Эйлера. Минимум функционала (32) необходимо находить методом разностного градиентного спуска на дискретном множестве функций, полученных численным методом. Для сравнения вычисления проводятся методом простого и ускоренного разностного градиентного спуска.

Рассмотрим подробно *метод ускоренного градиентного спуска*. Численным методом получены сеточные функции $K_1 = \{K_{10}, K_{11}, \dots, K_{1N}\}$ и $K_2 = \{K_{20}, K_{21}, \dots, K_{2N}\}$, конечные значения которых заданы ($K_{1N} = K_{11}$, $K_{2N} = K_{21}$). Составляющие этих дискретных функций зависят от начальных значений функций Лагранжа. Проведем линеаризацию функций $K_{1N}(\lambda_{10}^i, \lambda_{20}^i)$ и $K_{2N}(\lambda_{10}^i, \lambda_{20}^i)$ на текущем итерационном шаге:

$$K_{1N}(\lambda_{10}^i, \lambda_{20}^i) = K_{1N}(\lambda_{10}^{i-1}, \lambda_{20}^{i-1}) - h \left(\frac{\Delta K_{1N}}{\Delta \lambda_{10}} \cdot \frac{\Delta S}{\Delta \lambda_{10}} + \frac{\Delta K_{1N}}{\Delta \lambda_{20}} \cdot \frac{\Delta S}{\Delta \lambda_{20}} \right);$$

$$K_{2N}(\lambda_{10}^i, \lambda_{20}^i) = K_{2N}(\lambda_{10}^{i-1}, \lambda_{20}^{i-1}) - h \left(\frac{\Delta K_{2N}}{\Delta \lambda_{10}} \cdot \frac{\Delta S}{\Delta \lambda_{10}} + \frac{\Delta K_{2N}}{\Delta \lambda_{20}} \cdot \frac{\Delta S}{\Delta \lambda_{20}} \right).$$

После подстановки полученных выражений в целевой функционал (32), который аппроксимирован на дискретном множестве, приходим к функции одной переменной – параметра h , определяющего шаг итерационного процесса

$$\begin{aligned} \varphi(h) = S(\lambda_{10}^i, \lambda_{20}^i) = & \omega_1 \left[K_{1N}(\lambda_{10}^{i-1}, \lambda_{20}^{i-1}) - \bar{K}_{11} - h \left(\frac{\Delta K_{1N}}{\Delta \lambda_{10}} \cdot \frac{\Delta S}{\Delta \lambda_{10}} + \frac{\Delta K_{1N}}{\Delta \lambda_{20}} \cdot \frac{\Delta S}{\Delta \lambda_{20}} \right) \right]^2 + \\ & + \omega_2 \left[K_{2N}(\lambda_{10}^{i-1}, \lambda_{20}^{i-1}) - \bar{K}_{21} - h \left(\frac{\Delta K_{2N}}{\Delta \lambda_{10}} \cdot \frac{\Delta S}{\Delta \lambda_{10}} + \frac{\Delta K_{2N}}{\Delta \lambda_{20}} \cdot \frac{\Delta S}{\Delta \lambda_{20}} \right) \right]^2. \end{aligned}$$

Из условия $\varphi'(h) = \frac{d\varphi}{dh} = 0$ получаем значение h

$$h = \frac{\omega_1 (K_{1N} - \bar{K}_{11}) \sum_{i=1}^2 \frac{\Delta K_{1N}}{\Delta \lambda_{i0}} \cdot \frac{\Delta S}{\Delta \lambda_{i0}} + \omega_2 (K_{2N} - \bar{K}_{21}) \sum_{i=1}^2 \frac{\Delta K_{2N}}{\Delta \lambda_{i0}} \cdot \frac{\Delta S}{\Delta \lambda_{i0}}}{\omega_1 \left(\sum_{i=1}^2 \frac{\Delta K_{1N}}{\Delta \lambda_{i0}} \cdot \frac{\Delta S}{\Delta \lambda_{i0}} \right)^2 + \omega_2 \left(\sum_{i=1}^2 \frac{\Delta K_{2N}}{\Delta \lambda_{i0}} \cdot \frac{\Delta S}{\Delta \lambda_{i0}} \right)^2}. \quad (33)$$

В приведенных формулах и окончательной формуле (33) частные производные заменены разностными отношениями. Функциональная схема компьютерной программы приведена на рисунке 6.

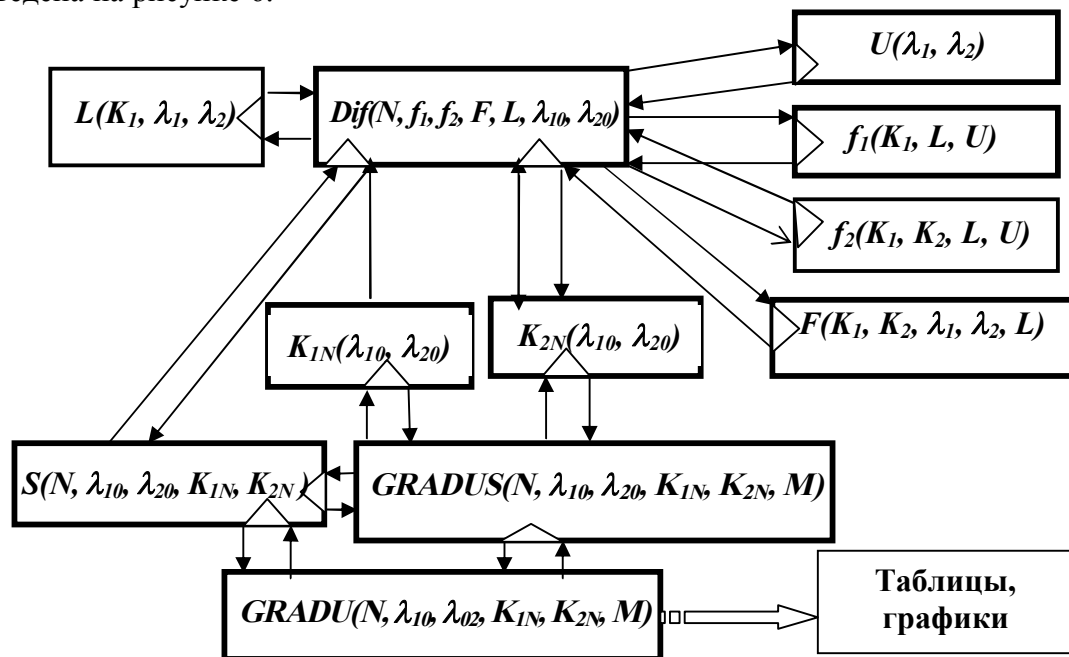


Рис. 6. Функциональная схема программы

Приведем основные функциональные блоки программы в системе Mathcad и их назначение:

- $L(K_1, \lambda_1, \lambda_2)$ – оптимальная зависимость трудовых ресурсов;
- $U(\lambda_1, \lambda_2)$ – оптимальное значение внешних инвестиций;
- $Dif(N, f_1, f_2, F, \lambda_{10}, \lambda_{20})$ – численное решение начальной задачи;
- $f_1(K_1, L, U)$ – правая часть уравнения (26);
- $f_2(K_1, K_2, L, U)$ – правая часть уравнения (27);

$F(K_1, K_2, \lambda_1, \lambda_2, L)$ – правая часть уравнения (28);

$S(N, \lambda_{10}, \lambda_{20}, K_{1N}, K_{2N})$ – целевая функция;

$K_{1N}(\lambda_{10}, \lambda_{20})$, $K_{2N}(\lambda_{10}, \lambda_{20})$ – зависимости основных фондов от начальных значений функций Лагранжа;

$GRADUS(N, \lambda_{10}, \lambda_{20}, K_{1N}, K_{2N}, M)$ – вычисление координат разностного градиента в текущей точке, оптимального значения параметра h и координат новой точки;

$GRADU(N, \lambda_{10}, \lambda_{20}, K_{1N}, K_{2N}, M)$ – управление вычислениями.

При тестировании приведенного алгоритма использовался широкий диапазон значений параметров производственных функций в условиях фиксированного распределения трудовых ресурсов и внешних инвестиций.

В качестве исходных данных использовались значения параметров (в условных единицах): $\alpha_1 = 0,1$; $\alpha_2 = 0,9$; $\beta_1 = 0,9$; $\beta_2 = 0,1$; $K_{11} = 12$; $K_{21} = 5$.

На рисунке 7 представлен график изменения основных фондов секторов и управления в течение заданного промежутка времени. Управление осуществлялось только с помощью внешних инвестиций. Отметим, что цель управления достигается с некоторой допустимой погрешностью.

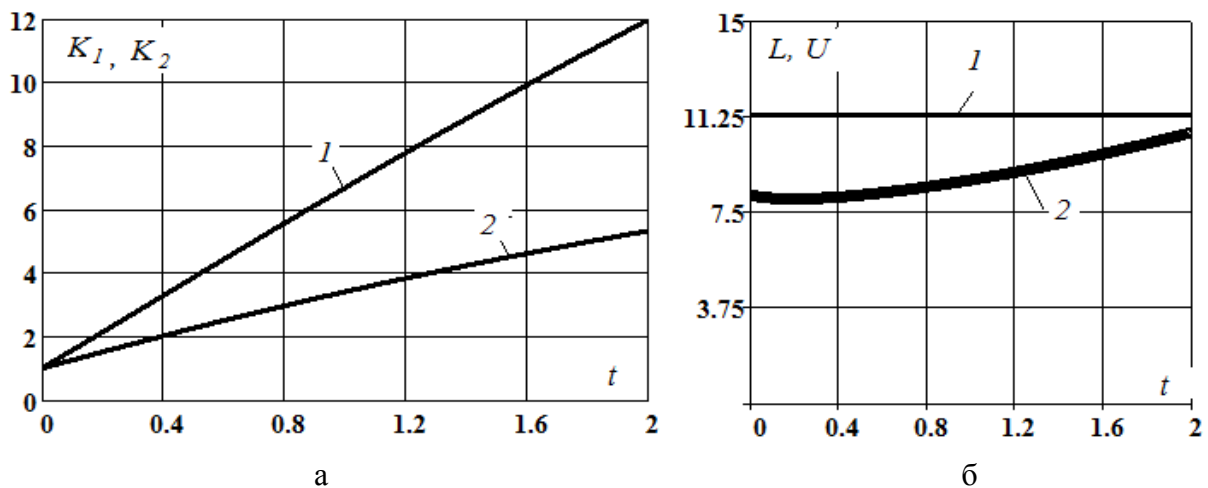


Рис. 7. Конечный результат и управление только по U : а) 1 – K_1 ; 2 – K_2 ; б) 1 – L ; 2 – U

На рисунке 8 представлена целевая функция в итерационном процессе при ускоренном и простом методах градиентного спуска.

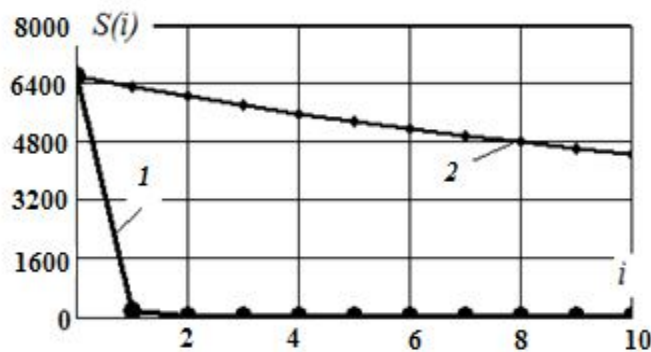


Рис. 8. Целевые функции в итерационном процессе:
1 – метод ускоренного спуска; 2 – простой градиентный метод

Целевые функции, представленные на рисунке 8, демонстрируют основное преимущество метода ускоренного градиентного спуска – уменьшение числа итераций, то есть повышение экономичности вычислительного алгоритма.

Следует отметить, что достижение высокой точности ($K_{2N} = K_2(2) \neq K_{21}$) не всегда представляется возможным (рис. 7, а). Высокая точность обеспечивается, если целью является достижение заданного конечного значения объемов основных фондов только одного сектора. Одновременная оптимизация по двум критериям приводит к снижению точности.

При решении задач итерационными методами одним из решающих факторов можно считать стабильность результатов. Это означает, что небольшие отклонения от начальных значений искомых функций не должны приводить к существенному изменению конечного результата. Применение метода градиентного ускоренного спуска повышает стабильность полученных результатов.

Задачи оптимального управления необходимо рассматривать с учетом ограниченности трудовых ресурсов и внешних инвестиций. Эффективность ресурсов определяется предварительными расчетами при наличии оценок основных параметров производственных функций. В представленных задачах явно не записаны ограничения на искомые функции. Эти ограничения проверяются по результатам расчетов.

Выводы

1. Сформулированы задачи оптимального управления по двум переменным для односекторной и двухсекторной моделей экономики при заданных начальных и конечных значениях основных фондов. Предложены методы приближенного решения задач такого типа.

2. Проведено сравнение методов разностного градиентного спуска на примерах задач оптимального управления односекторной и двухсекторной экономикой. В качестве управляющих переменных рассматривались трудовые ресурсы и внешние инвестиции на обновление основных фондов секторов.

3. Для поиска минимума целевой функции реализован метод ускоренного градиентного спуска, в котором при каждой итерации шаг процесса согласуется с результатом решения системы дифференциальных уравнений численным методом. Метод проверен на конкретных задачах и показано его преимущество относительно вычислительной экономичности и скорости сходимости по сравнению с обычным методом.

4. Разработана компьютерная программа в системе Mathcad, в которой реализован алгоритм ускоренного разностного градиентного спуска для поиска минимума целевого функционала. Программа адаптирована к задачам односекторной и двухсекторной экономики. Тестирование программы проведено в широком диапазоне основных параметров производственных функций.

Библиографический список

1. Данилов Н.Н. Курс математической экономики : учеб. пособие / Н.Н. Данилов. – Москва : Высшая школа, 2006. – 407 с.
2. Демидович Б.П. Основы вычислительной математики : учебник для вузов / Б.П. Демидович, И.А. Марон. – Москва : Наука, 1970. – 664 с.
3. Замков О.О. Математические методы в экономике : учебник / О.О. Замков, А.В. Толстомятенко, Ю.Н. Черемных ; под общ. ред. д-ра экон. наук, проф. А.В. Сидоровича. – 4-е изд., стереотип. – Москва : Изд-во «Дело и Сервис», 2004. – 384 с.
4. Клейнер Г.Б. Производственные функции: теория, методы, применение / Г.Б. Клейнер. – Москва : Финансы и статистика, 1986. – 240 с.
5. Колемаев В.А. Математическая экономика : учебник для вузов / В.А. Колемаев. – Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 2002. – 399 с.
6. Кремер Н.Ш. Высшая математика для экономистов : учебник для вузов / Н.Ш. Кремер. – Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 2010. – 479 с.
7. Мажукин В.И. Математическое моделирование в экономике : учеб. пособие : в 3-х ч. Ч. 3. Экономические приложения / В.И. Мажукин, О.Н. Королева. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Флинта : Моск. психол.-социол. ин-т, 2005. – 174 с.
8. Математическая экономика на персональном компьютере ; под ред. М. Кубонива. – Москва : ФиС, 1991. – 304 с.
9. Охорзин В.А. Прикладная математика в системе Mathcad : учеб. пособие / В.А. Охорзин. – 2-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург : Лань, 2008. – 352 с.
10. Слиденко А.М. Численно-функциональный метод поиска оптимального управления двухсекторной экономикой / А.М. Слиденко // Современные тенденции развития науки и технологий : периодический научный сборник по материалам Международной науч.-практ. конф., г. Белгород, 30 сентября 2016 г. – 2016. – № 9–4. – С. 107–112.
11. Терновых К.С. Сравнительный анализ показателей эффективности деятельности сельскохозяйственных предприятий на основе модели двухсекторной экономики / К.С. Терновых, А.М. Слиденко, Д.В. Чернов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2010. – № 3 (26). – С. 79–84.
12. Токарев В.В. Методы оптимальных решений : учеб. пособие / В.В. Токарев. – 2-е изд., испр. – Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2011. – 420 с.
13. Эльсгольц Л.Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление / Л.Э. Эльсгольц. – Москва : Наука, 1969. – 424 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ
Принадлежность к организации

Александр Михайлович Слиденко – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры экономического анализа, статистики и прикладной математики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», г. Воронеж, Российская Федерация, e-mail: alexandr.slidenko@yandex.ru.

Елена Анатольевна Агапова – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономического анализа, статистики и прикладной математики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», г. Воронеж, Российская Федерация, e-mail: elenagapova603@mail.ru.

Дата поступления в редакцию 06.08.2018

Дата принятия к печати 03.09.2018

AUTHOR CREDENTIALS
Affiliations

Alexandr M. Slidenko – Candidate of Physics-math. Sciences, Docent, the Dept. of Economic Analysis, Statistics and Applied Mathematics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, e-mail: alexandr.slidenko@yandex.ru.

Elena A. Agapova – Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Economic Analysis, Statistics and Applied Mathematics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, e-mail: elenagapova603@mail.ru.

Received August 06, 2018

Accepted September 03, 2018

ИНЕРЦИОННОСТЬ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ КАК ФАКТОР ЦИКЛИЧНОСТИ ЭКОНОМИКИ

**Ольга Юрьевна Агеева
Сергей Викторович Спахов
Виктория Эдуардовна Юшкова**

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Проанализированы история, фактическое состояние, тенденции формирования кризисов и циклов в экономике России. Умение предугадывать результаты того или иного фактора обозначает вероятность принятия мер, санкционирующих смягчение негативного влияния при возникновении спада или побудительные мероприятия при наличии оживления. Становление экономики Советского Союза в обстоятельствах централизованного планирования находилось в динамичном положении и проходило на основе существенного дисбаланса. Централизованное переустройство равновесия было результативно до установленного порога. Обстоятельства экономического цикла оказывали влияние в советской экономике, но не в явной форме. В таких обстоятельствах и государством, и предприятиями формировались условия для повышения планов по капитальным вложениям, что породило ситуацию с избыточными инвестициями. Повторяющиеся изменения в экономике России были вызваны внеэкономическими причинами. В современных условиях экономика РФ находится в процессе становления рыночных отношений. И еще нет убедительных доводов для того, чтобы охарактеризовать движение отечественной экономики как циклическое, хотя можно отметить значительное влияние сокращения производства и инвестиций и повышения инфляционных проявлений. Требуются значительные вложения инвестиций в процесс производства для осуществления циклических колебаний, которые в обстоятельствах научно-технического прогресса и стихийного рыночного механизма деятельности экономики станут повторяющимися. Создание циклической формы движения российской экономики связано с проблемой экономического роста. В сложившихся условиях для России наиболее реальна смешанная модель экономического роста, при этом возможны следующие сценарии: первый имеет отношение к направленности на международный рынок сырьевых товаров как неизменный, основательный и приемлемый для промышленности страны; второй ориентирован на оживление национального рынка.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: кризис, экономический цикл, рыночная экономика, капитальные вложения, экономический спад, инвестиции, основной капитал.

RIGIDITIES OF ECONOMIC SYSTEMS AS A FACTOR OF BOOM-AND-BUST ECONOMY

**Olga Yu. Ageeva
Sergey V. Spakhov
Victoria E. Yushkova**

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

The authors analyze the history, actual state, and trends in the development of crises and cycles in the Russian economy. The ability to forecast the effect of certain factors indicates the likelihood of taking actions that authorize the mitigation of recession or incentive measures in case of recovery. The development of economy of the Soviet Union in the conditions of centralized planning was dynamic and occurred on the basis of a significant imbalance. Centralized rearrangement of balance was effective up to a certain threshold. The circumstances of the economic cycle influenced the Soviet economy, but not explicitly. In such circumstances both the government and enterprises formed the conditions for increasing the targets for capital investments, which led to investment overflow. Recurring changes in the Russian economy were caused by non-economic reasons. In modern conditions the economy of the Russian Federation is in the process of formation of market relations. Yet there are no convincing arguments in favor of characterizing the economy as cyclical. However, researchers note a significant impact of decline in production and investments and increased inflationary developments. Significant investments in the production process are required in order to obtain cyclical fluctuations that would become recurrent in the conditions of scientific and technical progress and unregulated market mechanism of the economy. Induction of cyclic functioning of the Russian economy is associated with the problem of economic growth. Under current conditions in Russia the most realistic model of economic growth is the mixed one. In this setting two scenarios are possible. The first one is focused on the international commodities market and considers it to be constant, solid and acceptable for the industries of our country. The second scenario is targeted at the recovery of the national market.

KEYWORDS: crisis, economic cycle, market economy, capital investments, economic decline, investments, fixed assets.

Понятие «кризис» в условиях современной действительности можно трактовать по-разному. Все кризисы имеют отличительные черты. Термин «экономический кризис» используется лишь при характеристике воспроизводственного процесса [3, 6, 9]. Именно экономический кризис служит основной формой деятельности рыночной экономики, естественным механизмом ее формирования является экономический цикл.

Каждая экономическая система обладает определенным набором свойств. Наиболее важным с точки зрения циклического развития экономики является инерционность. При рассмотрении экономических систем широко применяется «матрешечная» структура циклов, которая заключается в том, что, с одной стороны, менее продолжительные циклы входят в структуру более длинных циклов и, с другой стороны, из продолжительных циклов могут появиться менее продолжительные.

Ключевым показателем цикла является время, которое задает границы причинно-следственных отношений историко-экономических процессов, сказывается на их содержании, придает им форму и актуальность. Продолжающиеся достаточно длительное время историко-экономические процессы порождают структурные изменения.

Между категориями «время» и «структура» существует определенная взаимосвязь. Характеризуя данную взаимозависимость, необходимо отметить, что экономика располагает временной размеренностью, периодом действия и цикличностью в развитии. А экономические циклы располагают своими структурами (пространственными и временными) и придерживаются четкой структурной хронологии. Время и структурированность экономико-исторического развития обуславливаются сроком его действия.

В основе теоретического подхода циклического развития экономики нашей страны лежит модель длительных циклов («длинных волн») Н.Д. Кондратьева, которая предполагает продолжительность цикла 50–70 лет [5]. Длительные циклы находятся в промежуточном положении между краткосрочными и среднесрочными циклами, с одной стороны, и столетними трендами и циклами мировой экономики, с другой. Парадигма длительных циклов предполагает использование подходов, которые ставят краткосрочные циклы в основу циклического развития. Именно они являются неотъемлемым компонентом принципа периодических колебаний социального становления экономики в течение продолжительного периода времени. Период колебаний конъюнктуры пропорционален продолжительности действия системных социально-экономических реорганизаций в России, которые за последнее столетие прослеживались в 1914–1933 гг. и с 1991 г. до настоящего времени.

В историческом развитии России XIX–XX вв. выделяют пять наиболее крупных волн, составляющих звенья единого процесса основания рыночной системы хозяйствования, достаточно точно совпадающих с повышательными фазами длительных циклов мировой конъюнктуры. Длинноволновая цикличность экономики коррелирует с реализацией государственной хозяйственной политики, которая влияет на основание конъюнктуры, институциональные изменения, формирует обстановку социально-экономических системных преобразований и перехода от одной парадигмы (модели) хозяйствования к другой.

В условиях административно-командной системы проблем, связанных с кризисами и циклами, практически не возникало. Эти экономические явления были в большей степени свойственны капиталистическому способу производства. В условиях же социализма они считались незначительными [1, 2].

В социалистической системе практически полностью была искоренена значительная доля рынка (рынок средств производства, рынок рабочей силы, рынок ценных бумаг, валютный рынок). От рыночной экономики сохранился лишь рынок потребительских товаров, который имел искаженный вид. Как следствие, рыночный дисбаланс

стал частью социалистической системы хозяйствования. В сложившихся условиях добиться сбалансированности рынка считалось невозможным. Из-за того, что цены устанавливались без учета соотношения спроса и предложения, они не информировали продавцов и покупателей о ситуации на рынке [7].

Также при социалистическом укладе экономики было недостаточно информации о стоимостной оценке капитала, рабочей силы и капитальных фондах [5, 8]. Вследствие этого центр принимал некорректные решения в сфере ценообразования. Даже в случае преобразования хозяйственной деятельности цена не назначалась центром, а переводилась в юрисдикцию фирм, все равно равновесия на рынке не удавалось достичь, поскольку из-за отсутствия рынка капитала и рабочей силы цена не содержала сведений о компонентах исчисления их рыночной стоимости (информации об общественных капиталовложениях, стоимости рабочей силы). В этих условиях ценообразование основывалось на фактических данных о ценах на потребительские товары, которые были некорректными, и существовал только один производитель. В таких условиях производители следовали только краткосрочным интересам и не учитывали существующие общественные издержки. В конечном итоге сложились неблагоприятные условия для развития рыночных отношений, а их нерыночная часть формировалась в интересах государства и не совпадала с интересами потребителей.

Исходя из этого функционирование административно-командного типа экономики по содержанию было достаточно динамично и включало последовательность скачков в нарушении равновесия. Инструменты административно-командной системы в условиях несбалансированности были результативны лишь до момента достижения установленного барьера.

Таким образом, определяющие принципы экономической цикличности проявлялись в советской экономике, но носили не явный характер. Этому, кроме прочих причин, способствовала специфика формирования источников и каналов распределения капитальных вложений [4]. Их натуральная основа сдерживает жесткий контроль со стороны государства. Такое положение связано с тем, что экономический эффект от капитальных вложений наступает не сразу, а по истечении ряда лет. Следовательно, предварительно элиминируется воздействие капитальных вложений именно на регулирующие стимулы. Кроме всего прочего, вложение средств – процесс не постоянный и слабо поддающийся государственному регулированию. Однако важный момент заключается в том, что вложения в основной капитал имеют накопительный эффект и определяют зону интенсификации формирования доходности (акселератор). Вещественный характер вложений в основной капитал не способствует явной сбалансированности в экономике и приводит в дальнейшем к серьезным последствиям, а инвестирования в основной капитал самостоятельно не содействует развитию цикличности в экономике [10, 11, 12].

Побудительным мотивом вложения средств в основной капитал в условиях рыночной конкуренции является получение максимально быстрого полезного эффекта. Если провести сравнение с административно-командной системой, то в ней капитальные вложения затрагивают интересы как государства, так и отдельных предприятий. Органы государственного регулирования для обеспечения материального благополучия страны на длительный период и гарантии национальной защищенности мотивированы на увеличение вложений в основной капитал большего количества предприятий. В сложившейся ситуации всем предприятиям для реализации бизнес-планов и противодействия созданию ограничений в экономике необходимо принимать меры для сохранения и увеличения масштабов капитальных вложений.

В плановой экономике рост основных фондов предприятия приобретает общественную значимость в масштабах государства. В данных обстоятельствах преимущественно используется механизм роста инвестиций, а не механизм повышения производительности труда и аргументированной организации производства [6].

Капитальные вложения являются безрисковыми для любого предприятия, при этом дополнительные вложения в основной капитал не приводят впоследствии к росту индивидуальной стоимости созданной продукции. Такое явление носит название «освоение капитальных вложений».

В плановой экономике и государством, и предприятиями формировались обязательства для значительного увеличения планов по вложениям в основной капитал, что негативно отразилось на чрезмерном росте объемов капитальных вложений.

В условиях государственной монополии и незрелости рыночных отношений сформировалось ошибочное представление о положительных тенденциях экономического роста и увеличении национального дохода общества вследствие увеличения объемов вложения в основной капитал. В действительности наблюдалось снижение в самой существенной доле национального дохода, а именно в формировании фонда потребления. Данное обстоятельство привело к необоснованно большому перераспределению резервов предприятий в фонде потребления. Это стало причиной неразумного расточительства различных фондов. В условиях повышения производительности экономики снижался жизненный уровень населения страны, при сохраняющихся высоких темпах капитальных вложений.

Нерегулярное повышение тонуса экономики в сложившейся ситуации происходило посредством краткосрочных реконструкций, устремленных на экспансию автономности предприятий (1965 г.), новаторского развития, обусловленного научно-техническим прорывом, повышением поступлений от проведения экспортно-импортных операций.

Таким образом, в российской экономике не наблюдалось «корректных» циклов, помимо больших циклов экономического развития 1929–1932 и 1981–1985 гг. Повторяющиеся перепады в экономике нашей страны сопровождались внеэкономическими факторами. Так, например, кризис перепроизводства в промышленности 1923–1924 гг. был вызван неравномерным колебанием цен, зерновой кризис 1927–1928 гг. – волюнтаристским уничтожением устоявшегося образа аграрно-индустриальных взаимоотношений, масштабный военный кризис 1941–1942 гг. – сокращением общественного воспроизводства вследствие реструктуризации экономики. Рецессия 1952–1953 гг. была связана с изменениями в руководстве страны. Совокупный спад в развитии народного хозяйства в 1963 г. стал следствием административно-политических погрешностей в управлении экономикой. Кризис и застой 1972 г. возникли в результате усиления кризиса административно-политического устройства; кризис конца 80-х и начала 90-х гг. – глубокой диссоциации государственно-натурального порядка в экономике. Начиная с 90-х годов экономика нашей страны испытывает стагфляцию. В состоянии экономического спада оказываются основные отрасли макроэкономики. Сокращаются вложения в основной капитал, промышленность, падают объемы международной торговли [7].

На современном этапе развития в России наблюдаются значительные изменения в социально-экономической системе. Эти преобразования согласовываются с масштабным системным кризисом, что вызывает значительное сокращение объема производимой продукции, снижение вложений в основной капитал, нарастание инфляционных проявлений, падение жизненного уровня населения и ухудшение показателей торгового баланса экономики нашей страны. Отечественные ученые-экономисты утверждают, что на современном этапе хозяйственного развития вновь проявляется экономический цикл.

Так, с 1995 г. Россия уже преодолела три деловых цикла, и наблюдаемая рецессия – третья за данное время. Предшествующие низшие точки спада прослеживались осенью 1998 г. и весной 2001 г. Максимум минувшего делового цикла прослеживался в середине 2008 г., и далее отмечалось понижение объема производимой продукции в экономике. В таких условиях наблюдаемая рецессия по своим характеристикам оказалась значитель-

нее рецессий 1998 и 2001 гг. [2]. Так, в 1998 г. валовой внутренний продукт составил 64,3%, объем промышленного производства – 47,3%, общий объем инвестиций – 22,3%, в том числе производственных – 18,2%. В 2016 г. ВВП страны сократился на 0,9%, а экономический рост наблюдался начиная с 2017 г., когда прирост ВВП составил всего 1,4%.

Природа данных процессов свидетельствует в большей мере о результатах разрушения административно-командной экономической системы, чем становления механизма рыночной экономики, который находится исключительно на этапе формирования.

Следует отметить пять крупных волн в условиях формирования рыночной экономики нашей страны в XIX–XX вв., которые находятся в корреляционной связи с рыночной системой хозяйствования и согласовываются с повышательными фазами долгосрочных циклов мировой экономической системы. Продолжительные циклы находятся в тесной взаимосвязи с проводимой государством социальной политикой, которая влияет на институциональные преобразования, вырабатывает условия социально-экономических системных реформ и трансформацию от одного механизма хозяйствования к другому.

В 1991–1999 гг. в экономике нашей страны наблюдался дезинвестиционный цикл, результатом которого стало падение основных макроэкономических показателей и главное – уменьшение объема вложений в основной капитал. Объемы сокращения производства продукции по отраслям и секторам экономики значительно отличались.

Кризисные проявления заключались в существенном падении качественных и структурных показателей инвестиционной деятельности: в повышении масштабов незавершенного строительства, регрессе технологической структуры инвестиций в основной капитал, уменьшении доли машин и оборудования во введенных в эксплуатацию основных производственных фондах предприятий, сокращении производственных мощностей, недостаточной амортизации и реновации основного капитала, увеличении его физического и морального износа. Эти проявления носили кумулятивный, циклический характер. Сокращение объемов производимой продукции за счет частичного выбытия основных фондов спровоцировало сокращение величины накопления, что вызвало сокращение поступлений инвестиций в экономику.

Именно эти обстоятельства и привели к началу дезинвестиционного цикла. Он стал проявляться в 1991 г. с формирования острого дефицита государственного бюджета РФ (Советского Союза). Макроэкономические и институциональные трансформации сократили экономические возможности государства и заставили его модифицировать направление политики реорганизации экономики в целом.

Период действия дезинвестиционного цикла совпадает со среднесрочным инвестиционным циклом, и его можно считать определенной формой инвестиционного цикла в обстановке многолетнего спада, порожденного механизмом социально-экономических реформ переходного периода.

В 2000–2009 гг. наблюдалось оживление экономики нашей страны, которое проявлялось в росте экономических показателей, ставших результатом положительной динамики таких внешнеэкономических отношений, как увеличение цен на нефть, рост доходов от деятельности ориентированных на экспортные операции отраслей, эффект от девальвации рубля в 1998–1999 гг.

Вложения в основной капитал были одним из позитивных факторов роста экономики в данный период. Однако увеличение масштабов вложений не имело стабильности. Да и их объем оказался незначительным и составил приблизительно 20% от ВВП, что при росте валовых сбережений привело к оттоку капитала из страны. В результате этого сократились темпы роста капитальных вложений. Основным ресурсом инвестиций оказались собственные финансовые средства предприятий и фирм.

Анализируемый этап по времени действия можно сравнить со среднесрочным инвестиционным циклом и описать как конфигурацию инвестиционного цикла в условиях продолжительной реконструкции, порожденной комплексом социально-экономических реформ, или как реконструктивный цикл в условиях трансформации экономики. Наряду с временными рамками о циклическом характере восстановительного развития свидетельствует наличие этапности его формирования, что также соответствует определению циклического характера. Происхождение и завершение такого цикла связано с кризисными проявлениями в экономике в целом.

На смену кризисных проявлений 2008–2009 гг. пришел период истощения ресурсов, необходимых для реконструкции экономики и ухода от экспортно-сырьевой модели. Спад 2013 г. вызвал потребность перехода к новому механизму развития экономики, сущность которого заключается в интенсификации инвестиционного процесса в условиях его качественного обновления в рамках неоиндустриализации и развитии новых отраслей. Новое направление можно определить как парадигму инвестиционно-интенсивного роста экономики. Чтобы создать в экономике страны периодически повторяющиеся циклы, необходимо увеличить инвестиции в производство продукции. Инвестиционные вложения на основе рыночного механизма и в условиях научно-технического прогресса положат начало колебательным движениям. Экономический цикл послужит инструментом саморегулирования, а экономические спады будут причиной качественного возрождения основного капитала.

Формирование циклического характера экономики России ассоциируется с вопросами обеспечения экономического роста. Тип экономического роста обусловлен тенденциями формирования рыночного равновесия, которое обеспечивает экономическое развитие. В сложившихся условиях для нашей страны возможны следующие сценарии экономического роста. Первый имеет отношение к направленности на международный рынок сырьевых товаров как неизменный, основательный и приемлемый для промышленности страны. В данной ситуации национальные вложения капитала пойдут на использование сырья и в непроеизводственную сферу, а существенные инвестиции в производство – за рубеж. В этой связи спрос станет определяться развитыми государствами, которые стремятся приобретать более дешевое сырье. За рубежом сложатся такие факторы производства, как труд и капитал. Данным типом экономического роста будут в значительной мере мотивированы предприятия топливно-энергетической и добывающей промышленности.

Второй сценарий имеет отношение к оживлению национального рынка. Он предполагает преобразование производства и увеличение производительности на отдельных предприятиях. Благодаря межотраслевым отношениям будет иметь место воспроизводство процесса технологического роста.

Поддержать вложения в основной капитал предприятий государству следует путем послаблений в сфере налогообложения или предоставления им субсидий. Экономический рост на техническом принципе позволит извлечь выгоду сферам потребительского и инвестиционного спроса.

В настоящее время для российской экономики сочетание этих двух сценариев экономического роста является наиболее приемлемым. Для развития отечественной экономики необходимо осуществить корректировку вектора ее развития на эффективность вложений в основной капитал при помощи динамичного применения инноваций. Такого результата можно добиться исключительно в масштабах новаторской экономики, сформированной на основе инвестиционного развития и осуществления стратегических проектов государства на длительный период.

Библиографический список

1. Басовский Л.Е. Прогнозирование и планирование в условиях рынка : учеб. пособие / Л.Е. Басовский. – Москва : ООО «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2018 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=953265> (дата обращения: 20.06.2018).
2. Гениберг Т.В. Цикличность в развитии российских рынков: анализ, оценка, принятие инвестиционных решений / Т.В. Гениберг // Менеджмент в России и за рубежом. – 2018. – № 3. – С. 59–64.
3. Гордиенко Д.В. Мировой финансово-экономический кризис и обеспечение экономической безопасности государства / Д.В. Гордиенко. – Москва : ООО «АРГАМАК–МЕДИА», 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=433562> (дата обращения: 17.06.2018).
4. Грицак Л.Е. Специфика цикличности экономического развития современной России / Л.Е. Грицак // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. – 2013. – № 5 (49). – С. 15–19.
5. Загайтов И.Б. Цикличность воспроизводства, с преодолением движения вспять: новое в экономической науке / И.Б. Загайтов. – Saarbrücken : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017. – 178 с.
6. Камалян А.К. Цикличность в экономических системах / А.К. Камалян, А.А. Рубан // Развитие агропродовольственного комплекса: экономика, моделирование и информационное обеспечение : сб. науч. трудов по результатам работы круглого стола, посвященного 50-летию кафедры ИОМАС Воронежского ГАУ и 85-летию ее основателя – д-ра экон. наук А.П. Курносова. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2016. – С. 166–178.
7. Лежнина Ю.П. Социально-экономический кризис на пространстве России: проблемы населения и «очаги беспокойства» / Ю.П. Лежнина // Социологические исследования. – 2016. – № 10. – С. 54–65.
8. Лукасевич И.Я. Амортизационная политика как механизм стимулирования модернизации экономики РФ / И.Я. Лукасевич, В.Г. Пансков // Финансы. – 2017. – № 3. – С. 24–29.
9. May В.А. Глобальный кризис и вызовы экономической политики современной России: доклад / В.А. May. – Москва : Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2015 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=795646> (дата обращения: 20.06.2018).
10. Оболенский В.П. Инвестиции в основной капитал: возможности финансирования = Fixed investment: financing opportunities / В.П. Оболенский, И.А. Квашнина // Российский внешнеэкономический вестник. – 2016. – № 4. – С. 83–93.
11. Олокина Е.А. Государственные капитальные вложения: новые подходы / Е.А. Олокина // Финансовый вестник: финансы, налоги, страхование, бухгалтерский учет. – 2014. – № 11. – С. 58–62.
12. Шарп У. Инвестиции : учебник / У. Шарп. – Москва : ООО «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2018 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=939546> (дата обращения: 10.06.2018).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**Принадлежность к организации**

Ольга Юрьевна Агеева – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономической теории и мировой экономики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, e-mail: ageevaou@yandex.ru.

Сергей Викторович Спахов – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры экономической теории и мировой экономики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, e-mail: ssv78@yandex.ru.

Виктория Эдуардовна Юшкова – кандидат экономических наук, старший преподаватель кафедры экономической теории и мировой экономики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, e-mail: madamv88@mail.ru.

Дата поступления в редакцию 12.09.2018

Дата принятия к печати 22.09.2018

AUTHOR CREDENTIALS**Affiliations**

Olga Yu. Ageeva – Candidate of Economic Sciences, Docent, the Dept. of Economic Theory and World Economy, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, e-mail: ageevaou@yandex.ru.

Sergey V. Spakhov – Candidate of Agricultural Sciences, Docent, the Dept. of Economic Theory and World Economy, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, e-mail: ageevaou@yandex.ru.

Victoria E. Yushkova – Candidate of Economic Sciences, Senior Lecturer, the Dept. of Economic Theory and World Economy, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, e-mail: madamv88@mail.ru.

Received September 12, 2018

Accepted September 22, 2018

РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЗЕМЛЯМИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Николай Иванович Бухтояров

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

В статье раскрываются информационные аспекты управления, рассматриваемого в форме информационного процесса, основу которого составляют прямые и обратные связи (информационные потоки), определяющие взаимодействие субъектов и объектов управления; отмечается значимость процессов информатизации и формирования системы информационного обеспечения в свете действующей государственной программы «Цифровая экономика Российской Федерации»; утверждается, что уровень структурной и функциональной сложности системы управления земельными ресурсами обусловлен ее многоуровневым характером, широким спектром реализуемых общих и специфических функций управления, неоднородностью субъектов земельных отношений, разнонаправленностью их экономических интересов; предлагается концептуальная модель формирования системы информационного обеспечения управления земельными ресурсами, предполагающая выделение таких модулей, как: источники информации, информационные ресурсы, вспомогательные подсистемы, пользователи информацией, функции управления, информационные функции; доказывается, что переход к технологиям «цифрового» управления требует изменения идеологии построения систем информационного обеспечения и смещения приоритетов от учетно-аналитического обеспечения процессов управления к комплексной реализации общих и специфических функций управления, а также формирования планово-прогностического базиса системы информационного обеспечения управления земельными ресурсами на основе комплекса оптимизационных и имитационных экономико-математических моделей; приводятся результаты прогнозных расчетов структуры пашни Воронежской области в двух вариантах: при ориентации на максимизацию производства продукции растениеводства за счет вовлечения в хозяйственный оборот всех пахотных земель и при выведении из хозяйственного оборота земельных участков с высоким уровнем эрозионной и дефляционной опасности и минимизации площади пропашных культур в соответствии с условиями отдельных агроландшафтных групп.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: земельные ресурсы, земли сельскохозяйственного назначения, управление, информационное обеспечение, экономико-математическое моделирование.

DEVELOPMENT OF INFORMATION SUPPORT SYSTEM FOR AGRICULTURAL LAND MANAGEMENT

Nikolay I. Bukhtoiarov

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

The article reveals the informational aspects of management considered in the form of information process, which is based on direct and reverse links (information flows) that determine the interaction of subjects and objects of management. The author notes the importance of the processes of informatization and formation of a system of information support in the view of the current state program 'Digital Economy of the Russian Federation'. It is argued that the level of structural and functional complexity of the land management system is due to its multi-level nature, a wide range of implemented common and specific management functions, heterogeneity of subjects of land relations, and multidirectionality of their economic interests. The author proposes a conceptual model of formation of information support system for land management including the following modules: sources of information, information resources, auxiliary subsystems, information users, management functions, and information functions. It is proved that the transition to 'digital' management technologies requires changes in the ideology of building up the information support systems and shifting the priorities from accounting and analytical support of management processes to integrated implementation of general and specific management functions. It also requires the formation of planning and forecasting basis for information support systems for land management based on a complex of optimizing and simulating economic and mathematical models. The author presents the results of predictive calculations of arable land structure in Voronezh Oblast by two variants: (i) focusing on maximized crop production

due to the involvement of all arable lands in economic turnover; (ii) diverting land plots with high levels of erosion and deflationary risks from economic turnover and minimizing the area of arable crops according to the conditions of individual agrolandscape groups.

KEYWORDS: land resources, agricultural lands, management, information support, economic and mathematical modeling.

В современной экономической литературе многие исследователи управление представляют в форме некоего замкнутого процесса, основу которого составляют прямые и обратные связи (информационные потоки), определяющие взаимодействие субъектов и объектов управления. Интенсивность и сложность данных связей определяются масштабом управляемой подсистемы и уровнем ее структурной и функциональной сложности, а объем и интенсивность потоков информации – уровнем развития управляющей подсистемы, сложностью процессов, протекающих в управляемой подсистеме.

Однако до сих пор не сложилось единой трактовки категории «информационное обеспечение». Мы согласны с мнением исследователей, представляющих систему информационного обеспечения как «совокупность информационных сервисов, обеспечивающих реализацию функций сбора, передачи, обработки, хранения, поиска и выдачи информации в соответствии с информационными потребностями пользователя» [6, с. 10].

В широком смысле систему информационного обеспечения управления целесообразно рассматривать как совокупность технических и программных средств, обеспечивающих формирование информационных ресурсов, необходимых для реализации функций управления, а также алгоритмов и моделей, позволяющих решать как типовые, так и нестандартные управленческие задачи.

Формирование системы информационного обеспечения в экономической литературе зачастую отождествляется с процессом информатизации управления. Так, термин «информатизация», используемый в научном обороте, трактуется различными исследователями по-разному: одни рассматривают информатизацию как многосторонний процесс внедрения информационно-коммуникационных технологий в различные сферы деятельности, другие – как совокупность процессов становления информационного общества в соответствии с научно-техническим прогрессом, третьи – как упорядоченный набор процессов научно-технического и социально-экономического развития, обеспечивающих формирование единого информационного пространства, необходимого для удовлетворения информационных потребностей общества, четвертые – как систему организационно-технических мероприятий по совершенствованию технологий реализации отдельных информационных процедур, увеличению объемов информационных ресурсов, доступных всем членам общества, повышению уровня информационной культуры и компьютеризации деятельности человека. В общем случае информатизация определяется в виде процесса общественного развития, связанного с системным внедрением современных информационно-коммуникационных технологий во все сферы человеческой деятельности [7].

По нашему мнению, наиболее обоснованной представляется трактовка информатизации как организационно-технологического процесса формирования благоприятной информационной среды, позволяющей удовлетворять растущие информационные потребности конечных пользователей в условиях развития совокупности информационных ресурсов и организации регламентированного доступа к ним. То есть «информатизация» является более широким понятием, чем «информационное обеспечение», поскольку категория «информационное обеспечение», как правило, используется применительно к конкретной предметной области и связана с реализацией прикладных задач.

Особую значимость процессы информатизации и формирования системы информационного обеспечения приобретают в свете реализации государственной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» [9]. В рамках данной программы предусматриваются три уровня проблем, связанных с внедрением цифровых технологий. Пер-

вый уровень охватывает взаимоотношения отдельных хозяйствующих субъектов в процессе их функционирования, второй уровень связан с разработкой и использованием платформ и информационных технологий, направленных на развитие отдельных рынков и отраслей народного хозяйства, а третий – с формированием и развитием единого информационного пространства, обеспечивающего адаптацию стандартных платформ и цифровых технологий к особенностям отдельных рынков и отраслей общественного производства и повышение эффективности процедур и процессов информационного взаимодействия экономических агентов всех уровней. Кроме того, в ней нашли отражение вопросы организации нормативно-правового регулирования различных сфер цифровой экономики, обеспечения адекватного уровня развития информационной инфраструктуры и кадрами необходимой квалификации, поддержания необходимого уровня информационной безопасности.

Сельское хозяйство не оказалось в числе приоритетных отраслей, установленных Федеральной программой развития цифровой экономики, но Департаментом развития и управления государственных и информационных ресурсов МСХ РФ было принято решение о разработке программы «Цифровое сельское хозяйство», в которой будут отражены стратегия информатизации отрасли и перспективные направления использования цифровых технологий в системе аграрного производства и управления отраслью, а также предложены стандарты и требования к платформам и технологиям, обусловленные спецификой отрасли сельского хозяйства.

Традиционная ориентация систем информационного обеспечения на подготовку информации, необходимой для принятия управленческих решений, по мнению А.В. Райченко, «кардинально ограничивает спектр контролируемых параметров, обуславливает запаздывание реагирования, значительно снижая конечную эффективность оперативного управления целым рядом изначально доступных автоматизируемых процессов» [11, с. 20].

Массовый переход к использованию цифровых технологий объективно требует обоснования методологии так называемого «цифрового управления» социально-экономическими системами и их элементами. В управлении социально-экономическими системами, отличающимися детерминированностью протекающих в них процессов и высоким уровнем формализации параметров, задачи информационного обеспечения управления успешно решались с помощью автоматизированных информационных систем, реализующих отдельные управленческие задачи. Но в современных условиях возникает объективная потребность перехода от фрагментарной информатизации процессов управления к комплексному использованию цифровых технологий, позволяющих принципиально расширить функционал системы информационного обеспечения управления.

В основе методологии цифрового управления должно лежать существование объективной необходимости перехода на цифровой формат управления, сущность которого определяется следующими положениями:

- использование цифровых технологий требует пересмотра требований к уровню декомпозиции и детерминирования индикаторов, отражающих систему целей развития, детализации данных, характеризующих состояние и тенденции развития управляемой подсистемы, использования более совершенных алгоритмов и моделей обоснования планов и прогнозов развития;
- изменение набора параметров, индикаторов и характеристик управляемой подсистемы требует четкой регламентации процедур их обоснования и использования при обеспечении необходимого уровня их актуальности, достоверности и релевантности;
- переход на цифровой формат требует обеспечения высокой скорости и качества всех информационных процедур, сопоставимости информации, получаемой из различных источников, исключения фактора субъективизма при сборе исходной информации и при ее обработке и интерпретации;

- цифровые технологии позволяют реализовать принцип программирования типовых управленческих процедур, что обеспечивает оптимизацию использования ресурсов управления, сокращение времени на выработку управленческих решений, повышение скорости обмена в системе прямых и обратных связей при минимизации уровня искажения информации;

- реализация принципа методологического и методического единства при формировании системы информационного обеспечения на основе методологии цифрового управления позволяет использовать универсальные методики и типовые проекты, обеспечивающие минимизацию затрат на внедрение цифровых технологий.

Следует признать, что переход на технологии цифрового управления объективно порождает ряд проблем, без решения которых скорость их внедрения может существенно замедлиться: первая проблема связана с относительно низким уровнем ИТ-подготовки значительной части аппарата управления, их консерватизмом, психологической неготовностью перехода на «цифру»; вторая – с необходимостью модернизации организационной структуры и структуры управления, что требует дополнительных затрат и может нарушить ритмичность функционирования управляемой подсистемы; третья – с осознанием необходимости сокращения численности управленческих работников, перераспределения их полномочий, формирования новых компетенций и модернизации технологий выработки управленческих решений; четвертая – с необходимостью массовой переподготовки руководителей и специалистов в соответствии с требуемыми компетенциями по освоению новых информационных технологий; пятая – с необходимостью формирования принципиально новой информационной инфраструктуры и качественно иной системы профессиональной коммуникации; шестая – с повышением требований к обеспечению информационной безопасности и защиты информации, генерирующейся в процессе использования технологий цифрового управления, от возможных искажений под влиянием субъективного фактора; седьмая – с высокими темпами развития аппаратных и программных средств, обуславливающими необходимость постоянной модернизации информационной инфраструктуры и обновление программного обеспечения.

Несмотря на наличие объективных предпосылок использования цифровых технологий, их внедрение в практику управления идет крайне медленно. Такая ситуация, по мнению Ю. Якутина [16], связана, в первую очередь, с отсутствием концепции цифровизации управления на различных уровнях общественного производства и идеологией сложившегося подхода к автоматизации управления на основе использования информационных систем ведения бухгалтерского и управленческого учета, основным недостатком которого является функциональная фрагментарность и оторванность от задач глобального планирования и прогнозирования, обеспечивающих возможность реализации действительно системного подхода к управлению социально-экономическими системами и их отдельными элементами. Он справедливо отмечает, что организация цифровой системы управления социально-экономическими системами невозможна без формирования единого информационного пространства, обеспечивающего полную взаимосвязь и взаимозависимость всех структурных и функциональных элементов. Ю. Якутин приходит к объективному выводу о том, что в качестве базового принципа формирования системы цифрового управления необходимо использовать принцип «связанности». Сдерживание данного принципа связано с обеспечением взаимосвязей и взаимообусловленностей совокупности технических, технологических и экономических показателей и параметров как регистрируемых, так и продуцируемых в процессе функционирования информационной системы управления.

Использование технологий цифрового управления позволяет изменить идеологию автоматизации процессов управления и формирования системы ее информационного

обеспечения, содержание которой определяется исходя из специфики объекта управления, уровня структурной и функциональной сложности системы управления, сложности системы прямых и обратных связей, уровнем неоднородности информации, отражающей состояние и тенденции развития объекта управления и внешней среды, качества информационной инфраструктуры и уровня развития информационных технологий.

Земельные ресурсы как объект управления традиционно рассматриваются во взаимосвязи с земельными отношениями, определяющими содержание систем взаимодействий экономических агентов, возникающих в процессе владения, распоряжения и пользования землей как фактором производства и пространственным базисом жизнедеятельности человека.

Структурная и функциональная сложность системы управления обусловлена ее многоуровневым характером, широким спектром реализуемых общих и специфических функций управления, неоднородностью субъектов земельных отношений, разнотипностью их экономических интересов.

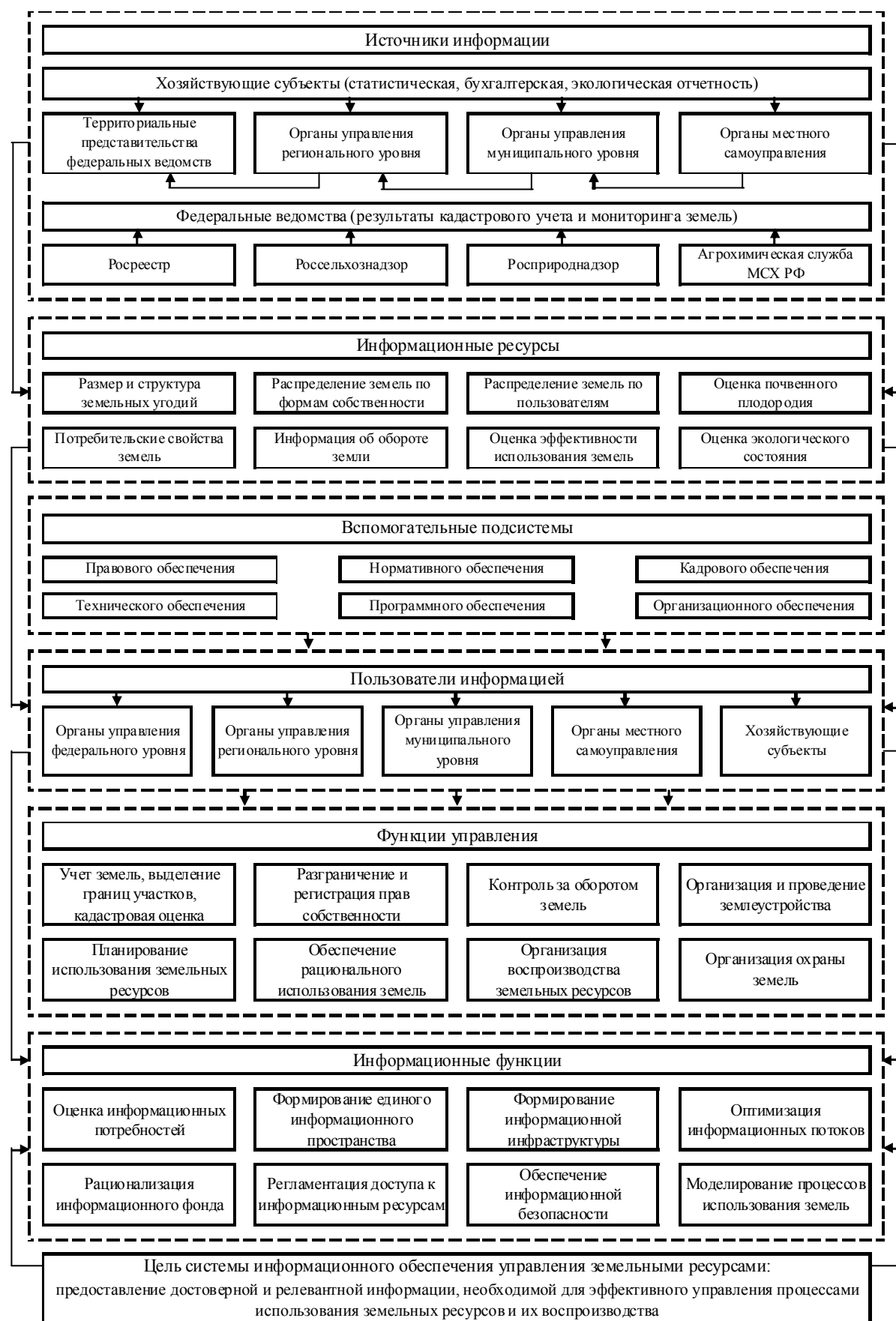
Высокая сложность системы прямых и обратных связей объясняется очень большим количеством субъектов земельных отношений, вовлечением в процесс управления земельными ресурсами различных министерств и ведомств, органов управления федерального, регионального и муниципального уровней, разнообразием хозяйствующих субъектов – пользователей земельными ресурсами.

Рост степени неоднородности информации, отражающей состояние и тенденции развития объекта управления и внешней среды, происходит вследствие расширения круга функциональных задач, реализуемых системой управления земельными ресурсами, и появления новых возможностей сбора, хранения и обработки информации. Чем выше уровень развития информационной инфраструктуры и информационных технологий, тем адекватнее потребностям системы управления могут быть состав и структура системы информационного обеспечения, гарантирующие необходимый уровень детализации информации, генерирующейся в данной системе.

По результатам исследования нами обоснована концептуальная модель формирования системы информационного обеспечения управления земельными ресурсами, предполагающая выделение таких модулей, как источники информации, информационные ресурсы, вспомогательные подсистемы, пользователи информацией, функции управления, информационные функции. Глобальная цель системы информационного обеспечения управления состоит в предоставлении достоверной и релевантной информации, необходимой для эффективного управления процессами использования земельных ресурсов и их воспроизводства (см. рисунок).

Построение эффективной системы информационного обеспечения управления земельными ресурсами предполагает организацию эффективного взаимодействия органов управления всех уровней, к компетенции которых относятся обеспечение эффективного использования и воспроизводства земельных ресурсов; формирование единого информационного пространства; решение проблемы фрагментарности информационного фонда, дублирования и противоречивости информации, поступающей из различных источников; обеспечение открытости информационных ресурсов системы и регламентированного доступа к ним.

Основными источниками информации в системе информационного обеспечения управления земельными ресурсами являются: статистическая, бухгалтерская и экологическая отчетность хозяйствующих субъектов аграрной сферы, результаты кадастрового учета (формируются Росреестром) и результаты мониторинга земель, проводимых федеральными ведомствами (формируются Россельхознадзором, Росприроднадзором и Агрохимической службой Министерства сельского хозяйства Российской Федерации). Формирование единого информационного фонда требует унификации форм документов первичной, промежуточной и результирующей отчетности и внедрения унифицированных систем электронного документооборота.



Концептуальная модель системы информационного обеспечения управления земельными ресурсами

На основании совокупности данных, поступающих из различных источников, формируются информационные ресурсы (информационный фонд) системы, предполагающие выделение нескольких блоков, содержащих систематизированную информацию, отражающую:

- размер и структуру земельных угодий в разрезе хозяйствующих субъектов, сельских территорий, муниципальных районов, регионов и других территориальных образований;
- распределение земель по формам собственности в разрезе территориальных образований;
- распределение земель по пользователям в разрезе категорий земель и целевого использования;
- оценку почвенного плодородия (в динамике) и содержания в почве основных питательных веществ;
- оценку потребительских свойств земли (кадастровую стоимость);
- сведения об обороте земли и концентрации земель во владении отдельных юридических и физических лиц;
- уровень эффективности использования продуктивных земель сельскохозяйственного назначения в разрезе основных землепользователей по каждому территориальному образованию;
- экологическое состояние конкретных агроэкосистем и агроландшафтов.

Функционирование системы информационного обеспечения управления земельными ресурсами как единого аппаратно-программного комплекса возможно лишь при наличии эффективно организованных вспомогательных систем: правового, нормативного, кадрового, технического, программного и организационного обеспечения.

Многоуровневый характер системы управления земельными ресурсами предполагает, что пользователями информации, генерируемой системой информационного обеспечения, будут органы управления федерального, регионального и муниципального уровней, местного самоуправления, а также хозяйствующие субъекты всех категорий (юридические и физические лица, являющиеся субъектами земельных отношений).

Круг управленческих задач, реализуемых системой информационного обеспечения управления земельными ресурсами, определяется функциями, относящимися к компетенции самой системы управления. К числу таких функций традиционно относятся:

- учет земельных участков, выделение их границ и проведение кадастровой оценки;
- разграничение прав собственности на землю и их регистрация;
- контроль за оборотом земель и обеспечение прозрачности сделок с земельными участками;
- организация и проведение землеустройства;
- планирование использования земельных ресурсов на уровне хозяйствующих субъектов, территориальных образований или их групп, объединенных по какому-либо признаку;
- организация воспроизводства земельных ресурсов, в первую очередь продуктивных земель сельского хозяйства;
- организация охраны земель, в том числе разработка природоохранных и почвозащитных мероприятий.

Наряду с функциями управления система информационного обеспечения реализует и ряд специфических информационных функций, базовыми из которых являются:

- оценка информационных потребностей субъектов управления и формулирование конкретных задач информационного обеспечения;

- формирование единого информационного пространства и организация процессов сбора информации, ее систематизации и консолидации, передачи и хранения;
- обоснование информационной инфраструктуры, адекватной информационным задачам, и ее формирование;
- оптимизация содержания, структуры и интенсивности информационных потоков в соответствии с функциями управления;
- рационализация состава и структуры информационного фонда, обеспечивающая достаточность и релевантность информации, необходимой для реализации всей совокупности функций управления земельными ресурсами, а также открытого регламентированного доступа к информационным ресурсам в соответствии с компетенциями органов управления и отдельных управленческих работников;
- обеспечение информационной безопасности пользователей системы информационного обеспечения и сохранности данных;
- моделирование процессов использования земельных ресурсов и их воспроизводства.

Переход к технологиям «цифрового» управления предполагает изменение идеологии построения систем информационного обеспечения, обусловленной смещением приоритетов от учетно-аналитического обеспечения процессов управления к комплексной реализации общих и специфических функций управления. При этом планово-прогностический базис системы информационного обеспечения управления земельными ресурсами должен формироваться на основе комплекса оптимизационных и имитационных экономико-математических моделей, позволяющих оценивать альтернативные варианты использования продуктивных земель сельского хозяйства, моделировать процессы их воспроизводства, обосновывать оптимальные параметры развития хозяйствующих субъектов и их групп, позволяющие обеспечивать необходимый уровень эффективности аграрного производства, проектировать рациональные агроландшафты и изучать их изменения в результате проведения природоохранных и почвозащитных мероприятий.

Централизация функций формирования системы информационного обеспечения управления земельными ресурсами позволяет сконцентрировать ресурсы на разработке типовых решений и платформ, применение которых позволит автоматизировать решение стандартных информационных задач, связанных с реализацией общих и специфических функций управления землями сельскохозяйственного назначения. Для этого должна быть разработана стратегия информатизации управления земельными ресурсами, проведена стандартизация управленческих задач, обоснованы, а при необходимости и разработаны, методы и инструменты их решения. Использование единого подхода к формированию универсальной платформы «цифрового» управления позволит существенно снизить затраты на ее разработку и внедрение, минимизировать уровень транзакционных издержек на всех уровнях управления, повысить производительность управленческого труда, обеспечить рост эффективности взаимодействия всех субъектов управления землями сельскохозяйственного назначения и др.

Изучение комплекса экономико-математических моделей, используемых в управлении продуктивными землями сельского хозяйства [2–4, 7, 9–15], позволяет сделать вывод о том, что основная их часть представлена оптимизационными моделями, ориентированными на максимизацию суммы экономического эффекта (валового дохода, чистого дохода, прибыли и т. п.). К их числу традиционно относятся экономико-математические модели по оптимизации отраслевой структуры производства, структу-

ры посевных площадей, формирования севооборотов, размещения сельскохозяйственных культур по полям и рабочим участкам и др. Данные модели прошли широкую апробацию на уровне хозяйствующих субъектов различных категорий (от фермерских хозяйств до крупных интегрированных агропромышленных формирований), а некоторые из них и на уровне различных территориальных образований (регион, муниципальный район, группа однородных хозяйствующих субъектов). Но практика показала, что ориентация агроэкономических систем всех уровней на получение максимального экономического эффекта существенно ограничивает возможности воспроизводства продуктивных земель, ведет к снижению экологической устойчивости агроландшафтов и деградации почв, что даже в среднесрочной перспективе может привести к потере потребительских свойств земель сельскохозяйственного назначения и падению экономической эффективности производства до критического уровня.

Для решения задач оптимизации землепользования на уровне региона считаем целесообразным применять традиционную экономико-математическую модель по оптимизации структуры пашни, адаптированную к уровню агроландшафтных групп (совокупностей муниципальных районов, сгруппированных по уровню антропогенной и природной нагрузки на агроландшафты и степени деградации почв) и позволяющую оценивать уровень интенсивности воздействия на почвы, эрозионной и дефляционной опасности. В качестве критерия оптимальности предлагается использовать стоимость валовой продукции растениеводства, а в качестве объекта моделирования – хозяйства различных категорий (сельскохозяйственные организации, крестьянские (фермерские) хозяйства и хозяйства населения).

Данная модель реализуется в двухвариантной постановке: первый вариант ориентирован на максимизацию производства продукции растениеводства за счет вовлечения в хозяйственный оборот всех пахотных земель, а второй – при условии выведения из хозяйственного оборота земельных участков с высоким уровнем эрозионной и дефляционной опасности и минимизации площади пропашных культур в соответствии с условиями отдельных агроландшафтных групп.

Результаты решения поставленной экономико-математической задачи для условий Воронежской области представлены в таблице 1.

Таблица 1. Структура использования пашни в хозяйствах всех категорий Воронежской области, %

Показатели	В среднем в 2013–2017 гг.	По проекту	
		1-й вариант	2-й вариант
Всего пашни	100,0	100,0	100,0
Всего посевов	87,3	97,0	96,1
в том числе зерновые и зернобобовые	49,3	58,0	55,1
технические	22,7	23,1	20,1
картофель	3,1	3,2	3,1
овощи	0,8	0,8	0,7
кормовые	11,3	11,6	11,7
Пары	6,7	3,0	0,0
Неиспользуемая пашня	6,0	0,0	3,9

Информация об основных изменениях структуры пашни в разрезе агроландшафтных групп приведена в таблице 2.

Таблица 2. Структура использования пашни в хозяйствах всех категорий Воронежской области в разрезе агроландшафтных групп, %

Агроландшафтные группы	В среднем в 2013–2017 гг.					По проекту									
						1-й вариант					2-й вариант				
	Посевные площади	Пропашные культуры	Многолетние травы	Чистые пары	Неиспользуемая пашня	Посевные площади	Пропашные культуры	Многолетние травы	Чистые пары	Неиспользуемая пашня	Посевные площади	Пропашные культуры	Многолетние травы	Чистые пары	Неиспользуемая пашня
Семилукская	89,0	32,5	6,1	6,0	4,9	96,9	32,7	6,6	3,1	0,0	96,7	30,1	6,9	0,0	3,3
Репьевская	86,9	30,8	3,5	7,2	5,9	96,8	32,0	3,9	3,2	0,0	96,1	28,7	5,5	0,0	3,9
Каширская	88,5	32,8	6,4	7,0	4,5	97,0	35,7	7,1	3,0	0,0	97,3	32,3	7,8	0,0	2,7
Аннинская	87,3	32,8	4,9	6,7	6,0	96,8	35,1	5,3	3,2	0,0	96,6	30,3	5,6	0,0	3,4
Грибановская	84,8	35,2	2,0	6,8	8,4	96,9	33,3	2,1	3,1	0,0	96,0	28,3	3,0	0,0	4,0
Подгоренская	89,1	32,5	5,3	6,1	4,7	97,1	36,0	5,3	2,9	0,0	95,4	28,3	6,2	0,0	4,6
Кантемировская	85,3	31,9	3,6	7,1	7,6	97,2	31,4	4,0	2,8	0,0	95,1	24,2	4,9	0,0	4,9
Павловская	88,1	33,7	4,5	7,3	4,6	97,0	33,7	4,6	3,0	0,0	95,8	26,6	5,1	0,0	4,2
Калачеевская	87,4	37,1	3,5	6,3	6,3	97,1	36,8	3,7	2,9	0,0	95,7	26,4	4,9	0,0	4,3
Всего по области	87,3	33,5	4,4	6,7	6,0	97,0	34,3	4,7	3,0	0,0	96,1	29,2	5,4	0,0	3,9

Существенная трансформация структуры пашни во втором варианте объективно обусловила снижение стоимости продукции растениеводства (табл. 3).

Таблица 3. Стоимость продукции растениеводства в хозяйствах всех категорий Воронежской области в разрезе агроландшафтных групп (в средних текущих ценах 2013–2017 гг.)

Агроландшафтные группы	В среднем в 2013–2017 гг.		По проекту			
			1-й вариант		2-й вариант	
	всего, млн руб.	на 1 га, тыс. руб.	всего, млн руб.	на 1 га, тыс. руб.	всего, млн руб.	на 1 га, тыс. руб.
Семилукская	10013,5	42,6	10801,5	46,0	10016,7	42,6
Репьевская	8523,9	40,7	9364,5	44,7	8747,9	41,8
Каширская	14079,8	43,3	15382,9	47,4	14480,0	44,6
Аннинская	22693,2	39,6	24990,0	43,6	23406,4	40,9
Грибановская	17477,0	39,1	19371,6	43,4	18464,7	41,3
Подгоренская	12472,3	38,6	13615,8	42,2	12551,6	38,9
Кантемировская	8657,9	34,2	9576,0	37,9	8689,5	34,4
Павловская	10923,7	39,2	11848,8	42,5	10516,1	37,8
Калачеевская	12104,0	40,3	13345,7	44,4	12072,3	40,2
Всего по области	117242,6	39,8	128603,2	43,7	119251,5	40,5

Если при реализации первого варианта стоимость продукции растениеводства в хозяйствах всех категорий Воронежской области (в средних текущих ценах 2013–2017 гг.) может достичь уровня 128,6 млрд руб. (43,7 тыс. руб. на 1 га пашни), то в условиях второго варианта, при трансформации структуры пашни, стоимость продукции растениеводства снизится до 119,3 млрд руб. (40,5 тыс. руб. на 1 га пашни), что будет превышать средний уровень стоимости продукции растениеводства, достигнутый в 2013–2017 гг.

Трансформация структуры использования пашни, предусмотренная по второму варианту, позволит значительно снизить уровни интенсивности воздействия на почву, эрозионной и дефляционной опасности (табл. 4).

Таблица 4. Изменение уровней интенсивности воздействия на почву, эрозионной и дефляционной опасности по агроландшафтным группам Воронежской области

Агроландшафтные группы	В среднем в 2013–2017 гг.			По проекту					
	Уровень интенсивности воздействия на почву	Уровень эрозионной опасности	Уровень дефляционной опасности	1-й вариант			2-й вариант		
				Уровень интенсивности воздействия на почву	Уровень эрозионной опасности	Уровень дефляционной опасности	Уровень интенсивности воздействия на почву	Уровень эрозионной опасности	Уровень дефляционной опасности
Семилукская	0,549	0,522	0,588	0,562	0,524	0,594	0,499	0,450	0,516
Репьевская	0,548	0,519	0,582	0,565	0,525	0,582	0,502	0,447	0,510
Каширская	0,547	0,524	0,599	0,558	0,527	0,605	0,495	0,452	0,526
Аннинская	0,550	0,528	0,595	0,570	0,541	0,614	0,511	0,469	0,539
Грибановская	0,554	0,531	0,589	0,575	0,540	0,605	0,527	0,477	0,540
Подгоренская	0,539	0,522	0,596	0,556	0,533	0,611	0,493	0,459	0,533
Кантемировская	0,530	0,511	0,576	0,546	0,516	0,587	0,477	0,440	0,510
Павловская	0,550	0,530	0,596	0,556	0,524	0,595	0,498	0,452	0,514
Калачеевская	0,559	0,536	0,594	0,579	0,545	0,609	0,509	0,462	0,522
Всего по области	0,549	0,526	0,592	0,565	0,533	0,604	0,504	0,459	0,527

Реализация второго варианта организации использования пахотных земель позволит создать предпосылки снижения интенсивности антропогенного воздействия на пахотные земли (интегральная оценка в расчете на 1 га пашни во втором варианте по сравнению с первым вариантом снизится с 0,565 до 0,504), уровня эрозионной (с 0,533 до 0,459) и дефляционной опасности (с 0,604 до 0,527), что свидетельствует о повышении устойчивости использования пашни, а значит, и агроландшафта в целом.

Данная экономико-математическая модель может применяться на уровне отдельных муниципальных районов, хозяйствующих субъектов или их групп. Система ограничений может быть адаптирована под конкретные задачи планирования и прогнозирования, стоящие перед субъектами управления земельными ресурсами различного уровня.

Каждый субъект управления должен иметь возможность использовать инструменты, адекватные содержанию типовых управленческих задач в рамках реализации общих функций управления и специфических функций управления земельными ресурсами, а также к информационным ресурсам, обеспечивающим формирование информационного базиса системы подготовки и принятия управленческих решений. Именно развитие системы информационного обеспечения является одним из ключевых направлений повышения эффективности управления земельными ресурсами и земельными отношениями на всех уровнях государственного и хозяйственного управления. Современные информационные технологии и быстро развивающаяся информационная инфраструктура создают объективные предпосылки модернизации системы управления земельными ресурсами как за счет детализации задач управления, так и за счет повышения скорости протекания информационных процедур и исключения ошибок, возникающих при обработке информации.

Библиографический список

1. Бухтояров Н.И. Моделирование как инструмент управления эффективностью использования продуктивных земель / Н.И. Бухтояров // Социально-экономический потенциал развития аграрной экономики и сельских территорий : матер. научной и учеб.-метод. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов Воронежского ГАУ. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2018. – С. 44–48.
2. Гатаулин А.М. Математическое моделирование экономических процессов в сельском хозяйстве / А.М. Гатаулин, Г.В. Гаврилов, Т.М. Сорокина ; под ред. А.М. Гатаулина. – Москва : Агропромиздат, 1990. – 432 с.
3. Гусев В.А. Оптимизация структуры землепользования для увеличения устойчивости агроландшафтов / В.А. Гусев, С.С. Басамыкин, П.А. Шлапак // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. – 2016. – Т. 16, № 3. – С. 133–137.
4. Данкевич В.Е. Оптимизация структуры посевных площадей в условиях интенсивного землепользования / В.Е. Данкевич // Экономика и современный менеджмент: теория и практика. – 2013. – № 31. – С. 208–214.
5. Корецкий П. Информационное обеспечение управления снабженческо-сбытовой деятельностью / П.Б. Корецкий, А.В. Улезько // Экономика сельского хозяйства России. – 2017. – № 3. – С. 7–13.
6. Курносова Н.С. Концептуальный подход к развитию системы информационного обеспечения управления аграрным производством / Н.С. Курносова // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2018. – Вып. 1 (56). – С. 228–238.
7. Оптимизация стратегических параметров устойчивого развития предприятий аграрной сферы / А.К. Камалаян, А.П. Курносов, Л.П. Яновский и др. – Воронеж : Воронежский ГАУ, 2003. – 207 с.
8. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации»: утверждена распоряжением Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-р [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/71734878/> (дата обращения: 16.05.2018).
9. Разработка экономико-математической модели по определению отраслевой структуры производства в сельскохозяйственных предприятиях : учеб. пособие / А.П. Курносов, А.Н. Черных, А.В. Агибалов и др. – Воронеж : Воронежский ГАУ, 1999. – 64 с.
10. Райченко А. Разработка методологии цифрового управления социально-экономическими организациями / А. Райченко // Вестник Университета (Государственный университет управления). – 2018. – № 3. – С. 18–23.
11. Свиридов В.И. Оптимизация структуры посевных площадей на основе использования экологических и экономических критериев / В.И. Свиридов, В.Г. Комов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 2. – С. 33–35.
12. Сухомлинова М.И. Специфика формирования системы информационного обеспечения управления региональным АПК / М.И. Сухомлинова // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2013. – Вып. 1 (36). – С. 365–369.
13. Улезько А.В. Моделирование как инструмент принятия управленческих решений / А.В. Улезько, А.В. Котарев // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2008. – № 1 (16). – С. 73–79.
14. Улезько А.В. Практикум по моделированию социально-экономических систем и процессов : учеб. пособие / А.В. Улезько, А.А. Тютюников. – Воронеж : Воронежский ГАУ, 2009. – 143 с.
15. Экономико-математический анализ воспроизводства и синтез управленческих решений в агропромышленном комплексе / А.Г. Бурда и др. – Краснодар : КубГАУ, 2016. – 393 с.
16. Якутин Ю. Цифровое управление экономическими процессами: потенциал универсальной системы анализа показателей финансово-хозяйственной деятельности / Ю. Якутин // Экономика и жизнь. – 2016. – № 43 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.eg-online.ru/article/328999/> (дата обращения: 16.05.2018).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Принадлежность к организации

Николай Иванович Бухтояров – кандидат экономических наук, доцент, зав. кафедрой конституционного и административного права, ректор, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, тел. 8(473) 253-86-31, e-mail: morjkn@vsau.ru.

Дата поступления в редакцию 05.08.2018

Дата принятия к печати 03.09.2018

AUTHOR CREDENTIALS

Affiliations

Nikolay I. Bukhtoiarov – Candidate of Economic Sciences, Docent, Head of the Department of Constitutional and Administrative Law, Rector, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, tel. 8(473) 253-86-31, e-mail: morjkn@vsau.ru.

Received August 05, 2018

Accepted September 03, 2018

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ МЕХАНИЗМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫХ ОТНОШЕНИЙ

Юлия Юрьевна Юрикова

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Исследуется содержание экономической категории «земельные отношения»; раскрываются факторы, обуславливающие особенности земельных отношений в аграрной сфере и их регулирования; описывается модель механизма регулирования земельных отношений, представляемого в виде совокупности структурно-функциональных элементов (системы правовых, экономических, организационных и экологических регуляторов и подсистем нормативно-правового, информационного, методического, технического и финансового обеспечения), позволяющих с помощью использования специальных методов и инструментов воздействовать на субъекты земельных отношений в рамках реализации земельной политики государства для достижения целей государственного управления земельными отношениями; отмечается парадоксальность ситуации, связанной с наличием масштабных обременений земельных участков, вовлеченных в процесс сельскохозяйственного производства, но отсутствием установленных сервитутов как в силу неразграниченности собственности на обремененные земельные участки, так и в силу отсутствия массовой практики их установления; выявлена специфика земельных сервитутов в сельском хозяйстве, заключающаяся, во-первых, в том, что значительная их часть возникла в дореформенный период в условиях преобладания государственной собственности на землю без оформления договоров обременения; во-вторых, в низкой активности государства в инициации процессов формирования механизмов официального признания обременения земель, установления земельных сервитутов и введения обязательности сервитутных платежей; в-третьих, в отсутствии единых методик определения соразмерной компенсации за обременение продуктивных земель; в-четвертых, в отсутствии механизмов реинвестирования средств, полученных собственниками земли в виде сервитутных платежей, в воспроизводство земельных ресурсов; в-пятых, в отсутствии механизмов получения сервитутных платежей за обременение земельных участков, собственность на которые не разграничена.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: земельные отношения, земельные ресурсы, продуктивные земли, механизм регулирования, сервитут, земельный сервитут, сервитутные отношения.

THEORETICAL ASPECTS OF FORMATION OF THE MECHANISM OF REGULATION OF LAND RELATIONS

Yuliya Yu. Yurikova

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

The author considers the essence of economic category of land relations and reveals the factors that determine the peculiarities of land relations in the agrarian sphere and their regulation. The article describes the model of mechanism of regulation of land relations, represented as a set of structural and functional elements (a system of legal, economic, organizational and environmental regulators and subsystems of regulatory, informational, methodological, technical, and financial support) that allow using special methods and tools to influence the subjects of land relations within the framework of implementation of state land policy in order to achieve the objectives of state management of land relations. The author notes a paradoxical situation: there are large-scale real burdens of land plots involved in the process of agricultural production, but no established servitudes due to the absence of delimitation of ownership of encumbered land plots, as well as the absence of practices for their establishment. The specificity of land servitudes in agriculture is revealed. It consists of the following elements: 1) a significant share of land servitudes appeared in the pre-reform period when state ownership of land without registration of encumbrances was dominant; 2) low level of activity of the state in initiating the processes of formation of

mechanisms for official recognition of land burdens, establishment of land servitudes and implementation of mandatory servitude payments; 3) the absence of uniform methods for determining the adequate compensation for burdening of productive lands; 4) the absence of mechanisms for reinvesting funds received by land owners in the form of servitude payments in the reproduction of land resources; 5) the absence of mechanisms for receiving servitude payments for encumbering the land plots, the ownership of which is not delimited.

KEYWORDS: land relations, land resources, productive lands, regulation mechanism, servitude, land servitude, servitude relations.

Развитие аграрного сектора экономики во многом определяется качеством системы земельных отношений, их адекватностью общественным потребностям, способностью обеспечить необходимый уровень эффективности управления земельными ресурсами и воспроизводства продуктивных земель. Недостаточно высокий уровень эффективности землевладения и землепользования, необоснованность земельных платежей, невостребованность большого числа земельных долей, продолжающиеся процессы деградации продуктивных земель свидетельствуют о наличии определенных проблем в сфере управления землями сельскохозяйственного назначения, противоречиях, имеющихся в системе земельных отношений, и незавершенности процессов формирования механизма их регулирования.

Существующий механизм регулирования земельных отношений имеет ряд дефектов, к числу которых можно отнести неразвитость системы инструментов балансирования интересов собственников земли, землевладельцев и землепользователей, стимулирования рационального и эффективного землевладения и землепользования [2, 4, 6, 7, 10, 11]. В качестве одного из основных инструментов регулирования земельных отношений необходимо рассматривать механизм компенсационных выплат землевладельцам и землепользователям за обременение (ограничение) в использовании земельных участков. Обязанности по возмещению убытков и потерь, возникающих при ограничении прав на землю, способствуют сохранению уровня доходности сельскохозяйственных производителей, ведущих деятельность на обремененных земельных участках, и расширяют возможности воспроизводства продуктивных земель. Необходимость совершенствования сервитутных отношений обусловлена тем, что часть земельной ренты несправедливо уходит из сельского хозяйства в другие отрасли и сферы и не инвестируется в воспроизводство земельных ресурсов.

В самом широком смысле земельные отношения представляют собой систему общественных отношений, возникающих между субъектами земельного права по поводу владения, распоряжения и пользования землей и управления земельными ресурсами. Земельные отношения традиционно рассматриваются в качестве специфической сферы проявления общественных интересов, как форма отражения объективно возникающих и развивающихся существенно значимых связей и зависимостей, как естественный элемент системы общественного воспроизводства. Земельные отношения, в силу своей фундаментальности, отражают систему глубинных базовых интересов всех субъектов этих отношений, характеризующихся высоким уровнем неоднородности и противоречивости, а в ряде случаев антагонистичности.

На современном уровне общественного развития государство играет роль естественного регулятора всей системы общественных отношений, в том числе и земельных [1, 3, 5, 14, 16].

Особенность земельных отношений и системы их регулирования определяется прежде всего спецификой земли как объекта этих отношений, обусловленной, во-первых, многофункциональностью земли и ее незаменимостью для ведения сельского хозяйства; во-вторых, прямой или опосредованной вовлеченностью буквально каждого члена социума в отношения по поводу владения, распоряжения, пользования землей и экономическими благами, полученными в результате ее производственного использования;

в-третьих, специфической формой доходов собственников земли, возникающих в виде земельной ренты, и механизмов ее изъятия и перераспределения; в-четвертых, существенной дифференциацией земель по их качеству; в-пятых, особенностями воспроизводства продуктивных земель как фактора аграрного производства; в-шестых, ее ограниченностью и абсолютной немобильностью; в-седьмых, специфичностью земли как товара и организации ее оборота.

Государственное регулирование земельных отношений должно обеспечивать создание условий рационального и эффективного землепользования, защиту прав собственности, прозрачность сделок с землей, оптимизацию системы управления земельными ресурсами. Регулирование земельных отношений традиционно рассматривается как элемент системы государственного управления земельными ресурсами [13, 17].

Механизм регулирования земельных отношений представляет собой совокупность структурно-функциональных элементов (регуляторов и обеспечивающих подсистем), позволяющих с помощью использования специальных методов и инструментов воздействовать на субъекты земельных отношений в рамках реализации земельной политики государства и достижения целей государственного управления земельными отношениями.

Модель предлагаемого механизма регулирования земельных отношений приведена на рисунке.

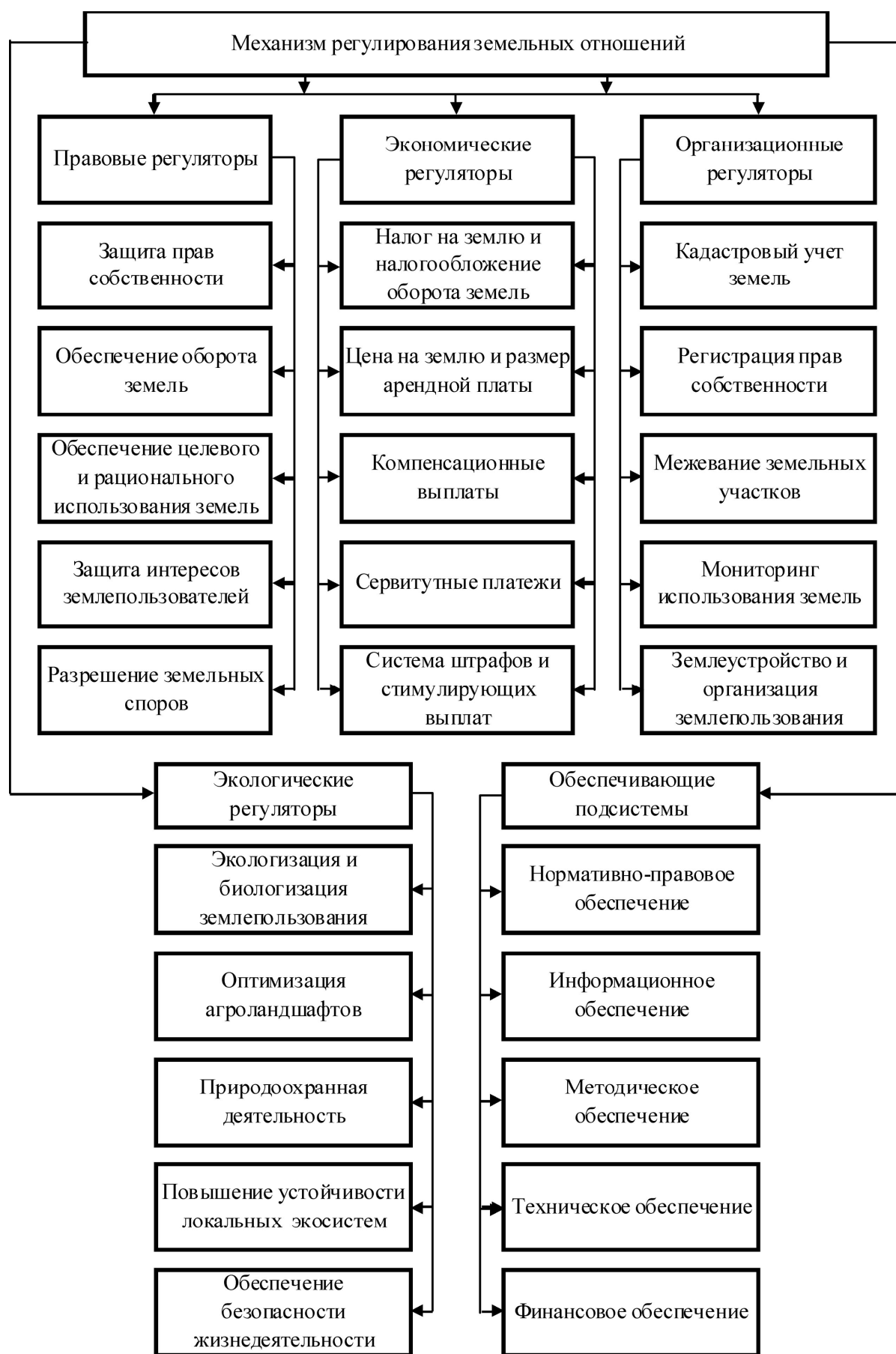
Система правовых регуляторов ориентирована на формирование правового поля, позволяющего решать задачи защиты прав собственников земли и интересов землепользователей, разрешения земельных споров, обеспечения открытости и законности оборота земель, их целевого и рационального использования.

Основные задачи системы экономических регуляторов связаны с оптимизацией размера налога на землю и налогообложения оборота земель, регулирования рыночной, кадастровой и залоговых цен земли различного качества и размера арендной платы за пользование землей, установления экономически оправданного и общественно справедливого уровня компенсационных выплат и сервитутных платежей, обоснованных размеров штрафов за нарушение правил землепользования и экологический ущерб и стимулирующих выплат, связанных с повышением плодородия почв, качества агроландшафтов и т. п.

Одним из ключевых элементов механизма регулирования земельных отношений является система организационных регуляторов, обеспечивающих реализацию таких задач, как кадастровый учет земель, регистрация прав собственности, межевание земельных участков, мониторинг использования земель, землеустройство и организация землепользования. От качества и функциональной полноты данной системы зависит эффективность функционирования всех остальных элементов механизма.

Поскольку земля является природным объектом и представляет собой пространственный и продуктивный базис сельского хозяйства, то особая роль в механизме регулирования земельных отношений отводится системе экологических регуляторов, формирующих условия экологизации и биологизации землепользования, оптимизации агроландшафтов, проведения природоохранных мероприятий, повышения устойчивости локальных экосистем, обеспечения безопасности жизнедеятельности сельского населения.

Эффективность механизма регулирования земельных отношений в значительной мере определяется качеством и уровнем развития обеспечивающих подсистем (нормативно-правового, информационного, методического, технического и финансового обеспечения), предназначенных для формирования и поддержания среды, необходимой для полноценного применения правовых, экономических, организационных и экологических регуляторов.



Модель механизма регулирования земельных отношений

Кроме того, следует отметить, что механизм регулирования земельных отношений, являясь относительно автономным элементом организационно-экономического механизма государственного управления земельными ресурсами, предполагает четкое распределение функций и задач регулирования между органами управления всех уровней в соответствии с их полномочиями и уровнем компетенции.

Исследование системы экономических регуляторов показало, что в настоящее время она находится в стадии формирования, которая характеризуется недостаточным уровнем проработки их методического обеспечения, в частности вопросов определения соразмерной платы за обременение продуктивных земель, а также отсутствием массовой практики сервитутных платежей, которые могут стать дополнительными источником финансирования воспроизводства земель сельскохозяйственного назначения и эффективным инструментом защиты экономических интересов собственников земли и землепользователей.

Произошедший в ходе радикальных экономических реформ конца прошлого века демонтаж хозяйственного механизма плановой экономики, предполагающей тотальное регулирование всех сторон общественной жизни и общественный характер присвоения и перераспределения всех видов доходов, в том числе и ренты, потребовал формирования новых механизмов, адаптированных к условиям рыночной экономики и реализующих новые модели регулирования системы общественных отношений в рамках развития института частной собственности, конкуренции, нарастания противоречий между различными экономическими субъектами, резкого ослабления регулирующей роли государства, частого изменения аграрной и земельной политики, несовершенства законодательной базы и др.

Возрождение института частной собственности объективно обусловило необходимость решения проблем, связанных с обременениями, возникающими в отношении объектов собственности, в том числе земельных участков. В общем смысле такие обременения принято называть сервитутами, представляющими собой ограниченные права одних субъектов пользоваться какой-либо собственностью других субъектов [8, 9, 12, 15].

В современной России сервитутное право было возрождено в 1994 г., когда в законодательство РФ было официально введен термин «сервитут». В действующем законодательстве по объектам сервитутных отношений различают сервитуты земельные, водные, лесные сервитуту и сервитуты прочих объектов недвижимости. Современные российские земельные сервитуты, с одной стороны, представляют собой традиционный общественный институт, сформированный на основе законодательства развитых стран и базирующийся на постулатах римского права, а с другой – отличаются наличием институциональных ловушек, порожденных спецификой трансформационной экономики Российской Федерации и незавершенностью земельных реформ.

Значительная часть земельных сервитутов возникла в дореформенный период в условиях преобладания государственной собственности на землю без оформления договоров обременения, поскольку государство одновременно являлось и собственником земли, и субъектом, инициирующим установление сервитута. Приватизация земель через предоставление права на земельные доли без выделения земельных участков в натуре и определения их границ также не способствовала документальному оформлению сервитутных отношений. Если учесть, что сервитутные отношения возникают между собственником земли и субъектом, в чьих интересах был установлен конкретный сервитут, то становится очевидным, что общественно справедливая система сервитутных платежей может быть сформирована лишь при условии четкого разграничения прав собственности на все обремененные земельные участки и признания субъектами, инициировавшими возникновение тех или иных обременений и получающими за их счет

доход, своих обязанностей по компенсации выпадающих доходов собственников земли и землепользователей, которые могут использоваться в качестве источника финансирования воспроизводства продуктивных земель.

Современный уровень развития сервитутных отношений в Российской Федерации характеризуется наличием парадоксальной ситуации: имеются масштабные обременения земельных участков (главным образом, связанные со строительством, реконструкцией и эксплуатацией линейных объектов), вовлеченных в процесс сельскохозяйственного производства, но сервитуты в абсолютном большинстве случаев не установлены как в силу отсутствия разграничения собственности на обремененные земельные участки, так и в силу отсутствия массовой практики их установления и несоизмеримого уровня самих сервитутных платежей, размер которых оказывается ниже издержек, связанных с оформлением сервитутных отношений и поддержанием документации в актуальном состоянии.

Определенные проблемы в сельской местности по использованию земельных участков, находящихся в собственности граждан, возникают вследствие их небольших размеров и высокой плотности размещения, что также может потребовать установления сервитутов для доступа собственника к своему земельному участку, для обеспечения возможностей его эксплуатации в соответствии с разрешенным использованием и других потребностей собственника, которые не могут быть реализованы без установления сервитута.

Все земельные сервитуты, в соответствии с законодательством Российской Федерации, делятся на публичные и частные. Частные сервитуты устанавливаются отношения между гражданами, а также юридическими лицами, являющимися владельцами земельных участков, имеющих общие границы. В этом случае обременение устанавливается в соответствии с соглашением между собственником земли и субъектом, инициирующим возникновение сервитута, в котором фиксируются условия, определяющие цель и характер обременения, его срок, размер сервитутного платежа, сроки его осуществления и др. Возникновение данного вида сервитутов происходит в частных интересах отдельных граждан или юридических лиц. Публичные сервитуты возникают в рамках реализации общественных (публичных) интересов, связанных с реализацией массовых потребностей социума страны и локальных территорий. Они устанавливаются законами или иными нормативно-правовыми актами Российской Федерации, ее субъектов или органов местного самоуправления.

Право пользования собственностью другого субъекта объективно обуславливает необходимость выплат, компенсирующих собственнику потери, возникающие в результате установления сервитута, что требует наличия методик, позволяющих оценить уровень таких потерь или упущенной выгоды и определить соразмерную стоимость обременения конкретного земельного участка. Общественно справедливая стоимость обременения является инструментом балансирования интересов собственников земли и субъектов, в интересах которых устанавливается конкретный сервитут. Ввиду высокой значимости данного инструмента в развитых странах методики определения рекомендуемого размера сервитутных платежей разрабатываются и утверждаются государством, но могут быть пересмотрены по взаимному согласию субъектов сервитутных отношений или решению суда с учетом специфики обременения. В основе определения соразмерной стоимости обременения, как правило, лежат рыночная или кадастровая стоимость конкретного земельного участка и размер упущенной выгоды собственника земли, возникающей вследствие установления сервитута, но при этом могут учитываться и другие факторы, влияющие на размер сервитутного платежа. Также при определении соразмерной компенсации за обременение во внимание часто принимается вид сервитута. При установлении частных сервитутов оценка может осуществ-

ляться непосредственно по соглашению сторон или в ходе судебных разбирательств. При публичных сервитутах, с учетом целей их установления и общественной значимости, размер платежей должен быть минимальным, но не ущемляющим интересы землевладельцев.

Следует отметить, что упущенная выгода в системе аграрного производства, обусловленная обременением продуктивных земель и ограничением возможностей их производственного использования, приводит к перераспределению части рентных доходов в пользу других отраслей и сфер общественного производства, что существенно сужает возможности собственников земель и землепользователей по финансированию мероприятий, связанных с воспроизводством земельных ресурсов.

Дополнительные проблемы в формировании и развитии механизма сервитутных платежей возникают вследствие незавершенности земельных реформ, предполагавших передачу основной части земель в частную собственность и создание благоприятной среды для равноправного развития всех форм собственности на землю, при условии проведения сплошного разграничения прав на каждый земельный участок. Ограничившись выполнением политической составляющей земельной реформы (ликвидация монополии государства на землю и колхозно-совхозной системы аграрного производства), государство не создало эффективного механизма трансформации права собственности на земельные доли в право собственности на конкретный земельный участок, допустило скупку земельных долей у населения по заниженным ценам, не обеспечило прозрачность передачи в аренду земель сельскохозяйственного назначения, находящихся в государственной, региональной и муниципальной собственности.

Оставаясь крупнейшим земельным собственником, государство не инициирует процессы формирования механизмов официального признания обременения земель, установления земельных сервитутов и введения обязательности сервитутных платежей. Отсутствуют единые методики определения соразмерной компенсации за обременение продуктивных земель, обеспечивающие баланс интересов землевладельцев и субъектов, инициирующих данное обременение. Не обоснованы механизмы реинвестирования средств, полученных государством как собственником земли в виде сервитутных платежей, в воспроизводство земельных ресурсов (большая часть земель, используемых сельскохозяйственными организациями, находятся в государственной и муниципальной собственности и были предоставлены им на правах пользования или аренды). Не определен порядок получения сервитутных платежей за обременение земельных участков, собственность на которые не разграничена (земельные массивы, представляющие собой совокупность земельных долей без выделения их в натуре).

Библиографический список

1. Бухтояров Н.И. Организационно-экономический механизм регулирования земельных отношений в аграрной сфере / Н.И. Бухтояров. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2017. – 134 с.
2. Бухтояров Н.И. К вопросу о сущности механизма регулирования земельных отношений / Н.И. Бухтояров // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2016. – № 4 (12). – С. 30–39.
3. Волкова Т.В. Земельная политика: понятие и основные признаки / Т.В. Волкова // Правовая политика и правовая жизнь. – 2017. – № 3. – С. 59–64.
4. Галиновская Е.А. Теоретические и методологические проблемы земельных правоотношений / Е.А. Галиновская. – Москва : Инфра-М, 2009. – 320 с.
5. Гартин Ю.А. Современное состояние и перспективы развития земельных сервитутов в российском гражданском законодательстве / Ю.А. Гартин // Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского. – 2012. – № 28. – С. 95–100.
6. Демидов П.В. Стратегическое управление землями сельскохозяйственного назначения: сущность, принципы и оценка эффективности / П.В. Демидов, А.В. Улезько // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2018. – № 2 (57). – С. 237–247.
7. Дугина Т.А. Развитие земельных отношений в сельском хозяйстве России / А.Т. Дугина // Российское предпринимательство. – 2014. – № 2 (248). – С. 78–85.
8. Козлов Д.В. Земельный сервитут в современном российском праве / Д.В. Козлов // Вопросы российского и международного права. – 2016. – № 9. – С. 258–266.
9. Козлова Е.В. Соразмерная плата за сервитут / Е.В. Козлова // Имущественные отношения в РФ. – 2015. – № 4 (163). – С. 62–67.
10. Лепке О.Б. Организационно-экономические и правовые аспекты развития и регулирования земельно-сервитутных отношений в сельскохозяйственном землепользовании / О.Б. Лепке // Экономика. Труд. Управление в сельском хозяйстве. – 2012. – № 4 (13). – С. 6–12.
11. Липски С.А. К вопросу о сущности и характере современных аграрно-земельных отношений / С.А. Липски, И.И. Рязанцев // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 68. – С. 48–54.
12. Мамонтов В.Д. Земельные сервитуты: практика оценки соразмерной платы / В.Д. Мамонтов, В.Ю. Сутягин, Я.Ю. Радюкова // Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. – 2015. – № 2 (142). – С. 46–54.
13. Пашута А.О. Стратегические направления совершенствования системы земельных отношений / А.О. Пашута, М.П. Солодовникова // Современная экономика: проблемы и решения. – 2015. – № 5 (65). – С. 105–112.
14. Северина Ю.Н. Особенности агропродовольственного комплекса как объекта управления / Ю.Н. Северина, А.В. Улезько // Экономика сельского хозяйства России. – 2017. – № 9. – С. 54–61.
15. Сервитутные отношения в Российской Федерации / Б.А. Воронин, Я.В. Воронина, А.А. Секачева, В.Н. Капицкий // Аграрное образование и наука. – 2016. – № 4. – С. 22.
16. Улезько А.В. Особенности организации инновационных процессов в агропродовольственном комплексе / А.В. Улезько, В.В. Реймер, А.П. Курносков // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2015. – № 4 (47). – С. 218–227.
17. Хлыстун В.Н. О необходимых мерах по созданию эффективной системы регулирования земельных отношений и организации рационального использования и охраны земель в Российской Федерации / В.Н. Хлыстун // Аналитический вестник Совета Федерации ФС РФ. – 2016. – № 24 (623). – С. 33–38.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ**Принадлежность к организации**

Юлия Юрьевна Юрикова – соискатель кафедры землеустройства и ландшафтного проектирования ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Российская Федерация, г. Воронеж, e-mail: yurikowa2014@mail.ru.

Дата поступления в редакцию 06.08.2018

Дата принятия к печати 03.09.2018

AUTHOR CREDENTIALS**Affiliations**

Yuliya Yu. Yurikova – Candidate Degree-Seeking Student, the Dept. of Land Survey and Landscaping, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russian Federation, Voronezh, e-mail: yurikowa2014@mail.ru.

Received August 06, 2018

Accepted September 03, 2018

**СОВЕТЫ ПО ЗАЩИТЕ ДОКТОРСКИХ И КАНДИДАТСКИХ ДИССЕРТАЦИЙ,
СОЗДАННЫЕ 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, 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 кафедры растениеводства, кормопроизводства и агротехнологий.

Заместитель председателя – Дедов Анатолий Владимирович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой земледелия и агроэкологии.

Ученый секретарь – Ващенко Татьяна Григорьевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры селекции и семеноводства.

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, профессор кафедры математики и физики;

Тарасенко Александр Павлович, доктор технических наук, 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, зав. кафедрой агрохимии и почвоведения.

Заместитель председателя – Житин Юрий Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры земледелия и агроэкологии.

Ученый секретарь – Кольцова Ольга Михайловна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия и агроэкологии.

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

Журнал принимает к публикации материалы, содержащие результаты оригинальных, ранее не опубликованных и не направленных для публикации в другие издания законченных исследований, освещающих проблемы АПК, достижения в области агрономии, агрохимии, биологических и химических наук, ветеринарной медицины, зоотехнии, почвоведения, селекции и биотехнологии, технологии хранения, переработки и качества сельскохозяйственной продукции, экологии, экономики.

Предлагаемые к опубликованию материалы должны соответствовать основным научным направлениям журнала по следующим отраслям наук или группам специальностей научных работников:

05.00.00 – Технические науки (технология продовольственных продуктов; процессы и машины агроинженерных систем);

06.00.00 – Сельскохозяйственные науки (агрономия; ветеринария и зоотехния);

08.00.00 – Экономические науки.

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 системам Антиплагиат и Etxt.

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 печатном (1 экз.) и 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 А4). 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. Абдулаева**
Компьютерная верстка **Е.В. Корнова**

Дата выхода в свет 15.10.2018 г.

Подписано в печать 28.09.2018 г. Формат 60x84¹/₈
Бумага офсетная. Объем 32,4 п.л. Гарнитура Times New Roman.
Тираж 1100 экз. Заказ № 18502
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