

ISSN 2073-7599 (print)
ISSN 2618-6748 (online)

Сельскохозяйственные машины и технологии

AGRICULTURAL MACHINERY AND TECHNOLOGIES

Том 16 N2 2022

Vol. 16 N2 2022

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

SCIENTIFIC-THEORETICAL JOURNAL



2 2022





Сельскохозяйственные МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИИ

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Журнал зарегистрирован
Федеральной службой по надзору
в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций
(РОСКОМНАДЗОР)
Свидетельство ПИ № ФС77-68608
от 3 февраля 2017 г.

Журнал включен в перечень изданий,
рекомендованных ВАК РФ для публика-
ции трудов соискателей ученых степе-
ней кандидата и доктора наук

Журнал включен
в Российский индекс
научного цитирования (РИНЦ)

Полные тексты статей
размещены на сайте электронной
научной библиотеки: <http://elibrary.ru>

Охраняется законом РФ № 5351-1
«Об авторском праве и смежных правах»
от 9 июля 1993 года. Контент распростра-
няется под лицензией Creative Commons
Attribution 4.0 License. Нарушение закона
будет преследоваться в судебном порядке.

НАД НОМЕРОМ РАБОТАЛИ:

В.В. Бижаяев,
Л.А. Горелова,
С.В. Гришуткина,
Р.М. Нурбагандова

Перевод – Светлана Сорокина

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

109428, Москва,
1-й Институтский проезд, 5
Телефоны: (499) 174-88-11
(499) 174-89-01

<http://www.vimsmit.com>
e-mail: smit@vim.ru

© ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, 2022

Отпечатано в ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
Формат 205 x 290 мм
Подписано в печать 16.06.2022
Тираж 500 экз.

Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ АГРОИНЖЕНЕРНЫЙ ЦЕНТР ВИМ»

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Андрей Юрьевич Измайлов

доктор технических наук, профессор, академик Российской академии наук, член Президиума Российской академии наук, директор Федерального научного агроинженерного центра ВИМ, Москва, Российская Федерация, https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=527153

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Яков Петрович Лобачевский (ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА)

доктор технических наук, профессор, академик Российской академии наук, первый заместитель директора Федерального научного агроинженерного центра ВИМ, Москва, Российская Федерация, https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=369308

Дорохов Алексей Семенович

доктор технических наук, профессор, академик Российской академии наук, заместитель директора по научно-организационной работе Федерального научного агроинженерного центра ВИМ, Москва, Российская Федерация, https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=550644

Михаил Никитьевич Ерохин

доктор технических наук, профессор, академик Российской академии наук, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, Москва, Российская Федерация, https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=626708

Юрий Анатольевич Иванов

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик Российской академии наук, директор Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства, г. Подольск, Российская Федерация, https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=672993

Йошисукэ Кишида

академик, Президент компании «Шин-Норинша», г. Токио, Япония

Юрий Федорович Лачуга

доктор технических наук, профессор, академик Российской академии наук, академик-секретарь Отделения сельскохозяйственных наук Российской академии наук, Москва, Российская Федерация, https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=365637

Антонин Махалец

доктор технических наук, директор Научно-исследовательского института сельскохозяйственной техники, г. Прага, Чешская Республика

Владимир Дмитриевич Попов

доктор технических наук, профессор, академик Российской академии наук, руководитель научного направления Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства, Санкт-Петербург, Российская Федерация, https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=684252

Синьминь Лю

профессор, ректор Циндаоского аграрного университета, г. Циндао, Китайская Народная Республика

Жарылкасын Сарсембекович Садыков

доктор технических наук, профессор, директор Научно-исследовательского института агроинженерных проблем и новых технологий Казахского национального агроуниверситета, г. Алматы, Республика Казахстан

Даврон Рустамович Норчаев

доктор технических наук, старший научный сотрудник, руководитель лаборатории «Механизации садоводства и овощеводства» Научно-исследовательского института механизации сельского хозяйства Республики Узбекистан, г. Карши, Кашкадарьинская область, Республика Узбекистан

Юлия Сергеевна Ценч

доктор технических наук, доцент, заместитель директора по образовательной и редакционно-издательской деятельности Федерального научного агроинженерного центра ВИМ, Москва, Российская Федерация, https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=816741

Вячеслав Иванович Черноиванов

доктор технических наук, профессор, академик Российской академии наук, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация, https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=552570

Роман Алексеевич Фандо

доктор исторических наук, директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова Российской академии наук, Москва, Российская Федерация, https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=124382



SCIENTIFIC-THEORETICAL JOURNAL

The journal is registered by Federal Agency for Supervision of Legislation Observance of Mass Communications Sphere and Cultural Heritage Protection Certificate ПИ No. ФС77-68608 from February, 3, 2017

The Journal is included in the list of peer-reviewed scientific publications recommended by the Higher Attestation Commission for publishing the research results from theses for Ph.D. and Dr.Sc. degrees.

The journal is included in the Russian Index of Scientific Citation (RISC).

Full texts of articles are placed on the website of electronic library: elibrary.ru

Protected by the Russian Federal Law RF №5351-1 "On Copyright and Related Rights" dated July 9, 1993. Content is distributed under Creative Commons Attribution 4.0 License. Violations are subject to prosecution.

EXECUTIVE EDITORS:

Bizhaev V.V.,
Gorelova L.A.,
Grishutkina S.V.,
Nurbagandova R.M.
Translation into English –
Svetlana Sorokina

EDITORIAL OFFICE'S ADDRESS

109428, Moscow,
1st Institutskiy proezd, 5
Tel.: +7 (499) 174-88-11
+7 (499) 174-89-01

<http://www.vimsmi.com>
e-mail: smit@vim.ru

Printed by FSAC VIM
Russian Academy of Science

The format is 205 × 290 mm
The issue was submitted 16.06.2022
The circulation is 500 copies

[SEL'SKOKHOZYAYSTVENNYE MASHINY I TEKHNologii]

Founder and publisher: Federal State Budgetary Scientific Institution
"Federal Scientific Agroengineering Center VIM" of the Russian Academy of Sciences

EDITOR-IN-CHIEF

Andrey Yu. Izmaylov

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Member of the Russian Academy of Sciences, Academic Board Member of the Russian Academy of Sciences, Director of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

EDITORIAL BOARD

Yakov P. Lobachevskiy (SCIENTIFIC EDITOR)

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Member of the Russian Academy of Sciences, First Deputy Director of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Aleksey S. Dorokhov

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Member of the Russian Academy of Sciences, Deputy Director for Scientific and Organizational Work of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Mikhail N. Erokhin

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Member of the Russian Academy of Sciences, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Yuriy A. Ivanov

Dr.Sc.(Agr.), Professor, Member of the Russian Academy of Sciences; Director of the All-Russian Scientific and Research Institute of Livestock Mechanization, Podolsk, Russian Federation

Yoshisuke Kishida

Academician, President Shin-Norinsha Co., LTD, Tokyo, Japan

Yuriy F. Lachuga

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Member of the Russian Academy of Sciences, Academician Secretary of Department of Agricultural Sciences at the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

Antonin Makhalek

Dr.Sc.(Eng.), Director of the Agricultural Machinery Research Institute, Prague, Czech Republic

Vladimir D. Popov

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Member of the Russian Academy of Sciences, Head of the Research Direction of the Institute of Agroengineering and Environmental Problems of Agricultural Production, St.Peterburg, Russian Federation

Xinmin Liu

Professor, Rector of Qingdao Agricultural University, Qingdao, People's Republic of China

Zharylkasyn S. Sadykov

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Director of Research Institute of Agroengineering Problems and New Technologies, Kazakh National Agrarian University, Almaty, Republic of Kazakhstan

Davron R. Norchaev

Dr.Sc.(Eng.), Senior Researcher, Head of the «Mechanization of Horticulture and Vegetable Growing» Laboratory of the Scientific Research Institute of Agricultural Mechanization of the Republic of Uzbekistan, Karshi city, Kashkadarya region, Republic of Uzbekistan

Yuliya S. Tsench

Dr.Sc.(Eng.), Associate Professor, Deputy Director for Educational, Editorial and Publishing Activities of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Vyacheslav I. Chernouvanov

Dr.Sc.(Eng.), Professor, Member of the Russian Academy of Sciences, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Roman A. Fando

Dr.Sc.(Hist.), Director of the Federal State Budgetary Institution of Science S.I. Vavilov Institute of History of Natural Science and Technology of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation



ИСТОРИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ

- Ценч Ю.С.**
Научно-технический потенциал как главный фактор развития механизации сельского хозяйства 4

ТЕХНИКА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ПОСЕВА

- Федоренко В.Ф., Петухов Д.А., Свиридова С.А., Юзенко Ю.А., Назаров А.Н.**
Эффективность применения прямого посева и минимальной обработки почвы при возделывании кукурузы на зерно 14

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Ронжин А.Л., Савельев А.И.**
Системы искусственного интеллекта в решении задач цифровизации и роботизации агропромышленного комплекса 22

МОБИЛЬНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА

- Лавров А.В., Воронин В.А., Сидоров М.В., Пехальский И.А.**
Тяговый расчет модульного энерготехнологического средства с учетом кинематического несоответствия привода ведущих осей 30
- Парлюк Е.П., Куриленко А.В.**
Методика расчета масляных радиаторов автотракторной техники 37

ТЕХНИКА ДЛЯ РАСТЕНИЕВОДСТВА

- Новиков Э.В., Алтухова И.Н., Безбабченко А.В.**
Обоснование линии для первичной переработки технической конопли в пеньку однотипную неориентированную 43
- Жураев Ф.У., Рузикулов К.И., Уринов Э.Ф.**
Обоснование параметров измельчителя минеральных удобрений в бункере чизеля-культиватора 50
- Чаплыгин М.Е., Шайхов М.М., Чулков А.С., Подзоров А.В.**
Определение показателей ленто-кассетного высевающего устройства для селекционного посева зерновых культур колосьями 56
- Кем А.А., Михальцов Е.М., Чекусов М.С., Шмидт А.Н.**
Сеялка для разноглубинного посева зерновых и внесения минеральных удобрений 62

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

- Юфев Л.Ю.**
Применение энергосберегающего ультрафиолетового электрооборудования в сельском хозяйстве 69
- Джибилов С.М., Гулуева Л.Р.**
Блок-модуль для поверхностного внесения биопрепаратов на горные луга и пастбища . . . 76

ИННОВАЦИИ

- Жалнин Э.В., Зубина В.А.**
Обоснование типовых сельскохозяйственных территорий для разработки региональных систем машин 82
- Коротченя В.М.**
Принципы формирования инновационной системы для АПК России: создание основы коммерциализации научно-технических разработок 90

HISTORY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

- Tsench Yu.S.**
Scientific and technological potential as the main factor in the development of agricultural mechanization 4

SOIL TILLAGE EQUIPMENT AND SOWING

- Fedorenko V.F., Petukhov D.A., Sviridova S.A., Yuzenko Y.A., Nazarov A.N.**
The effectiveness of no-till sowing and minimal tillage in the cultivation of corn for grain 14

DIGITAL TECHNOLOGIES

- Ronzhin A.L., Savel'ev A.I.**
Artificial intelligence systems for solving problems of agroindustrial complex digitalization and robotization 22

MOBILE ENERGY UNITS

- Lavrov A.V., Voronin V.A., Sidorov M.V., Pekhalskiy I.A.**
Traction calculation for modular energotechnological unit given kinematic mismatch of driving axles 30
- Parlyuk E.P., Kurilenko A.V.**
Methodology for calculating automotive oil radiator 37

MACHINERY FOR PLANT GROWING

- Novikov E.V., Altukhova I.N., Bezbabchenko A.V.**
Substantiation of the line for the primary processing of industrial hemp into hemp of the same type undirected 43
- Zhuraev F.U., Ruzikulov K.I., Urinov E.F.**
Substantiation of the parameters for the grinder of mineral fertilizers in the chisel-cultivator hopper 50
- Chaplygin M.E., Shaykhov M.M., Chulkov A.S., Podzorov A.V.**
Specifying the indicators of a breeding tape-cassette sowing device for sowing grain crops by ears 56
- Kem A.A., Mikhaltsov E.M., Chekusov M.S., Shmidt A.N.**
Seeder for different depths of grain sowing and mineral fertilizers application 62

NEW MACHINERY AND TECHNOLOGIES

- Yuferev L.Yu.**
The use of energysaving ultraviolet electrical equipment in agriculture 69
- Dzhibilov S.M., Gulueva L.R.**
Block-module for the surface application of biologics to mountain meadows and pastures . . 76

INNOVATION

- Zhalnin E.V., Zubina V.A.**
Substantiation of typical agricultural areas as a methodological basis for the development of regional machine systems 82
- Korotchenya V.M.**
Principles of building an innovation system for the agroindustrial complex of Russia: creating the basis for the commercialization of scientific and technical projects 90

Научно-технический потенциал как главный фактор развития механизации сельского хозяйства

Юлия Сергеевна Ценч,
доктор технических наук,
ведущий научный сотрудник,
e-mail: vimasp@mail.ru

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. Показали, что приоритетным направлением научно-технологического развития агропромышленного комплекса должен стать переход к передовым цифровым, интеллектуальным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, к искусственному интеллекту. Отметили важность дальнейшей эволюции агроинженерной науки и образования, сотрудничества агроинженерных учреждений, инновационных подходов и решений, отражающих современное состояние и направления развития агропромышленного комплекса. Обосновали актуальность исследования опыта становления и развития системы агроинженерных научных институтов, агроинженерных вузов, машиноиспытательных станций, совместная скоординированная деятельность которых позволила сформировать мощный научно-технический потенциал, выстроить многопрофильное комплексное агроиндустриальное производство и обеспечить продовольственную безопасность страны. (*Цель исследования*) Выявить общие эволюционные факторы развития специализированных инфраструктурных учреждений, особенности формирования научной агроинженерной платформы для создания отечественных систем и комплексов сельскохозяйственных машин. (*Материалы и методы*) Установили хронологические рамки исследования, отметив особенности трех основных периодов последнего столетия. Охарактеризовали реформы агроинженерных научных и образовательных учреждений. (*Результаты и обсуждение*) Исследованы и выявлены эволюционные факторы становления агроинженерных вузов, научных учреждений, машиноиспытательных станций в 1920-2020 годах. (*Выводы*) Доказали, что сформированный и непрерывно развивающийся научно-технический потенциал стал основой для создания систем высокоэффективных сельскохозяйственных машин и оборудования, способствовал превращению сельского хозяйства в высокоэффективное механизированное производство и обеспечил продовольственную безопасность страны.

Ключевые слова: интеллектуальное сельское хозяйство, эволюционные факторы, научно-техническая платформа механизации сельского хозяйства, потенциал агроинженерной науки, агроинженерные инфраструктурные учреждения, машиноиспытательные станции.

Для цитирования: Ценч Ю.С. Научно-технический потенциал как главный фактор развития механизации сельского хозяйства // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022. Т. 16. №2. С. 4-13. DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-4-13. EDN BRHXCU.

Scientific and Technological Potential as the Main Factor for Agricultural Mechanization Development

Yuliya S. Tsench,
Dr.Sc.(Eng.), leading researcher,
e-mail: vimasp@mail.ru

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. The priority direction for the scientific and technological development of the agro-industrial complex is shown to be the transition to advanced digital smart technologies, robotic systems, new materials and design methods, to artificial intelligence. The importance of further evolution is noted for such areas as agro-engineering science and education, cooperation of agro-engineering institutions, innovative approaches and solutions that reflect the current state and tendencies in the development of the agro-industrial complex. The relevance is substantiated for studying the experience of the foundation and development of a system of agro-engineering scientific institutes, agro-engineering universities, machine trial stations, whose coordinated activity made

it possible to form a powerful scientific and technological potential, build a multi-profile integrated agro-industrial production and ensure the country's food security. (*Research purpose*) To identify the general evolutionary factors in the development of specialized infrastructure institutions, the key development features of a scientific agro-engineering platform for creating the domestic systems and complexes of agricultural machines. (*Materials and methods*) Established the chronological framework of the study, noting the features of the three main periods of the last century. Characterized the reforms of agroengineering scientific and educational institutions. (*Results and discussion*) The evolutionary factors of the formation of agroengineering universities, scientific institutions, machine testing stations in 1920-2020 are investigated and identified. (*Conclusions*) It is proved that the formed and continuously developing scientific and technological potential became the basis for creating the systems of highly efficient agricultural machinery and equipment, contributed to the agriculture transformation into a highly efficient mechanized production and ensured the country's food security.

Keywords: smart agriculture, evolutionary factors, scientific and technological platform of agricultural mechanization, potential of agro-engineering science, agro-engineering infrastructure institutions, machine trial stations.

For citation: Tsench Yu.S. Nauchno-tekhnicheskiy potentsial kak glavnyy faktor razvitiya mekhanizatsii sel'skogo khozyaystva [Scientific and technological potential as the main factor in the development of agricultural mechanization]. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2022. Vol. 16. N2. 4-13 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-4-13. EDN BRHXCU.

Приоритетным направлением научно-технологического развития агропромышленного комплекса должен стать переход к передовым цифровым, интеллектуальным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, к искусственному интеллекту [1-4].

Реализация такого перехода способствует созданию «умного», или «интеллектуального» сельского хозяйства, резкому повышению эффективности производства сельскохозяйственной продукции, улучшению условий труда и безопасности персонала и окружающей среды [5-8].

Поэтому, на наш взгляд, необходимы дальнейшая эволюция агроинженерной науки и образования, укрепление сотрудничества агроинженерных учреждений, изыскание инновационных подходов и решений, отражающих современное состояние и направления развития экономики и нашей страны в целом.

В этой связи актуально исследование опыта становления и развития системы агроинженерных научных институтов, вузов, машиноиспытательных станций [11-14]. Их совместная скоординированная деятельность позволила сформировать мощный научно-технический потенциал, выстроить многопрофильное комплексное агроиндустриальное производство и обеспечить продовольственную безопасность страны [12, 13].

Цель исследования – выявление общих эволюционных факторов развития агроинженерных инфраструктурных учреждений, особенностей формирования научной агроинженерной платформы для создания отечественных систем и комплексов сельскохозяйственных машин.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Логика проведенного исследования потребовала определения характерных временных периодов (табл. 1). Выделенные перио-

ды имеют особые черты, существенным образом отличаются друг от друга экономическими, социальными и технологическими факторами [8].

ХРОНОЛОГИЧЕСКИЕ РАМКИ ИССЛЕДОВАНИЯ CHRONOLOGICAL FRAMEWORKS OF THE RESEARCH	
Периоды Time periods	Факторы Features
Первый First 1920-1941 гг.	Восстановление разрушенного хозяйства, становление плановой экономики, создание крупного социалистического производства, программы индустриализации и коллективизации Economic restructuring, establishment of a planned economy, development of large-scale socialist production, industrialization and collectivization programs
Второй Second 1945-1991 гг.	Интенсивное развитие всех сфер социально-экономической жизни страны, создание агропромышленного комплекса, комплексная механизация сельского хозяйства Intensive development of all spheres of the country's socio-economic life, development of an agro-industrial complex, complex mechanization of agriculture
Третий Third 1991-2021 гг.	Изменение социально-экономических отношений, становление рыночной экономики, приватизация сельскохозяйственных предприятий и заводов сельхозмашиностроения Changes in the socio-economic relations, establishment of a market economy, privatization of agricultural enterprises and agricultural engineering plants

Нашими исследованиями установлено, что задачи и инфраструктура агроинженерной науки и образования в эти периоды принципиально различались.

На первом этапе организованы первые агроинженерные вузы, научные институты (НИИ) и машиноиспытательные станции (МИС) – при чрезвычайном дефиците ресурсов, в очень трудных условиях предвоенного подъема страны.

Второй период отмечен плановым комплексным развитием системы агроинженерных вузов, НИИ и МИС.

Для третьего характерны реформирование и развитие этих агроинженерных учреждений в условиях рыночной экономики [14, 15].

Социально-экономические отношения последних 30 лет привели к серьезному реформированию российской агроинженерной науки и образования [9-11]. Многие прежние связи между научными, образовательными и производственными организациями оказались нарушенными.

Система агроинженерных вузов распалась, некоторые региональные НИИ и машиноиспытательные станции были ликвидированы (табл. 2). Заводы сельхозмашиностроения оказались без научно-технического сопровождения [14].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Исследованы и выявлены эволюционные факторы становления агроинженерных вузов, научных учреждений, машиноиспытательных станций в 1920-2020 гг. (табл. 3).

Таблица 2		Table 2	
РЕФОРМЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ НАУЧНЫХ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ (1991-2021 годы) REFORMS OF AGRO-ENGINEERING SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL INSTITUTIONS (1991-2021)			
Учреждения / Institutions		Реформы / Reforms	
Агроинженерные вузы Agroengineering universities		Слияние с сельскохозяйственными университетами Integration with agricultural universities	
Агроинженерные научно-исследовательские учреждения Agroengineering research institutions		Объединение, переподчинение, частичная ликвидация Integration, control transfer, partial liquidation	
Машиноиспытательные станции Machine trial stations		Частичная ликвидация Partial liquidation	
Россельхозакадемия, отделение механизации и электрификации сельского хозяйства The Russian Academy of Agriculture Sciences, branch of mechanization, electrification and automation of agriculture		Слияние с Российской академией наук Integration with the Russian Academy of Agriculture Sciences	

Таблица 3			Table 3		
ЭВОЛЮЦИОННЫЕ ФАКТОРЫ СОЗДАНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА EVOLUTIONARY FACTORS IN THE CREATION OF A SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL PLATFORM FOR AGRICULTURAL MECHANIZATION					
Внутренние факторы становления научно-технической платформы Internal factors in the formation of a scientific and technological platform					
Агроинженерные вузы agroengineering universities		Научно-исследовательские учреждения research institutions		Машиноиспытательные станции machine trial stations	
1920-1941 годы <i>Внешние эволюционные факторы, характерные для исторического периода: становление плановой экономики; план ГОЭЛРО; коллективизация; индустриализация; создание крупного социалистического производства</i> <i>External evolutionary factors typical of the historical period: establishment of a planned economy; GOELRO plan; collectivization; industrialization; development of large-scale socialist production</i>					
Размещение агроинженерных вузов в перспективных развивающихся регионах РФ с учетом особенностей почвенно-климатических, агротехнических и производственных условий Locating agroengineering universities in the promising regions of the Russian Federation, taking into account the peculiarities of the soil, climatic, agrotechnical and production conditions		Создание мощного фундамента агроинженерной науки; принятие первых законов и нормативных актов по механизации сельского хозяйства и сельскохозяйственному машиностроению Building a powerful foundation of agro-engineering science; adopting first laws and regulations on the mechanization of agriculture and agricultural engineering		Создание методических основ машиноиспытаний, заложенных академиком В.П. Горячкиным, и их использование на первых машиноиспытательных станциях страны в 1905-1917 и 1920-1930 гг. Developing the fundamentals of the machine testing methodology, laid down by Academician V.P. Goryachkin, using it at the country's first machine trial stations in the periods of 1905-1917 and 1920-1930	
Использование местных ресурсов для обеспечения учебного процесса: машиностроительных заводов, сельскохозяйственных предприятий, конструкторских бюро, опытных станций, МТС и т.п. Using local resources to facilitate the educational process: machine-building plants, agricultural enterprises, design bureaus, experimental stations, machine tractor stations (MTS), etc.		Создание Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В.И. Ленина (ВАСХНИЛ) и в ней – секции механизации сельского хозяйства, руководителями которой в довоенный период были академики В.П. Горячкин (1935 г.) и М.С. Сиваченко (1935-1943 гг.) Establishing the Lenin All-Union Academy of Agricultural Sciences (VASKhNIL) and its agriculture mechanization section, whose leaders in the pre-war period were Academicians V.P. Goryachkin (1935) and M.S. Sivachenko (1935-1943)		Создание первой машиноиспытательной станции В.П. Горячкиным Establishing the first machine trial station by V.P. Goryachkin	

<p>Привлечение преподавателей из машиностроительных институтов, классических университетов, ведущих ученых-исследователей, инженеров, специалистов-практиков сельхозпроизводства</p> <p>Engaging teachers of engineering institutes, classical universities, leading researchers and scientists, engineers, agricultural practitioners</p>	<p>Создание и быстрое развитие первых научных школ в области агроинженерной науки, которыми руководили выдающиеся ученые: В.П. Горячкин, Д.Д. Арцыбашев, И.И. Артоболевский, М.С. Сиваченко, В.Н. Болтинский, В.А. Желиговский, М.Н. Летошнев, Б.С. Свиричевский, М.Х. Пигулевский, М.Г. Евреинов, Д.К. Карельских, Е.Д. Львов, Б.А. Линтварев, В.Ю. Ган, М.В. Сабликов</p> <p>The establishment and rapid development of the first scientific agroengineering schools, headed by the outstanding scientists: V.P. Goryachkin, D.D. Artsybashev, I.I. Artobolevskiy, M.S. Sivachenko, V.N. Boltinskiy, V.A. Zheligovskiy, M.N. Letoshnev, B.S. Svirshchevskiy, M.Kh. Pigulevskiy, M.G. Evreinov, D.K. Karelskikh, E.D. Lvov, B.A. Lintvarev, V.Yu. Gan, M.V. Sablikov</p>	<p>Внесение огромного вклада в организационную и научно-методическую деятельность первых МИС российскими учеными: Д.Д. Арцыбашевым, В.П. Горячкиным, Ю.А. Вейсом, В.Ю. Ганом, К.И. Дебу, Г.А. Латышевым, С.Н. Лениным, К. Шиндлером, А.А. Барановским, М.Х. Пигулевским, Б.А. Линтваревым, А.Б. Трейвасом. Создание союзной, а затем Российской системы государственных испытаний сельскохозяйственных машин</p> <p>A huge contribution to the organizational, scientific and methodological activities of the first machine trial stations by the Russian scientists: D.D. Artsybashev, V.P. Goryachkin, Yu.A. Weiss, V.Yu. Gan, K.I. Debu, G.A. Latsyshev, S.N. Lenin, K. Schindler, A.A. Baranovskiy, M.Kh. Pigulevskiy, B.A. Lintvarev, A.B. Treivas. Creating the federal, and then the Russian system of state testing of agricultural machines</p>
<p>Становление научных школ в области теории сельскохозяйственных машин, технического и энергетического обеспечения сельского хозяйства</p> <p>Development of scientific schools in the theory of agricultural machines, technical and energy support of agriculture</p>	<p>Разработка и постановка на производство первых отечественных пахотных и пропашных тракторов, комбайнов, почвообрабатывающих, посевных и других важнейших сельскохозяйственных машин</p> <p>Development and putting into production of the first domestic arable and tilled tractors; harvesters; soil-cultivating, sowing and other important agricultural machines</p>	<p>Принятие в период становления и стремительного развития сельскохозяйственного машиностроения и механизации сельского хозяйства в 1930-1941 гг. тактики ускоренных испытаний техники временными комиссиями на базе существующих научных, учебных и производственных организаций. В этот период основной действующей базой для проведения полевых испытаний и исследований техники служила научно-исследовательская машиноиспытательная станция (НИМИС), располагавшаяся в южной степной зоне страны (г. Зерноград Ростовской области)</p> <p>Создание оригинальных методик, приборов и инструментов для проведения лабораторно-полевых испытаний всех групп сельскохозяйственных машин и оборудования</p>
<p>Получение студентами навыков рабочих профессий (тракторист, комбайнер, водитель-электрик)</p> <p>Obtaining by students the skills of working professions (tractor driver, harvester operator, driver- electrician)</p>	<p>Разработка основ теории, издание первых фундаментальных научных трудов и учебников по сельскохозяйственным машинам, процессам механизации и электрификации сельского хозяйства, применению сельскохозяйственных машин и электрической энергии в сельском хозяйстве</p> <p>Development of the theory fundamentals, publication of the first seminal scientific works and textbooks on agricultural machines, the processes of agriculture mechanization and electrification, the use of agricultural machines and electrical energy in agriculture</p>	<p>Temporary commissions' adoption of the tactics for the equipment accelerated testing based on the existing scientific, educational and industrial organizations during the period of the formation and rapid development of agricultural engineering and agricultural mechanization in 1930-1941.. During this period, the main operating base for the equipment field testing and research was the research machine trial station (NIMIS), located in the southern steppe zone of the country (Zernograd, Rostov region)</p> <p>Development of original methods, devices and tools for laboratory and field testing of all groups of agricultural machinery and equipment</p>
<p>Совмещение учебы и производственной деятельности студентов агроинженерных вузов на машиностроительных заводах и сельскохозяйственных предприятиях</p> <p>Combining agroengineering students' studying and production activities at machine-building plants and agricultural enterprises</p>	<p>Основание новых научных направлений и дисциплин: земледельческой механики; теории сельскохозяйственных машин; теории тракторов и автомобилей; механической технологии сельскохозяйственных материалов; эксплуатации машинно-тракторного парка; применения электрической энергии в сельском хозяйстве; организации и технологии ремонта машин</p> <p>Developing new scientific areas and subjects: agricultural mechanics; theories of agricultural machines; theories of tractors and automobiles; mechanical technology of agricultural materials; machine and tractor fleet operation; application of electric energy in agriculture; machine repair and maintenance technology</p>	<p>Создание системы испытаний сельскохозяйственной техники в механизированном аграрном производстве России как специфического научно-методического и информационного инструмента государственного уровня, направленного на апробацию, исследование, выявление работоспособности, функциональности, безопасности, определение наиболее предпочтительных образцов техники для постановки на производство, контроль качества серийной техники</p> <p>Developing a testing system for agricultural machinery used in the mechanized agricultural production of Russia and using it at the state level as a specific scientific, methodological and information tool aimed at testing, examining and identifying machine working capacity, functionality and safety; determining the most preferred models for production; standard machinery quality control</p>
<p>Формирование источника социального и культурного развития в агроинженерных вузах сельскохозяйственных регионов страны</p> <p>Creating a center of social and cultural development in agroengineering universities of the country's agricultural regions</p>	<p>Создание первых научно-исследовательских институтов в области механизации сельского хозяйства и сельскохозяйственного машиностроения (ВИМ, ВИЭСХ, ВИСХОМ, НАТИ, НАМИ)</p> <p>Establishing first research institutes in the field of agricultural mechanization and agricultural engineering (VIM, VIESH, VISHOM, NATI, NAMI)</p>	<p>Создание союзной, а затем Российской системы государственных испытаний сельскохозяйственных машин</p> <p>Creating the federal, and then the Russian state system of testing agricultural machines</p>

<p>1945-1991 годы Внешние эволюционные факторы, характерные для исторического периода: послевоенное восстановление народного хозяйства; развитие всех сфер социально-экономической жизни страны; укрупнение колхозов и совхозов; создание эффективного комплексно-аграрного производства; комплексная механизация сельского хозяйства; формирование агропромышленного комплекса External evolutionary factors typical of the historical period: post-war restoration of the national economy; development of all spheres of the country's socio-economic life; collective and state farms enlargement; creating an effective integrated agricultural production; complex mechanization of agriculture; creating an agro-industrial complex</p>		
<p>Завершение создания стройной системы агроинженерных институтов и факультетов механизации и электрификации сельского хозяйства Открытие Белорусского института механизации сельского хозяйства (БИМСХ) Finalizing the creation of a well-ordered system of agro-engineering institutes and faculties of agriculture mechanization and electrification Foundation of the Belarusian Institute of Agricultural Mechanization</p>	<p>Развитие научно-технической платформы и всех сфер механизации сельского хозяйства и сельскохозяйственного машиностроения: - формирование сети центральных и региональных научно-исследовательских агроинженерных институтов; - создание научно-технической базы для реализации комплексной механизации и электрификации сельскохозяйственного производства; - разработка и реализация Системы машин и технологий для растениеводства и животноводства; - создание и постановка на производство важнейших комплексов машин и оборудования для сельскохозяйственного производства и перерабатывающих отраслей - развитие научных школ в сфере механизации, электрификации сельскохозяйственного производства, технического сервиса и надежности машин; - подготовка учеными агроинженерных НИИ фундаментальных научных трудов, капитальных монографий, книг и учебников; - доведение уровня механизации большинства важнейших технологических процессов до 100%</p>	<p>Создание в 1948 г. в соответствии с Постановлением Совета Министров СССР системы государственных испытаний сельскохозяйственной техники Организация сети зональных государственных машиноиспытательных станций</p> <p>Creating a system of state tests for agricultural machinery in accordance with the Decree of the Council of Ministers of the USSR in 1948 Setting up a network of zonal state machine trial stations</p>
<p>Подготовка инженерных кадров для агропромышленного комплекса в 8 специализированных агроинженерных вузах, на 47 инженерных факультетах сельскохозяйственных вузов</p> <p>Создание факультетов заочного обучения и повышения квалификации Training the engineering personnel for the agro-industrial complex in 8 specialized agro-engineering universities, at 47 engineering faculties of agricultural universities</p> <p>Creating the faculties of distance learning and advanced training</p>	<p>Development of a scientific and technological platform and all areas of agricultural mechanization and agricultural engineering: - developing a network of central and regional research agro-engineering institutes; - creating a scientific and technological base for the implementation of complex mechanization and electrification of agricultural production; - developing and implementing the system of machines and technologies for crop and livestock production; - creating and producing the most important complexes of machines and equipment for agricultural production and processing industries; - development of scientific schools in the field of agricultural production mechanization and electrification, technical service and machine reliability; - preparing seminal scientific works, monographs, books and textbooks by scientists of agroengineering research institutes; - achieving a 100% level of mechanization for the most important technological processes</p>	<p>Придание Государственным испытаниям статуса важнейшего звена в системе создания и внедрения новейшей сельскохозяйственной техники Формирование научно обоснованных систем и принципов государственных испытаний, суть которых состоит в следующем: - зональный принцип оценки техники, согласно которому машины испытываются и оцениваются в тех почвенно-климатических зонах, для которых они предназначены; - сравнительный принцип испытаний; - единый методологический подход при проведении испытаний, основанный на комплексе разработанных нормативных и методических документов; - применение однотипного метрологического оборудования, информационного и программного обеспечения</p> <p>Giving the state tests the status of the most important link in the system of creating and implementing the latest agricultural machinery Creating scientifically substantiated systems and principles of state tests, whose essence is as follows: - the zonal principle of equipment assessment, according to which machines are tested and evaluated in the soil and climatic zones they are created for; - principle of comparative testing; - a unified methodological approach to testing, based on a set of regulatory and methodological documents - using one-type metrological equipment, and information software</p>
<p>Укрепление научных школ. Расширение аспирантуры и докторантуры. Развитие учебно-исследовательской инфраструктуры: отраслевых и проблемных лабораторий, вычислительных центров, патентных отделов, научно-технических библиотек Scientific schools strengthening. Postgraduate and doctoral studies expansion. Development of educational and research infrastructure: industry and problem laboratories, computer centers, patent departments, scientific and technical libraries</p>	<p>В Российской Федерации с 1991 года действовали 13 МИС, 2 отдела испытаний в НИИ, 14 опытных хозяйств, инженерный центр с опытным производством, научно-исследовательский институт по испытанию тракторов и сельхозмашин (КубНИИТИМ). Станции, располагавшиеся в бывших союзных республиках, продолжили свою деятельность самостоятельно In the Russian Federation, since 1991, there have been 13 MIS, 2 testing departments in research institutes, 14 experimental farms, an engineering center with pilot production, a research institute for testing tractors and agricultural machinery (KubNIITIM). The stations located in the former Soviet republics continued their activities independently</p>	
<p>Сотрудничество агроинженерных вузов с НИИ, МИС и крупными машиностроительными заводами Agroengineering universities' cooperation with scientific research institutes, machine trial stations and large machine-building plants</p>		

1991-2021 годы

Внешние эволюционные факторы, характерные для исторического периода: новые социально-экономические отношения; изменение системы государственного управления; становление рыночной экономики; акционирование и приватизация колхозов и совхозов, предприятий сельскохозяйственного машиностроения

External evolutionary factors typical of the historical period: new socio-economic relations; change in the system of public administration; the formation of a market economy; corporatization and privatization of collective and state farms, agricultural engineering enterprises

Переход на трехуровневую систему агроинженерного высшего образования
Укрепление и развитие материально-технической базы, создание профильных оснащенных лабораторий

Развитие научных исследований и учебно-исследовательской работы в области информатизации, цифровых технологий и искусственного интеллекта, нанотехнологий, компьютеризации: преобразование институтов механизации и электрификации сельского хозяйства в агроинженерные университеты (Московский, Челябинский, Саратовский) и агроинженерную академию (Азово-Черноморскую); последующее слияние агроинженерных вузов с крупными сельскохозяйственными университетами; активизация подготовки кандидатов и докторов наук; открытие и успешная работа диссертационных советов; создание базовых кафедр совместно с крупными НИИ и производственными предприятиями; углубление и развитие сотрудничества в области создания образовательных и исследовательских программ с иностранными университетами; создание профильных специализированных классов и лабораторий на базе крупных иностранных производственных компаний

С 2012 года подготовка агроинженерных кадров в магистратуре осуществляется в НИИ и научных центрах

Transition to a three-level system of agroengineering higher education Strengthening and development of the material and technical base, creating specialized highly equipped laboratories

Development of scientific investigation, educational and research work in the field of informatization, digital technologies and artificial intelligence, nanotechnologies, computerization: transformation of institutes of mechanization and electrification of agriculture into agroengineering universities (Moscow, Chelyabinsk, Saratov) and agroengineering Academy (Azov-Black Sea); subsequent merger of agroengineering universities with large agricultural universities; activation of the training of candidates and doctors of sciences; opening and successful work of dissertation councils; creation of basic departments together with large research institutes and manufacturing enterprises; deepening and development of cooperation in the field of educational and research programs with foreign universities; creation of specialized specialized classes and laboratories on the basis of large foreign manufacturing companies (Claes, Amazon, Querneland, John Deere, Eurotechnics, etc.).

Since 2012 the training of agroengineering personnel in the magistracy is also carried out at the Research Institute.

Создание 30 января 1992 г. Российской академии сельскохозяйственных наук (РАСХН, Россельхозакадемия), а в ее составе – Отделения механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства

Объединение в октябре 2013 г. в рамках реформы Российской академии наук (РАН) государственных академий – Российской академии медицинских наук (РАМН) и Россельхозакадемии с РАН. Россельхозакадемия преобразована в Отделение сельскохозяйственных наук РАН, в составе которого организована секция механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства

Создание в 2010 году Федерального научного агроинженерного центра ВИМ на базе института ВИМ. В результате реорганизации к ВИМу присоединены пять ведущих агроинженерных НИИ: ВИЭСХ, ГОСНИТИ, СЗ НИИПТИЭСХ, ВНИИМЖ, ВНИИПТИ (Санкт Петербург), ВНИИМЖ (Подольск), НИКПТИЖ (Рязань)

В настоящее время Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ является ведущим научно-исследовательским комплексом страны в области агроинженерной науки, создания механизированных и автоматизированных технологий и технических средств для агропромышленного комплекса страны. Основные направления научных исследований и разработок этого периода: создание высокопроизводительных энергосберегающих экологически безопасных машинных комплексов; автоматизированной и роботизированной техники для растениеводства и животноводства; машин и оборудования на альтернативных источниках энергии; инновационных методов технического сервиса техники

Establishing the Russian Academy of Agricultural Sciences (RAAS, Rosselkhozakademiya) on January 30, 1992 and- the Department of Mechanization, Electrification and Automation of Agricultural Production within it

In October 2013 the integration of the state academies: the Russian Academy of Medical Sciences (RAMS) and the Russian Agricultural Academy with the Russian Academy of Sciences under the reform of the Russian Academy of Sciences The Russian Academy of Agriculture transformation into the Department of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences, that included the section of mechanization, electrification and automation of agricultural production

Currently, the Federal Scientific Agroengineering Center VIM is the leading research complex of the country in the field of agroengineering science, the creation of mechanized and automated technologies and technical means for the agro-industrial complex of the country. The main directions of scientific research and development of this period: creation of high-performance energy-saving environmentally safe machine complexes; automated and robotic equipment for crop and livestock production; machinery and equipment based on alternative energy sources; innovative methods of technical service of equipment

В июле 1991 года Государственная комиссия по продовольствию и закупкам была упразднена. Совместным приказом Минсельхоза СССР, Госкомпрода СССР и Минсельхозпрода РСФСР машиноиспытательные станции, их опытные хозяйства, находящиеся на территории РСФСР, были переданы в ведение Главного управления материально-технического обеспечения АПК Минсельхозпрода РСФСР

In July 1991, the State Commission for Food and Procurement was abolished. By a joint order of the Ministry of Agriculture of the USSR, the State Committee of Labor of the USSR and the Ministry of Agriculture of the RSFSR, the machine testing stations and their experimental farms located on the territory of the RSFSR were transferred to the jurisdiction of the Main Department of Material and Technical Support of the Agro-Industrial Complex of the Ministry of Agriculture of the RSFSR
В государственной системе машиноиспытаний функционируют 2 института – Росинформагротех и КубНИИТиМ – и 10 зональных машиноиспытательных станций:

- Алтайская (машины для возделывания зерновых, сои и масличных культур);

- Владимирская (машины для производства, приготвления и раздачи кормов, транспортные средства);

- Кировская (машины для возделывания картофеля и корнеплодов, послеуборочной обработки зерна и семян);

- Кубанская (машины для механизации работ в садах, виноградниках, ягодниках; машины для возделывания и уборки сахарной свеклы и риса);

- Поволжская (комплексы машин и оборудования для растениеводства и животноводства);

- Подольская (машины и оборудование для животноводства и кормопроизводства);

- Северо-Западная (комплексы машин и оборудования для животноводства и кормопроизводства);

- Северо-Кавказская (мобильные энергетические средства, зерноуборочные комбайны, противозрозийные технологии и комплексы машин);

- Сибирская (машины для производства и раздачи кормов, оборудование для животноводства и растениеводства);

- Центрально-Черноземная (машины для возделывания сахарной свеклы, картофеля, корнеплодов, производства кормов)

Within the state machine testing system, there are two institutes - Rosinformagrotekh and Kuban Research Institute for Tractor and Agricultural Machinery Testing (KubNIITiM) and 10 zonal machine testing stations:

- Altai (machines for the cultivation of cereals, soybeans and oilseeds);

- Vladimirskaya (machines for the production, preparation and distribution of feed, vehicles);

- Kirovskaya (machines for the cultivation of potatoes and root crops, post-harvest processing of grain and seeds);

- Kuban (machines for the mechanization of work in orchards, vineyards, berry fields; machines for cultivating and harvesting sugar beets and rice);

- Povolzhskaya (complexes of machines and equipment for plant growing and animal husbandry);

- Podolskaya (machines and equipment for animal husbandry and fodder production);

- Severo-Zapadnaya (complexes of machines and equipment for animal husbandry and fodder production);

- Severo-Kavkazskaya (mobile power facilities, combine harvesters, anti-erosion technologies and machine complexes);

- Siberian (machines for the production and distribution of feed, equipment for livestock and crop production);

- Central Chernozemnaya (machines for the cultivation of sugar beets, potatoes, root crops, fodder production)

<p>Создание базовых кафедр совместно с крупными НИИ Развитие международного сотрудничества Использование ресурсов крупных производств в учебно-исследовательских работах Создание профильных специализированных классов: Клаас, Амазоне, Джон Дир, Евротехника и др. Разработка образовательных программ нового поколения и внедрение новых специальностей в отраслях АПК Creating basic departments integrated with large research institutes Development of international cooperation Using the large industries resources in educational and research work Creating specialized classes: Klaas, Amazone, John Deere, Eurotechnica, etc. Development of a new generation educational programs and the introduction of new majors in the agro-industrial complex</p>		<p>В начале 1990-х годов внутренний рынок сельскохозяйственной техники страны интенсивно наполнялся продукцией неспециализированных конверсионных предприятий, а также техникой зарубежного производства. Большое количество разномарочной техники, хаотично хлынувшей на рынок, не отвечало требованиям безопасности и потребительским свойствам. В этой новой исторически сложившейся ситуации роль и значимость действующей системы МИС неизмеримо возросли. In the early 1990s, the domestic market of agricultural machinery of the country was intensively filled with products of non-specialized conversion enterprises, as well as foreign-made machinery. A large number of different-brand equipment, which randomly flooded into the market, did not meet the safety requirements and consumer properties. In this new historical situation, the role and importance of the current ИА system has increased immeasurably.</p>
<p>Углубление и развитие сотрудничества в области создания образовательных и исследовательских программ с иностранными университетами (Венгрии, ФРГ, США, Нидерландов, Франции, Чехии и др.) Углубление сотрудничества с ведущими научно-исследовательскими институтами и производственными предприятиями страны, использование их ресурсов для проведения учебно-исследовательских работ Слияние агроинженерных вузов с крупными сельскохозяйственными университетами Deepening and developing cooperation with foreign universities (Hungary, Germany, the USA, the Netherlands, France, the Czech Republic, etc.) in the field of creating educational and research programs Deepening cooperation with the country's leading research institutes and manufacturing enterprises, using their resources for educational and research work Integration of agroengineering universities with large agricultural universities</p>	<p>Преобразование Отделения механизации и электрификации Россельхозакадемии в Секцию механизации, электрификации и автоматизации Отделения сельскохозяйственных наук РАН Создание согласно Постановлению Правительства РФ от 26 июня 2010 г. № 539 «О порядке создания и реорганизации федеральных государственных учреждений» Федерального научного агроинженерного центра ВИМ на базе института ВИМ. Присоединение к нему 5 ведущих агроинженерных НИИ: ВИЭСХ, ГОСНИТИ, СЗ НИПТИМЭСХ (Санкт-Петербург), ВНИИМЖ (Подольск), НИКПТИЖ (Рязань) Transformation of the Department of Mechanization and Electrification of the Russian Agricultural Academy into the Section of Mechanization, Electrification and Automation of the Department of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences Establishing the Federal Scientific Agroengineering Center VIM on the basis of the VIM Institute in accordance with Decree of the Government of the Russian Federation of June 26, 2010 No. 539 "On the procedure for creating and reorganizing federal state institutions". Joining five leading agroengineering research institutes: VIESH, GOSNITI, SZ NIPTIMESH (St. Petersburg), VNIIMZH (Podolsk), NIIPKPTIZH (Ryazan)</p>	<p>Для координации усилий по инициативе ведущих машиноиспытательных станций была создана Ассоциация испытателей сельскохозяйственной техники (АИСТ). В новых условиях специалисты МИС не только проводили испытания, но и активно участвовали в создании новых машин. Многие конструкторские организации и заводы не имели необходимой исследовательской базы, специализированных приборов, стендов, оборудования и опытных полей для исследования и испытания машин в лабораторных и реальных полевых условиях. Поэтому заводы и конструкторские бюро работали совместно со специалистами МИС, которые оказывали им неоценимую помощь в ускорении отработки конструкций опытных образцов машин для постановки их на производство To coordinate efforts on the initiative of the leading machine testing stations, the Association of Agricultural Machinery Testers (AIST) was established. In the new conditions, MIS specialists not only conducted tests, but also actively participated in the creation of new machines. Many design organizations and factories did not have the necessary research facilities, specialized instruments, stands, equipment and experimental fields for the study and testing of machines in laboratory and real field conditions. Therefore, factories and design bureaus worked together with MIS specialists, who provided them with invaluable assistance in accelerating the development of designs of prototypes of machines for putting them into production</p>
	<p>Создание высокопроизводительных энергосберегающих экологически безопасных машинных комплексов; автоматизированной и роботизированной техники для растениеводства и животноводства; машин и оборудования на альтернативных источниках энергии; инновационных методов технического сервиса техники – как основных направлений научных исследований и разработок этого периода Creating high-performance energy-saving environmentally friendly machine complexes; automated and robotic equipment for crop and livestock production; machines and equipment using alternative energy sources; innovative methods of equipment maintenance - as the main directions of scientific research and development of this period</p>	<p>Государственный статус МИС обеспечивает их юридическую и экономическую независимость от непосредственных участников рынка сельскохозяйственной техники, а более чем вековой опыт и методологическое единство – высокую профессиональную компетентность The state status of IIAs ensures their legal and economic independence from direct participants in the agricultural machinery market, and more than a century of experience and methodological unity ensures high professional competence.</p>

К началу 60-х годов в нашей стране создана платформа агроинженерной науки – совокупный результат общего эволюционного развития и совместной скоординированной деятельности указанных выше учреждений (рис. 1).

Совокупность компонентов агроинженерной научно-технической платформы выступает как научно-технический потенциал и характеризуется как инвариантная (то есть неизменная) эволюционная структура. Становление этой структуры в предвоенные го-

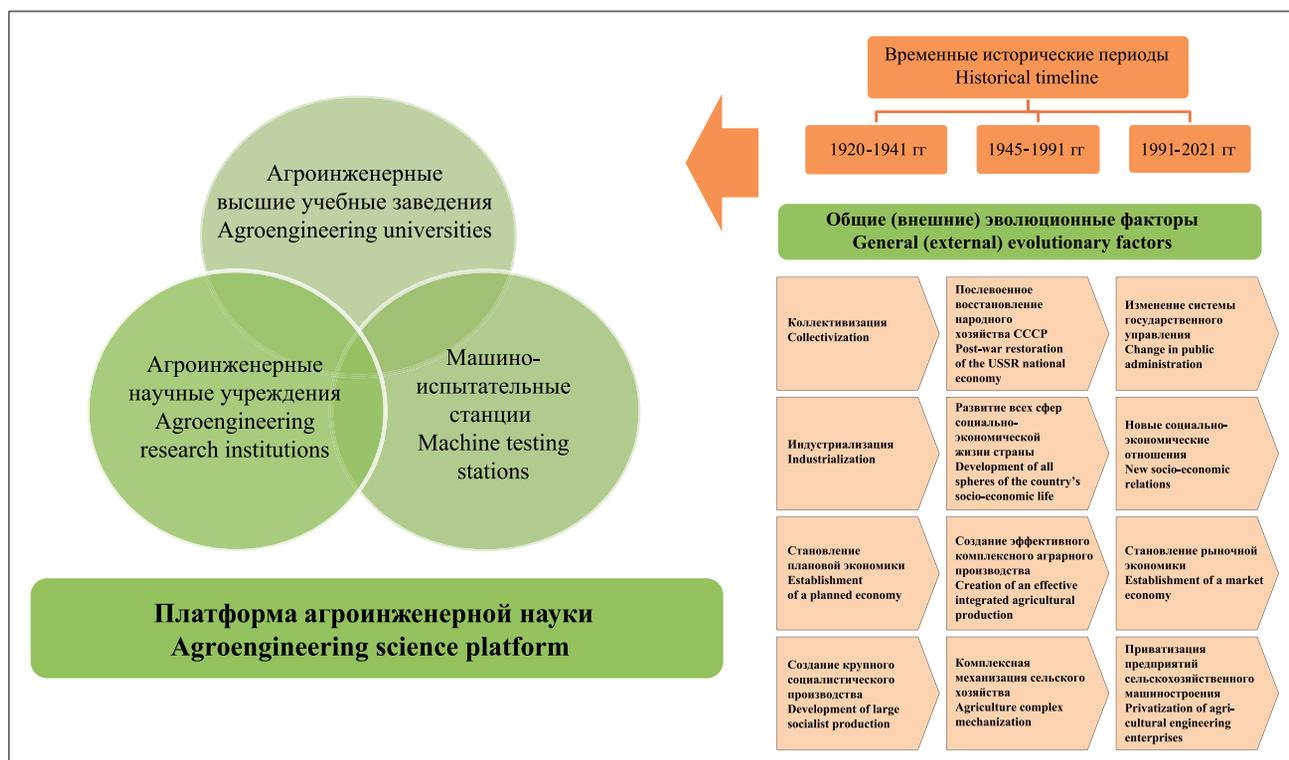


Рис. 1. Научно-техническая платформа агроинженерной науки / Fig. 1. Scientific and technological platform of agroengineering science

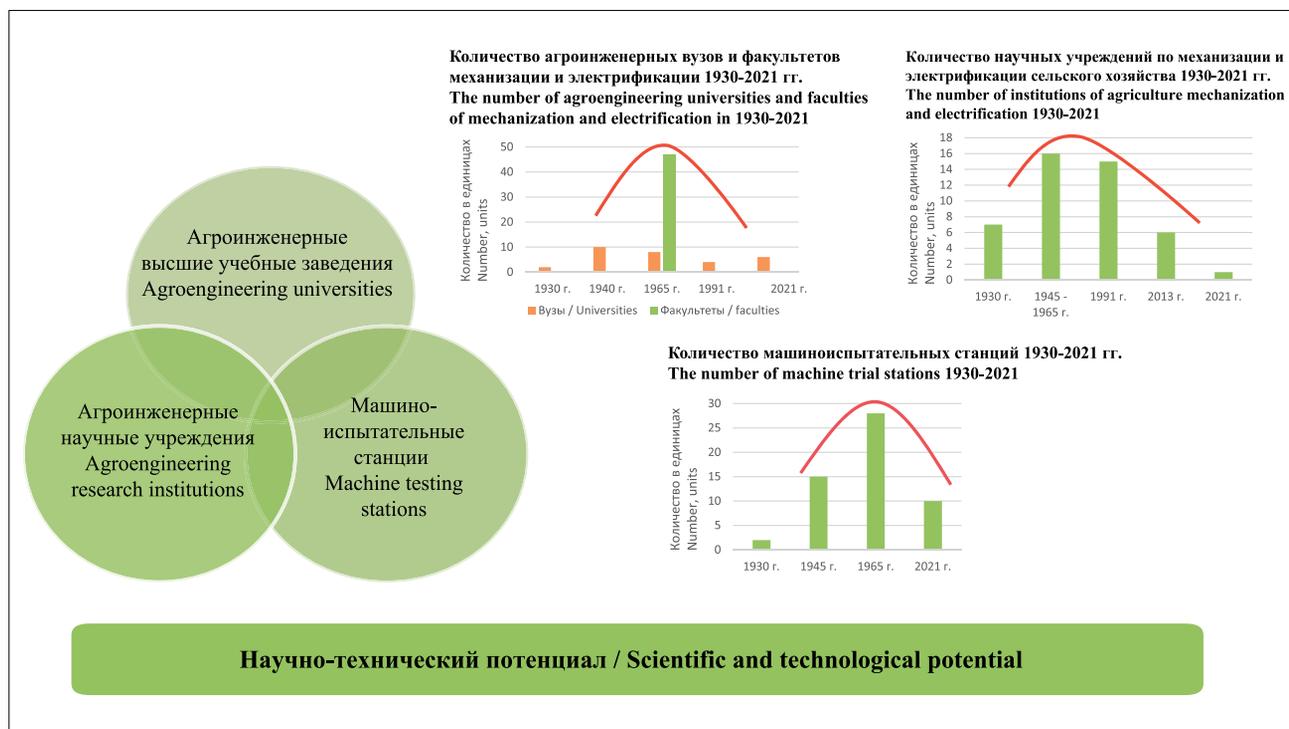


Рис. 2. Научно-технический потенциал механизации сельского хозяйства / Fig. 2. Scientific and technological potential of agricultural mechanization

ды позволило в кратчайшие сроки создать необходимые важнейшие средства механизации, многократно повысить производительность труда в сельском хозяйстве, спасти население страны от голода, подготовиться к войне.

В 1950-1980-е годы созданный и непрерывно развивающийся научно-технический потенциал обеспечил создание высокоэффективных систем и комплексов сельскохозяйственных машин и оборудования, способствовал превращению сельского хозяйства в высокоэффективное механизированное и автоматизированное производство, обеспечил продовольственную безопасность страны (рис. 2).

Выводы

Совокупность компонентов агроинженерной научно-технической платформы (агроинженерные вузы, НИИ, МИС, научные школы), обеспечившая создание научно-технического потенциала механизации сельского хозяйства, характеризуется как инвариантная эволюционная структура.

Становление этой структуры в предвоенные

годы позволило в кратчайшие сроки создать необходимые важнейшие средства механизации, многократно повысить производительность труда в сельском хозяйстве, спасти страну от голода, подготовиться к войне.

В последующие периоды сформированный и системно развивающийся научно-технический потенциал способствовал созданию высокоэффективных технологий, систем и комплексов сельскохозяйственных машин и оборудования, обеспечил трансформацию сельского хозяйства в высокоэффективное механизированное и автоматизированное производство и продовольственную безопасность страны.

В характерные исторические периоды (1920-1941, 1945-1990, 1991-2020 годы) формирование научно-технической платформы, создание научно-технического потенциала механизации сельского хозяйства осуществлялось под влиянием особых, свойственных этому периоду, внешних и внутренних эволюционных факторов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лачуга Ю.Ф., Шогенов Ю.Х., Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П. Научно-техническая продукция научных организаций агроинженерного профиля в условиях цифровизации агропромышленного комплекса // *Техника и оборудование для села*. 2020. N5(275). С. 2-9.
2. Лачуга Ю.Ф., Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Шогенов Ю.Х. Результаты научных исследований агроинженерных научных организаций по развитию цифровых систем в сельском хозяйстве // *Техника и оборудование для села*. 2022. N3(297). С. 2-9.
3. Лачуга Ю.Ф., Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Дорохов А.С., Самсонов В.А. Приоритетные направления научно-технического развития отечественного тракторостроения // *Техника и оборудование для села*. 2021. N2(284). С. 2-7.
4. Лобачевский Я.П., Старовойтов С.И., Ахалая Б.Х., Ценч Ю.С. Цифровые технологии в почвообработке // *Инновации в сельском хозяйстве*. 2019. N1(30). С. 191-197.
5. Лобачевский Я.П., Бейлис В.М., Ценч Ю.С. Аспекты цифровизации системы технологий и машин // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2019. N3(36). С. 40-45.
6. Годжаев З.А., Шевцов В.Г., Лавров А.В., Ценч Ю.С., Зубина В.А. Стратегия машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России до 2030 года (прогноз) // *Технический сервис машин*. 2019. N4(137). С. 220-229.
7. Лобачевский Я.П., Ценч Ю.С., Бейлис В.М. Создание и развитие систем машин и технологий для комплексной механизации технологических процессов в растениеводстве // *История науки и техники*. 2019. N12. С. 46-55.
8. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Бейлис В.М., Ценч Ю.С. Инновационная система машинно-технологического обеспечения предприятий агропромышленного комплекса: Монография. Ч. 1. Инновационная система машинно-технологического обеспечения сельскохозяйственных предприятий на длительную перспективу. М.: ВИМ. 2019. 226 с.
9. Ценч Ю.С. Становление и развитие агроинженерных высших учебных заведений России: Монография. М.: ВИМ. 2020. 62 с.
10. Ценч Ю.С. История становления и развития агроинженерного образования. В сборнике: Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова. Годичная научная конференция, 2019. С. 293-296.
11. Ценч Ю.С. Отечественное агроинженерное образование в 1970-2000-е годы // *Технический сервис машин*. 2020. N1(138). С. 225-238.
12. Ценч Ю.С. Агроинженерная наука в СССР в 1920-1941 годы // *Технический сервис машин*. 2021. N1(142). С. 178-192.
13. Ценч Ю.С. Агроинженерная наука в СССР в 1945-1965 годы // *Технический сервис машин*. 2020. N2(139). С. 156-170.
14. Ценч Ю.С. Становление и развитие научно-технического и кадрового обеспечения агропромышленного комплекса России: Монография. М.: ВИМ. 2021. 156 с.
15. Ценч Ю.С. Становление и развитие научно-технического потенциала механизации сельского хозяйства России. Дисс. ... докт. техн. наук. М.: 2021. 412 с.

REFERENCES

- Lachuga Yu.F., Shogenov Yu.Kh., Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P. Nauchno-tehnicheskaya produktiya nauchnykh organizatsiy agroinzhenerenogo profilya v usloviyakh tsifrovizatsii agropromyshlennogo kompleksa [Scientific and technical products of scientific organizations of agro-engineering profile in the conditions of digitalization of agricultural sector]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2020. N5(275). 2-9 (In Russian).
- Lachuga Yu.F., Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Shogenov Yu.Kh. Rezul'taty nauchnykh issledovaniy agroinzhenernykh nauchnykh organizatsiy po razvitiyu tsifrovyykh sistem v sel'skom khozyaystve [The results of scientific research of agro-engineering scientific organizations on the development of digital systems in agriculture]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2022. N3(297). 2-9 (In Russian).
- Lachuga Yu.F., Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Dorokhov A.S., Samsonov V.A. Prioritetnye napravleniya nauchno-tehnicheskogo razvitiya otechestvennogo traktorostroyeniya [Priority areas of scientific and technical development of the domestic tractor industry]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2021. N2(284). 2-7 (In Russian).
- Lobachevskiy Ya.P., Starovoytov S.I., Akhalaya B.Kh., Tsench Yu.S. Tsifrovye tekhnologii v pochvoobrabotke [Digital technologies in soil cultivation]. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*. 2019. N1(30). 191-197 (In Russian).
- Lobachevskiy Ya.P., Beylis V.M., Tsench Yu.S. Aspekty tsifrovizatsii sistema tekhnologii i mashin [Digitization aspects of the system of technologies and machines]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2019. N3(36). 40-45 (In Russian).
- Godzhaev Z.A., Shevtsov V.G., Lavrov A.V., Tsench Yu.S., Zubina V.A. Strategiya mashinno-tehnologicheskoy modernizatsii sel'skogo khozyaystva Rossii do 2030 goda (prognoz) [Strategy of Russian agricultural machinery modernization until 2030 (forecast)]. *Tekhnicheskii servis mashin*. 2019. N4(137). 220-229 (In Russian).
- Lobachevskiy Ya.P., Tsench Yu.S., Beylis V.M. Sozdanie i razvitie sistem mashin i tekhnologiy dlya kompleksnoy mekhanizatsii tekhnologicheskikh protsessov v rastenievodstve [Creation and development of systems for machines and technologies for the complex mechanization of technological processes in crop production]. *Istoriya nauki i tekhniki*. 2019. N12. 46-55 (In Russian).
- Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Beylis V.M., Tsench Yu.S. Innovatsionnaya sistema mashinno-tehnologicheskogo obespecheniya predpriyatiy agropromyshlennogo kompleksa: Monografiya Ch. 1. Innovatsionnaya sistema mashinno-tehnologicheskogo obespecheniya sel'skokozyaystvennykh predpriyatiy na dlitel'nuyu perspektivu. [Innovative system of machine and technological support for agro-industrial enterprises: Monograph. Part 1. Innovative system of the long-term machine and technological support for agricultural enterprises]. Moscow: VIM. 2019. 226 (In Russian).
- Tsench Yu.S. Stanovlenie i razvitie agroinzhenernykh vsshikh uchebnykh zavedeniy Rossii: Monografiya [Formation and development of agroengineering institutions for higher education in Russia: Monograph]. Moscow: VIM. 2020. 62 (In Russian).
- Tsench Yu.S. Istoriya stanovleniya i razvitiya agroinzhenerenogo obrazovaniya. V sbornike: Institut istorii estestvoznaniya i tekhniki im. S.I. Vavilova. Godichnaya nauchnaya konferentsiya [History of formation and development of agroengineering education. In the collection of articles: Institute of the History of Natural Science and Technology. S.I. Vavilov. Annual scientific conference]. 2019. 293-296 (In Russian).
- Tsench Yu.S. Otechestvennoe agroinzhenernoe obrazovanie v 1970-2000-e gody [Domestic agricultural engineering education in the 1970s–2000s]. *Tekhnicheskii servis mashin*. 2020. N1(138). 225-238 (In Russian).
- Tsench Yu.S. Agroinzhenernaya nauka v SSSR v 1920-1941 gody [Agroengineering science in the USSR in 1920-1941]. *Tekhnicheskii servis mashin*. 2021. N1(142). 178-192 (In Russian).
- Tsench Yu.S. Agroinzhenernaya nauka v SSSR v 1945-1965 gody [Agricultural science in the Soviet Union in 1945-1965]. *Tekhnicheskii servis mashin*. 2020. N2(139). 156-170 (In Russian).
- Tsench Yu.S. Stanovlenie i razvitie nauchno-tehnicheskogo i kadrovogo obespecheniya agropromyshlennogo kompleksa Rossii: Monografiya [Formation and development of scientific, technical and personnel support of the agro-industrial complex of Russia: Monograph]. Moscow: VIM. 2021. 156 (In Russian).
- Tsench Yu.S. Stanovlenie i razvitie nauchno-tehnicheskogo potentsiala mekhanizatsii sel'skogo khozyaystva Rossii. Diss. ... dokt. tekhn. Nauk [Formation and development of the scientific and technological potential of the agricultural mechanization in Russia. DrSc thesis.]. Moscow: 2021. 412 (In Russian).

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.
Автор прочитал и одобрил окончательный вариант.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.
The author read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию

Статья принята к публикации

The paper was submitted to the Editorial Office on

The paper was accepted for publication on

13.04.2022

15.06.2022

Эффективность применения прямого посева и минимальной обработки почвы при возделывании кукурузы на зерно

Вячеслав Филиппович Федоренко¹,

академик РАН, доктор технических наук, профессор,
e-mail: vim@vim.ru;

Дмитрий Анатольевич Петухов²,

кандидат технических наук,
e-mail: dmitripet@mail.ru;

Светлана Алексеевна Свиридова²,

заведующая лабораторией,
e-mail: S1161803@yandex.ru;

Юлия Анатольевна Юзенко²,

научный сотрудник, e-mail: yulek.com@mail.ru;

Андрей Николаевич Назаров²,

научный сотрудник,

e-mail: naz.and.nik.1969@yandex.ru

¹Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация;

²Новокубанский филиал Росинформагротех, Краснодарский край, Российская Федерация

Реферат. Отметим, что технологии прямого посева No-till и посева с минимальной обработкой почвы Mini-till играют все большую роль при переводе производства продукции растениеводства на новый технологический уровень. Выявили противоречивость результатов научных исследований в ходе сравнения эффективности возделывания кукурузы на зерно при применении различных технологий обработки почвы и посева. (*Цель исследования*) Сравнить экономическую эффективность двух технологий возделывания кукурузы на зерно – минимальной Mini-till и традиционной. (*Материалы и методы*) Рассмотрели достоинства и недостатки традиционной технологии возделывания кукурузы на зерно в сравнении с прямым посевом и посевом с минимальной обработкой почвы. (*Результаты и обсуждение*) В результате полевых исследований технологии, применяемой в течение семи лет в крестьянском (фермерском) хозяйстве Деревянко В.И. (Краснодарский край) и основанной на минимальной обработке почвы и внесении органических удобрений, определили эксплуатационно-технологические показатели пропашной сеялки прямого посева *Optima TFmaxi* в агрегате с трактором *John Deere 8310RT*, других машин на основных технологических операциях. Установили объемы используемых технологических материалов. Провели системный анализ источников формирования экономической эффективности по двум уровням: машинно-тракторный парк, технология в целом. (*Выводы*) Определили, что при применении минимальной технологии по сравнению с традиционной трудоемкость механизированных работ ниже на 49 процентов, однако увеличиваются расход топлива – на 1 процент и удельные эксплуатационные затраты денежных средств – на 69 процентов, что компенсируется ростом урожайности кукурузы на зерно на 3 тонны с гектара, или 43 процента.

Ключевые слова: минимальная технология обработки почвы, кукуруза на зерно, сеялка прямого посева, органические удобрения, эксплуатационно-технологическая оценка, экономическая оценка, эффективность.

Для цитирования: Федоренко В.Ф., Петухов Д.А., Свиридова С.А., Юзенко Ю.А., Назаров А.Н. Эффективность применения прямого посева и минимальной обработки почвы при возделывании кукурузы на зерно // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022. Т. 16. №2. С. 14-21. DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-14-21. EDN AOXDEZ.

The Effectiveness of No-Till Sowing and Minimal Tillage in the Cultivation of Corn for Grain

Vyacheslav F. Fedorenko¹,

Dr.Sc.(Eng.), member of the Russian Academy of Sciences, professor,

e-mail: vim@vim.ru;

Dmitry A. Petukhov²,

Ph.D.(Eng.), e-mail: dmitripet@mail.ru;

Svetlana A. Sviridova²,

head of laboratory, e-mail: S1161803@yandex.ru;

Yuliya A. Yuzenko²,

researcher, e-mail: yulek.com@mail.ru;

Andrey N. Nazarov²,

researcher, e-mail: naz.and.nik.1969@yandex.ru

¹Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation;

²Novokubansk Branch of Federal State Budgetary Scientific Institution «Rosinformagrotech» (KubNIITiM), Novokubansk, Russian Federation

Abstract. It was noted that technologies of direct sowing No-till and sowing with minimal soil tillage Mini-till play an increasing role in transferring crop production to a new technological level. The comparison of the efficiency of cultivating corn for grain when using different tillage and sowing technologies revealed the inconsistency of the scientific research results. (*Research purpose*) To compare the cost-effectiveness of two technologies for cultivating corn for grain: Mini-till and the traditional one. (*Materials and methods*) The advantages and disadvantages of the traditional cultivation of corn for grain were considered in comparison with No-till and Mini-till sowing. (*Results and discussion*) The authors carried out field studies of the technology based on minimal tillage and minimum organic fertilizers and used for seven years in Derevyanko V.I. peasant farm (Krasnodar Krai). As a result, the operational and technological performance indicators were determined for Optima TFmaxi direct seeder aggregated with John Deere 8310RT tractor and other machines used for the main technological operations. The volumes of technological materials used were determined. A systematic analysis of the economic efficiency sources was carried out at two levels: machine and tractor fleet, technology in general. (*Conclusions*) It was determined that compared to the traditional technology, Mini-till ensures a 49-percent decrease in the labor intensity of mechanized operations, though results in a 1-percent increase in fuel consumption and a 69-percent rise in unit operating costs, which is, though, offset by a 3-ton-per-hectare, or a 43-percent, increase in the productivity of corn for grain.

Keywords: minimum tillage technology, corn for grain, direct sowing seeder, organic fertilizers, operational and technological assessment, economic assessment, efficiency

For citation: Fedorenko V.F., Petukhov D.A., Sviridova S.A., Yuzenko Y.A., Nazarov A.N. Effektivnost' primeneniya pryamogo poseva i minimal'noy obrabotki pochvy pri vozdeleyvanii kukuruzy na zerno [The effectiveness of no-till sowing and minimal tillage in the cultivation of corn for grain]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2022. Vol. 16. N2. 14-21 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-14-21. EDN AOXDEZ.

Технологии прямого посева *No-till* и посева с минимальной обработкой почвы *Mini-till* играют все большую роль при переводе производства продукции растениеводства на новый технологический уровень.

Интерес сельхозтоваропроизводителей к ним обусловлен несколькими причинами:

- высоким уровнем финансовых издержек на содержание технического парка для интенсивных технологий, в которых задействовано много однооперационных почвообрабатывающих машин, потребляющих значительные объемы финансовых, материальных, топливных и трудовых ресурсов, что приводит к высокой себестоимости производства зерна и низкому уровню рентабельности [1-3];
- машинной деградацией почв вследствие многочисленных проходов по полю большого числа технических средств, что становится причиной переуплотнения почвы, формирования плужной подошвы, снижения почвенного плодородия [4-6];
- сокращением запасов почвенной влаги, неравномерностью выпадения осадков в период вегетации вследствие климатических изменений [7, 8].

Кукуруза на зерно – одна из важнейших продовольственных, кормовых и технических культур. Она занимает третье место по посевным площадям после пшеницы и риса [9]. По данным Госкомстата, посевные площади кукурузы на зерно в Российской Федерации за последние 20 лет увеличились в 3 раза и более. В Краснодарском крае кукуруза ежегодно занимает около 500 тыс. га, из них на зерно – 300-400 тыс. га при средней урожайности в последние два года 4,7-5,4 т/га.

Традиционная технология производства культуры включает в себя основную и предпосевную обработку почвы, посев, системы удобрения и защиты растений, уборку. При этом основная и предпосевная обработка почвы – самая затратная статья в структуре эксплуатационных издержек из-за высокой доли расходов на топливо, содержание парка почвообрабатывающих орудий, оплату труда [10].

В земледелии Краснодарского края при возделывании кукурузы на зерно, наряду с традиционно применением технологий отвальной основной обработки почвы, повсеместно рекомендованы поверхностные, минимальные и нулевые системы обработки.

Прямой посев при возделывании сельхозкультур позволит полностью исключить применение всего перечня почвообрабатывающей техники (дисковой бороны, плуга, культиватора), а использование технологии с минимальной обработкой почвы – измельчить и равномерно распределить по поверхности поля пожнивные остатки, сформировав верхний мульчирующий слой, который будет способствовать сбережению и накоплению влаги.

Научные исследования, проводимые с целью сравнения эффективности возделывания кукурузы на зерно при применении различных технологий обработки почвы и посева, зачастую показывают противоречивые результаты. Часть ученых утверждают о снижении урожайности этой культуры при минимальной и нулевой обработке почвы или прямом посеве [11-13], указывают об эффективности применения вспашки [14-16]. Другие экспериментальные опыты свидетельствуют о повышении энергетической и экономической эффективности при сохране-

нии высокой урожайности [17-19].

Цель исследований – проведение полевых исследований и оценка экономической эффективности двух технологий возделывания кукурузы на зерно – минимальной Mini-till и традиционной.

Материалы и методы. Осуществили комплексный анализ технологических процессов возделывания кукурузы на зерно с использованием элементов стандартизованных методов испытаний сельскохозяйственной техники и сравнительной оценки показателей экономической эффективности.

Показатели экономической оценки посевных агрегатов и машинно-тракторных парков определили по результатам испытаний агрегатов в соответствии с ГОСТ 34393-2018 «Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки».

Экспериментальные площади возделывания кукурузы на зерно составили:

- традиционная технология – 549 га;
- технология с минимальной обработкой почвы – 1000 га.

Цена на сельскохозяйственную технику взята без учета налога на добавленную стоимость.

Результаты и обсуждение. Минимальная технология возделывания и уборки кукурузы на зерно *Mini-till* применяется в К(Ф)Х Деревянко В.И., традиционная – на валидационном полигоне Кубанского филиала Росинформагротех, расположенных в одной агроклиматической зоне – в Новокубанском районе Краснодарского края. Система минимальной обработки почвы состоит из лущения дисковой бороной на глубину до 8 см после рано убираемых озимых ячменя и пшеницы, внесения перегноя на основе птичьего помета и заделки его культиватором (до 15 см), зяблевой обработки глубокорыхлителем (до 25 см).

Существуют следующие значимые отличия технологии возделывания кукурузы на зерно с минимальной обработкой почвы от традиционной:

- базовый набор восьми основных последовательных технологических операций и одной-двух факультативных;
- машинно-тракторный парк, базирующийся на применении техники исключительно зарубежного производства (самоходная техника: опрыскиватель, тракторный и комбайновый парк – John Deere (США), почвообрабатывающие орудия – Köckerling (Германия), прочая техника – фирм Италии, Австрии и Германии, возраст технических средств не превышает 10 лет;
- система обработки почвы: минимальная осенняя Mini-till, отсутствие весенних почвообрабатывающих операций, так как проводится прямой посев культуры;
- система удобрения: отказ от применения гранулированных минеральных удобрений в пользу ежегодного внесения по всей площади пашни твердого

органического (перегной на основе птичьего помета) и жидких минеральных (КАС и ЖКУ) удобрений;

- система защиты растений основана на применении гербицидов зарубежного производства;
- использование семян зарубежной селекции и экспортно ориентированная продажа урожая;
- организация производства с круглосуточным режимом работы механизаторов в период выполнения полевых работ.

Применение весеннего прямого посева кукурузы на зерно в данном случае не приводит к полному или резкому снижению числа почвообрабатывающих операций (четыре операции обработки почвы в традиционной технологии и три – в изучаемой с минимальной обработкой почвы). Принципиален лишь отказ от основной зяблевой обработки в виде отвальной вспашки и предпосевной культивации. Изменяется и назначение почвообрабатывающих операций: второе дискование предназначено для заделки органического удобрения (перегной на основе птичьего помета), а последующее глубокое рыхление выступает в качестве альтернативы отвальной вспашке.

Все вышеуказанные факторы определяют производственно-экономическую результативность исследуемой технологии (табл. 1).

Сеялка, предназначенная для прямого посева, должна обеспечивать оптимальную глубину заделки семян независимо от того, какое количество растительных остатков находится на поверхности почвы после предшествующей культуры. При этом она должна как можно меньше нарушать строение почвенного профиля, то есть сделать разрез почвы на необходимую глубину, оставляя нетронутой основную площадь поля [20-23].

В К(Ф)Х для посева кукурузы на зерно применяется сеялка точного высева *Optima TFmaxi (HD II+e-drive)* производства *Kverneland* предназначенная для посева в мульчу и обычного сева кукурузы, с одновременным внесением удобрений (рисунк).



Рис. Сеялка точного высева *Optima TFmaxi* в агрегате с трактором *John Deere 8310RT*

Fig. *Optima TFmaxi precision seeder* aggregated with *John Deere 8310RT tractor*



Таблица 1

Table 1

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО
COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF TECHNOLOGIES FOR CULTIVATING CORN FOR GRAIN**

Элементы технологии Name of the technology element	Традиционная Traditional	Mini-till
Семена / Seeds	отечественная селекция / domestic selection;	зарубежная селекция / foreign selection;
Урожай / Harvest	продажа внутри страны / domestic sale	экспортно ориентированная продажа export-oriented sale
Обработка почвы Tillage	<i>осенняя</i> : двукратное дискование, вспашка, культивация; <i>весенняя</i> : предпосевная культивация <i>autumn</i> : double disking, plowing, cultivation; <i>spring</i> : pre-sowing cultivation	<i>осенняя</i> : дискование, культивация, глубокое рыхление, культивация <i>autumn</i> : disking, cultivation, deep loosening, cultivation
Система удобрения Fertilizer system	<i>основное внесение</i> : аммиачная селитра 150 кг/га перед посевом; <i>подкормка (по листу)</i> : цинк серноокислый (1,0 кг/га) + гумат калия (0,5 л/га) <i>main application</i> : ammonium nitrate 150 kg/ha before sowing; <i>top dressing (per leaf)</i> : Zinc sulphate (1,0 kg/ha) + Potassium humate (0,5 l/ha)	<i>основное внесение</i> : органическое удобрение 5 т/га ежегодно; <i>подкормка</i> : внутрипочвенное внесение КАС-32 <i>main application</i> : organic fertilizer 5 t/ha annually; <i>top dressing</i> : KAS-32 intra-soil application
Посев Sowing	8-рядные сеялки 8-row seeders	16-рядная сеялка; внесение жидких минеральных удобрений 16-row seeder; application of liquid mineral fertilizers
Агротехнический уход Agrotechnical care	довсходовое боронование, междурядная культивация с подкормкой; применение гербицида зарубежного производства <i>pre-emergence harrowing, row-to-row cultivation with top dressing;</i> <i>use of a foreign-made herbicide</i>	междурядная культивация с подкормкой; применение гербицидов зарубежного производства <i>row-to-row cultivation with top dressing;</i> <i>use of a foreign-made herbicide</i>
Схема уборки Harvesting scheme	<i>прямоточная двухзвенная</i> : комбайн – автомобиль <i>direct-flow two-stage</i> : harvester – car	<i>прямоточная двухзвенная</i> : комбайн – большегрузный автомобиль; <i>перегрузочная трехзвенная</i> : комбайн – бункер-перегрузчик – большегрузный автомобиль <i>direct-flow two-stage</i> ; combine harvester – heavy-duty vehicle; <i>three-link reloading</i> : combine – hopper-reloader – heavy-duty vehicle
Парк технических средств Fleet of technical means	<i>разномарочный</i> : тракторы, в основном отечественные; сельхозорудия, отечественные и зарубежные; комбайны отечественные; возраст техники – 7-20 лет <i>mixed brands</i> : tractors, mainly domestic; agricultural equipment – domestic and foreign; combines domestic; the equipment age is from 7 to 20 years	<i>на обработке почвы и посевах</i> : гусеничный трактор, самоходный опрыскиватель; основные энергосредства, машины и сельхозорудия зарубежного производства; возраст техники – не более 10 лет <i>tillage and sowing</i> : caterpillar tractor, self-propelled sprayer; the main energy resources, foreign machinery and agricultural equipment; age of equipment – no more than 10 years
Персонал Staff	высокая и средняя квалификация high and medium qualifications	высокая квалификация high qualifications
Технологическая дисциплина и культура земледелия Technological discipline and culture of agriculture	средний уровень / average level	высокий уровень / high level

Она состоит из телескопической рамы, на которую установлены центральный бункер для удобрений и дополнительное оборудование для внесения ЖКУ, а также высевающих секций, дисковых и зубчатых сошников, спицевых дисков опорных колес, V-образных катков, основного шасси размером 250×450 мм, электрооборудования и гидросистемы для поднятия боковых секций. Дополнительно оборудована

устройством для внесения жидких удобрений и биостимуляторов LF 600 MI.

Посев кукурузы проводят по минимально обработанной с осени почве (сплошная культивация с целью заделки органического удобрения и глубокое рыхление). Основные предшественники – озимая пшеница и кукуруза на зерно, а также озимый ячмень и соя.

В производственных условиях сеялка грегати-

Показатели Indicators	Традиционная Traditional	No-till
Площадь, га / Acreage, ha	549	1000
Затраты труда, чел.-ч / Labor costs, people-h/ha: всего / total на 1 га / per 1 ha	1777 3,24	1640 1,64
Механизаторы / Machine operators Вспомогательные рабочие / Auxiliary workers Расход топлива / Fuel consumption всего, т / total, t на 1 га, кг / per 1 ha, kg Капитальные вложения, млн руб. / Capital investments, million rubles	8 8 38,4 69,9 90,8	2 0 70,8 70,8 175,2
Эксплуатационные затраты, тыс. руб. / Operational costs, thousand rubles; всего / total на 1 га / per 1 ha	9077 16,5	27 889 27,9

руется с гусеничным трактором *John Deere 8310RT* (мощность двигателя 320 л.с.). Управляет трактором и работой сеялки высококвалифицированный механизатор.

Машино-тракторный парк (МТП), используемый в минимальной технологии, по сравнению с традиционной укомплектован меньшим количеством техники – на 62%. Причем все машины зарубежного производства.

Проведем сравнительный анализ показателей экономической оценки использования МТП (табл. 2).

При применении МТП в минимальной технологии трудоемкость механизированных работ при возделывании кукурузы на зерно составила 1,64 чел.-ч/га, что на 49% ниже, чем в традиционной. Причем в первом случае задействованы только 2 механизатора, а во втором их 8, плюс 8 вспомогательных рабочих. Столь значительная потребность в персонале при традиционной технологии обусловлена совпадением агротехнических сроков проведения четырех весенних технологических операций: внесения минеральных удобрений, предпосевной культивации с их заделкой, по-

сева и довсходового боронования.

Потребность в топливе в расчете на 1 га различалась незначительно.

Стоимость МТП для технологии *Mini-till* составила 175,2 млн руб., что на 93% выше, чем при традиционной. Больше оказались и эксплуатационные затраты – на 69%.

Себестоимость возделывания кукурузы на зерно при использовании традиционной технологии составила 4524 руб./т, при применении технологии *Mini-till* – 5235 руб./т, то есть на 16% больше. В то же время урожайность оказалась на 43% выше, составив 10 т/га, а погектарная прибыль больше на 77% (табл. 3).

Выводы

1. В К(Ф)Х на прямом весеннем посеве кукурузы на зерно успешно применяется пропашная сеялка *Optima TFmaxi*. Это дает возможность в комплексе с одним из весомых слагаемых успешного производства – ежегодным внесением органического удобрения в дозе 5 т/га на всей площади пашни – добиваться урожайности на уровне 10 т/га.

2. Использование в предлагаемой технологии

Показатели Indicators	Традиционная Traditional	No-till
Себестоимость производства продукции, тыс. руб. / Production cost, thousand rubles	17423	52350
Оборотные фонды (всего), тыс. руб. / Current assets (total), thousand rubles топливо / fuel семена / seeds удобрения / fertilizers средства защиты растений / plant protection products	10416 2071 5310 1515 1520	28740 4280 12 040 4400 8020
Урожайность, т/га / Yield, t/ha	7,0	10,0
Стоимость реализованной продукции, тыс. руб. / Cost of products sold, thousand rubles	56950	180000
Прибыль / Profit: всего, тыс. руб. / total, thousand rubles в расчете на 1 га, руб. / per 1 ha, rub. в расчете на 1 т продукции, руб. / per 1 ton of products, rub.	39527 71998 10272	127650 127650 12765
Затраты труда, чел.-ч/т / Labor costs, people-h/t	0,46	0,16



МТП, состоящего в основном из более дорогой техники зарубежного производства, приводит к увеличению эксплуатационных затрат денежных средств на 69%.

3. В целом по технологии с минимальной обработкой почвы *Mini-till* обеспечивается практически трехкратное снижение затрат труда на единицу произведенной продукции и увеличение погектарной прибыли

ли на 77% по сравнению с традиционной.

4. Полученные результаты позволяют рекомендовать применение исследованной минимальной технологии *Mini-till* производства кукурузы на зерно для экономически устойчивых сельскохозяйственных предприятий всех форм собственности Южного федерального округа.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вайцеховская С.С., Байчерова А.Р., Измалков С.А., Тельнова Н.Н. Экономическая эффективность внедрения нулевой технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Ставропольском крае // *Экономика и управление: проблемы и решения*. 2019. Т. 12. №3. С. 36-42.
2. Соколов М.С., Глинушкин А.П., Спиридонов Ю.Я., Торопова Е.Ю., Филипчук О.Д. Технологические особенности почвозащитного ресурсосберегающего земледелия (в развитие концепции ФАО) // *Агротехника*. 2019. №5. С. 3-20.
3. Mamsirov N.I., Chumachenko Y.A., Udzhuhu A.C. Agrochemical properties of fused chernozem, depending on the methods of basic processing and the norms of fertilization. *Ecology, Environment and Conservation*. 2018. Vol. 24. №1. 462-471.
4. Беленков А.И., Собо У.М., Кунофин Р.И. Теория и практика основной обработки почвы в современных системах земледелия // *Владимирский земледелец*. 2017. №1(79). С. 8-11.
5. Дридигер В.К., Белобров В.В., Стукалов Р.С., Юдин С.А., Кутовая О.В., Гаджимаров Р.Г. Результаты исследований технологии прямого посева в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края // *Сельскохозяйственный журнал*. 2019. №5(12). С. 51-59.
6. Васюков П.П. Биологические факторы воспроизводства плодородия почвы в Краснодарском крае: рекомендации. Краснодар: ЭДВИ. 2019. 44 с.
7. Антонов С.А. Тенденции изменения климата и их влияние на земледелие Ставропольского края // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2017. №4(66). С. 43-46.
8. Гусев Е.М. Эволюция технологий в земледелии: от «серых» до «зеленых» // *Аридные экосистемы*. 2020. Т. 26. №1(82). С. 3-12.
9. Бречко Я.Н., Макрак С.В., Головач А.А. и др. Повышение эффективности отраслей сельского хозяйства и обрабатывающей промышленности (производство продуктов питания) // *Научные принципы регулирования развития АПК: предложения и механизмы реализации*. 2019. №1. С. 9-36.
10. Федоренко В.Ф., Мишуrow Н.П., Гольятин В.Я. и др. Машинно-технологическое обеспечение возделывания кукурузы. М.: Росинформагротех. 2020. 96 с.
11. Сильванчук Е.Л., Крюков А.Н., Наумкина Л.А., Хлопяников А.М. Возделывание кукурузы на зерно в новых технологиях растениеводства // *Вестник курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2018. №3. С. 56-61.
12. Власова О.И., Смакуев А.Д., Трубачева Л.В., Вайцеховская С.С. Экономическая эффективность производства зерна кукурузы в зависимости от приемов обработки почвы в условиях Карачаево-Черкесской республики // *Аграрный научный журнал*. 2022. №1. С. 4-7.
13. Наумкин В.Н., Наумкина Л.А., Крюков А.Н., Куренская О.Ю., Хлопяникова Г.В. Системный подход к разработке и оценке новых эффективных ресурсосберегающих технологий возделывания полевых культур // *Инновации в АПК: проблемы и перспективы*. 2019. №3(23). С. 148-155.
14. Cao H.B., Xie J.Y., Hong J., Wang X., Hu W., Hong J. Organic matter fractions within macroaggregates in response to long-term fertilization in calcareous soil after reclamation. *Journal of Integrative Agriculture*. 2021. Vol. 20. Iss. 6. 1636-1648.
15. Fen W.U., Zhai L.C., Ping X.U., Zhang Z.B., Baillo E.H., Tolosa L.N., Guo H.Q. Effects of deep vertical rotary tillage on the grain yield and resource use efficiency of winter wheat in the Huang-HuaiHai Plain of China. *Journal of Integrative Agriculture*. 2021. Vol. 20. Iss. 2. 593-605.
16. Гармашов В.М., Корнилов И.М., Нужная Н.А. Биоэнергетические показатели выращивания кукурузы на зерно // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2020. №1(33). С. 88-92.
17. Волков А.И., Кириллов Н.А., Гуйда Г.Ю., Кулалаева А.С., Прохорова Л.Н. Ресурсосберегающее производство кукурузного зерна // *Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства*. 2018. №20. С. 425-428.
18. Biberdzic M., Barac S., Lalevic D., Djikic A., Prodanovic D., Rajicic V. Influence of soil tillage system on soil compaction and winter wheat yield. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 2020. Vol. 80. №1. 80-89.
19. Tormena C.A., Karlen D.L., Logsdon S., Cherubin M.R. Corn stover harvest and tillage impacts on near-surface soil physical quality. *Soil and Tillage Research*. 2017. Vol. 166. 122-130.
20. Гольятин В.Я. Инновационные технологии прямого посева зерновых культур. М.: Росинформагротех». 2019. 80 с.
21. Ахалая Б.Х., Ценч Ю.С., Квас С.А. Технология комбинированного посева кукурузы на зерно и соевых культур

- рованного способа посева и высевальные аппараты для его осуществления // Вестник ВИЭСХ. 2018. N4(33). С. 61-65.
22. Ахалая Б.Х., Шогенов Ю.Х., Старовойтов С.И., Ценч Ю.С., Шогенов А.Х. Трехсекционный почвообрабатывающий агрегат с универсальными сменными рабочими органами // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. N3(54). С. 92-95.
23. Ахалая Б.Х., Ценч Ю.С., Миронова А.В. Разработка и исследование дозирующей системы высевального устройства пневматической сеялки // *Техника и оборудование для села*. 2021. N6(288). С. 8-11.

REFERENCES

- Vaytsekhovskaya S.S., Baycherova A.R., Izmalkov S.A., Tel'nova N.N. Ekonomicheskaya effektivnost' vnedreniya nulevoy tekhnologii vozdelvaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v Stavropol'skom krae [The economic rationale for the use of no-till technology of cultivation of crops taking into account soil-climatic zoning of the stavropol territory]. *Ekonomika i upravlenie: problemy i resheniya*. 2019. Vol. 12. N3. 36-42 (In Russian).
- Sokolov M.S., Glinushkin A.P., Spiridonov Yu.Ya., Toropova E.Yu., Filipchuk O.D. Tekhnologicheskie osobennosti pochvozashchitnogo resursosberegayushchego zemledeliya (v razvitie konceptsii FAO) [Technological features of soil-protecting resource-saving agriculture (in development of the FAO concept)]. *Agrokimiya*. 2019. N5. 3-20 (In Russian).
- Mamsirov N.I., Chumachenko Y.A., Udzhuhu A.C. Agrochemical properties of fused chernozem, depending on the methods of basic processing and the norms of fertilization. *Ecology, Environment and Conservation*. 2018. Vol. 24. N1. 462-471 (In English).
- Belenkov A.I., Sobo U.M., Kunofin R.I. Teoriya i praktika osnovnoy obrabotki pochvy v sovremennykh sistemakh zemledeliya [Theory and practice of principle soil treatment in modern agricultural systems]. *Vladimirskiy zemledelets*. 2017. N1(79). 8-11 (In Russian).
- Dridiger V.K., Belobrov V.V., Stukalov R.S., Yudin S.A., Kutovaya O.V., Gadzhumarov R.G. Rezul'taty issledovaniy tekhnologii pryamogo poseva v zone neustoychivogo uvlazhneniya Stavropol'skogo kraya [Research results of direct sowing technology in the unstable humidification zone of the Stavropol territory]. *Sel'skokhozyaystvennyy zhurnal*. 2019. N5(12). 51-59 (In Russian).
- Vasyukov P.P. Biologicheskie faktory vosproizvodstva plodorodiya pochvy v Krasnodarskom krae: rekomendatsii [Biological factors of soil fertility reproduction in Krasnodar Krai: recommendations]. Krasnodar: EDVI. 2019. 44 (In Russian).
- Antonov S.A. Tendentsii izmeneniya klimata i ikh vliyanie na zemledelie Stavropol'skogo kraya [Climate changes and their impact on crop farming development in Stavropol region]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2017. N4(66). 43-46 (In Russian).
- Gusev E.M. Evolyutsiya tekhnologiy v zemledelii: ot «serykh» do «zelenykh» [Evolution of agricultural technologies: from “gray” to “green”]. *Aridnye ekosistemy*. 2020. Vol. 26. N1(82). 3-12 (In Russian).
- Brechko Ya.N., Makrak S.V., Golovach A.A., et al. Povyshenie effektivnosti otrasley sel'skogo khozyaystva i obrabatyvayushchey promyshlennosti (proizvodstvo produktov pitaniya) [Increasing the efficiency of agriculture and manufacturing industries (food production)]. *Nauchnye printsipy regulirovaniya razvitiya APK: predlozheniya i mekhanizmy realizatsii*. 2019. N1. 9-36 (In Russian).
- Fedorenko V.F., Mishurov N.P., Gol'tyapin V.Ya., et al. Mashinno-tekhnologicheskoe obespechenie vozdelvaniya kukuruzy [Machine and technological support for corn harvesting]. Moscow: Rosinformagrotekh. 2020. 96 (In Russian).
- Sil'vanchuk E.L., Kryukov A.N., Naumkina L.A., Khlopyanikov A.M. Vozdelvanie kukuruzy na zerno v novykh tekhnologiyakh rastenievodstva [Corning of corn on grain in new technologies crop production]. *Vestnik kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2018. N3. 56-61 (In Russian).
- Vlasova O.I., Smakuev A.D., Trubacheva L.V., Vaytsekhovskaya S.S. Ekonomicheskaya effektivnost' proizvodstva zerna kukuruzy v zavisimosti ot priemov obrabotki pochvy v usloviyakh Karachaevo-Cherkesskoy respubliky [Economic efficiency of corn hybrid production depending on tilling methods in the conditions of the karachai-cherkess republic]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*. 2022. N1. 4-7 (In Russian).
- Naumkin V.N., Naumkina L.A., Kryukov A.N., Kurenskaya O.Yu., Khlopyanikova G.V. Sistemnyy podkhod k razrabotke i otsenke novykh effektivnykh resursosberegayushchikh tekhnologiy vozdelvaniya polevykh kul'tur [System approach to the development and evaluation of new effective resource-saving technologies for cultivation of field crops]. *Innovatsii v APK: problemy i perspektivy*. 2019. N3(23). 148-155 (In Russian).
- Cao H.B., Xie J. Y., Hong J., Wang X., Hu W., Hong J. Organic matter fractions within macroaggregates in response to long-term fertilization in calcareous soil after reclamation. *Journal of Integrative Agriculture*. 2021. Vol. 20. N6. 1636-1648 (In English).
- Fen W.U., Zhai L.C., Ping X.U., Zhang Z.B., Baillo E.H., Tolosa L.N., Guo H.Q. Effects of deep vertical rotary tillage on the grain yield and resource use efficiency of winter wheat in the Huang-HuaiHai Plain of China. *Journal of Integrative Agriculture*. 2021. Vol. 20. N2. 593-605 (In English).
- Garmashov V.M., Kornilov I.M., Nuzhnaya N.A. Bioenergeticheskie pokazateli vyrashchivaniya kukuruzy na zerno

- [Bioenergy indicators of growing corn for grain]. *Zernobovoye i krupyanye kul'tury*. 2020. N1(33). 88-92 (In Russian).
17. Volkov A.I., Kirillov N.A., Guyda G.Yu., Kulalaeva A.S., Prokhorova L.N. Resursosberegayushchee proizvodstvo kukuruznogo zerna [Resource-saving corn production]. *Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produktsii sel'skogo khozyaystva*. 2018. N20. 425-428 (In Russian).
 18. Biberdzic M., Barac S., Lalevic D., Djikic A., Prodanovic D., Rajjic V. Influence of soil tillage system on soil compaction and winter wheat yield. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 2020. Vol. 80. N1. 80-89 (In English).
 19. Tormena C.A., Karlen D.L., Logsdon S., Cherubin M.R. Corn stover harvest and tillage impacts on near-surface soil physical quality. *Soil and Tillage Research*. 2017. Vol. 166. 122-130 (In English).
 20. Gol'tyarin V.Ya. Innovatsionnye tekhnologii pryamogo poseva zernovykh kul'tur [Innovative technologies for no-till sowing of grain crops]. Moscow: Rosinformagrotekh. 2019. 80 (In Russian).
 21. Ahalaya B.Kh., Tsench Yu.S., Kvas S.A. Tekhnologiya kombinirovannogo sposoba poseva i vysevayushchie apparaty dlya ego osushchestvleniya [Technology of the combined method of sowing and seeding machines for its implementation]. *Vestnik VIESH*. 2018. N4(33). 61-65 (In Russian).
 22. Ahalaya B.Kh., Shogenov Yu.Kh., Starovoytov S.I., Tsench Yu.S., Shogenov A.Kh. Trekhseksionnyy pochvoobrabatyvayushchiy agregat s universal'nymi smennymi rabochimi organami [Three-section tillage unit with universal replaceable working bodies]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019. Vol. 14. N3(54). 92-95 (In Russian).
 23. Akhalaya B.Kh., Tsench Yu.S., Mironova A.V. Razrabotka i issledovanie doziruyushchey sistemy vysevayushchego ustroystva pnevmaticheskoy seyalki [Development and research of the dosing system of the pneumatic seeder sowing device]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2021. N6(288). 8-11 (In Russian).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Заявленный вклад соавторов:

Федоренко В.Ф. – постановка проблемы;
 Петухов Д.А. – научное руководство;
 Свиридова С.А. – экономическая оценка МТП, технологий; сравнительный анализ, доработка текста, формирование общих выводов и литературный анализ;
 Юзенко Ю.А. – эксплуатационно-технологическая оценка машинно-тракторных агрегатов;
 Назаров А.Н. – организация полевых исследований, обработка полученных результатов, визуализация.
Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Coauthors' contribution:

Fedorenko V.F. – problem statement;
 Petukhov D.A. – research supervision;
 Sviridova S.A. – economic assessment of machine and tractor fleet technologies; comparative analysis, revision of the manuscript, formulating general conclusions and literature review;
 Yuzenko Yu.A. – operational and technological assessment of machine and tractor units;
 Nazarov A.N. – organization of field research, results processing, visualization.
The authors read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию
 Статья принята к публикации

The paper was submitted to the Editorial Office on
 The paper was accepted for publication on

05.04.2022
 13.05.2022

Системы искусственного интеллекта в решении задач цифровизации и роботизации агропромышленного комплекса

Андрей Леонидович Ронжин,
доктор технических наук, профессор,
профессор РАН, директор,
e-mail: ronzhin@iias.spb.su;

Антон Игоревич Савельев,
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник,
e-mail: saveliev@iias.spb.su

Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Санкт-Петербург, Российская Федерация

Реферат. Обосновали актуальность цифровой трансформации технологических процессов сельскохозяйственного производства в условиях обострения глобальных проблем обеспечения продовольственной безопасности, стагнации аграрного бизнеса в регионах северного Нечерноземья, а также ESG-трансформации экономики. (*Цель исследования*) Разработать алгоритмы управления беспилотных воздушных судов (БВС) на основе численных методов машинного обучения, обеспечивающих мониторинг состояния сельхозкультур и улучшение планирования и оперативного управления процессом производства. (*Материалы и методы*) Использовали оригинальные методы машинного обучения, инженерии знаний и компьютерного моделирования организационных и технологических процессов жизненного цикла технических объектов в промышленности и продукции в народном хозяйстве, а также математические и алгоритмические модели, методы и опытные образцы проактивных средств автоматизации информационного, физического и энергетического взаимодействия гетерогенных робототехнических и киберфизических комплексов. (*Результаты и обсуждение*) Создали системы искусственного интеллекта для фотограмметрической обработки изображений видимого спектра и снятых мультиспектральными видеокамерами с построением ортофотопланов, цифровых моделей рельефа. Применили численные методы машинного обучения. Показали возможность формирования рекомендаций по рекультивации, мелиорации земельных угодий. Разработали алгоритмическое, программно-аппаратное обеспечение автоматизации вертикальных ферм, установок замкнутого цикла по рыбоводству. Осуществили беспроводную регистрацию измеряемых и вычисляемых параметров с распределенных датчиков, их анализ с применением технологий больших данных и проактивное управление киберфизическими устройствами, отвечающими за функционирование систем жизнеобеспечения выращиваемых аква- и фитокультур. Привели примеры выпускаемых БВС и навесного оборудования, предназначенных для обработки сельскохозяйственных угодий, а также примеры модулей автоматизации вертикальных ферм, обеспечивающих проактивное автономное управление. (*Выводы*) Определили, что разработанное программно-аппаратное обеспечение позволило увеличить остаточный заряд аккумулятора БВС после полета на 6 процентов. Улучшили точность идентификации участков растений с фитопатологиями по анализу изображений с мультиспектральной камеры до 99 процентов.

Ключевые слова: системы искусственного интеллекта, цифровая трансформация, беспилотные воздушные суда, автоматизация вертикальных ферм, роботизация, аквакультура, северное Нечерноземье.

Для цитирования: Ронжин А.Л., Савельев А.И. Системы искусственного интеллекта в решении задач цифровизации и роботизации агропромышленного комплекса // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022. Т. 16. №2. С. 22-29. DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-22-29. EDN AHNJVD.

Artificial Intelligence Systems for Solving Problems of Agro-Industrial Complex Digitalization and Robotization

Andrey L. Ronzhin,
Dr.Sc.(Eng.), professor, professor of the Russian Academy
of Sciences, director, e-mail: ronzhin@iias.spb.su;

Anton I. Savel'ev,
Ph.D.(Eng.), senior researcher,
e-mail: saveliev@iias.spb.su

St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russian Federation

Abstract. The digital transformation of agricultural technological processes is substantiated to be relevant in the context of the exacerbating global problems of food security, the agricultural business stagnation in the regions of the northern Non-Black Earth



Region, as well as the ESG transformation of the economy. (Research purpose) To develop control algorithms for unmanned aerial vehicles (UAVs) based on numerical methods of machine learning to ensure the monitoring of the crops state and the improving of the production process planning and operational management. (*Materials and methods*) The following methodology was used: the original methods of machine learning, knowledge engineering and computer modeling for organizational and technological processes of technical objects' life cycle in industry and products' life cycle in the national economy, as well as mathematical and algorithmic models, methods and prototypes of proactive automation tools for information, physical and energy interaction of heterogeneous robotic and cyber-physical complexes. (*Results and discussion*) Artificial intelligence systems were created for the photogrammetric processing of visible spectrum images and those taken with multispectral video cameras with the construction of orthophotomaps, digital elevation models. Machine learning numerical methods were applied. Possible ways of formulating recommendations for the land revegetation and amelioration were demonstrated. Algorithmic software and hardware have been developed for the automation of vertical farms, closed cycle fish farming plants. The authors carried out wireless registration of measured and calculated parameters received from the distributed sensors, conducted their analysis based on big data technologies and proactive control of cyber-physical devices responsible for the functioning of the aqua and phytocultures life support systems. The authors provided the examples of produced UAVs and attachments designed for processing the agricultural land, as well as examples of automation modules for vertical farms that provide proactive autonomous control. (*Conclusions*) It was determined that the developed software and hardware ensured a 6-percent increase in the residual charge of the UAV battery after the flight. Image analysis using a multispectral camera improved the accuracy of identifying the plant areas with phytopathologies up to 99 percent.

Keywords: artificial intelligence systems, digital transformation, unmanned aerial vehicles, automation of vertical farms, robotics, aquaculture, northern Non-Black Earth region.

For citation: Ronzhin A.L., Savel'ev A.I. Sistemy iskusstvennogo intellekta v reshenii zadach tsifrovizatsii i robotizatsii agropromyshlennogo kompleksa [Artificial intelligence systems for solving problems of agro-industrial complex digitalization and robotization]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2022. Vol. 16. N2. 22-29 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-22-29. EDN AHNJVD.

Решение задачи государственной продовольственной безопасности напрямую связано с разработкой отечественной роботизированной сельскохозяйственной техники и цифровых технологий на основе применения систем искусственного интеллекта. Проведение фундаментальных и прикладных исследований по проблемам цифровизации агропромышленного комплекса и проактивному управлению рациональным природопользованием стало ключевым направлением в развитии отечественной науки и экономики [1].

Стагнация аграрного бизнеса в регионах северо-го Нечерноземья привела к уменьшению площадей пашни, сельскохозяйственных угодий, выводу их из хозяйственного оборота, деградации производственной и социальной инфраструктуры, снижению доходов и сельской безработице, обезлюдиванию сельских территорий [2, 3]. Рассредоточенность сельскохозяйственных угодий, мелкоконтурность полей в Нечерноземной зоне России увеличивают затраты на внутрихозяйственную логистику при выращивании культур и уборке урожая, что актуализирует применение технологий больших данных, систем искусственного интеллекта для компьютерного моделирования и управления процессом планирования работы сельскохозяйственной техники. Рост конкуренции за сельскохозяйственные угодья в Черноземье и на Юге России, усиление погодно-климатических аномалий при глобальном изменении климата объективно по-

вышают роль в обеспечении продовольственной безопасности регионов с относительно невысоким агроклиматическим потенциалом, с низкой вероятностью засух, хорошо обеспеченных чистой пресной водой, к каковым принадлежит Ленинградская область и регионы Европейского Севера [4, 5].

Усиление значимости «зеленой» повестки (*ESG-трансформация*) повышает актуальность ускоренной адаптации и дополнительной поддержки инвестиций:

- в модернизацию хранения и обращения с навозом и пометом, являющихся крупными источниками эмиссии парниковых газов;
- в *No-Till, Mini-Till* технологии, уменьшающие потребление топлива при обработке земель;
- в повышение энергоэффективности на животноводческих фермах и комплексах;
- в системы точного земледелия для дозированного внесения удобрений и другие ресурсосберегающие технологии;
- в освоение комплексных цифровых систем управления в животноводстве и растениеводстве [6, 7].

Перечисленные факторы обуславливают актуальность цифровой трансформации организационно-технологических процессов и переход на роботизированные технологии сельскохозяйственного производства [8-10].

Цель исследования – разработка алгоритмов управления беспилотных воздушных судов на ос-

нове численных методов машинного обучения, обеспечивающих мониторинг состояния сельскохозяйственных культур и улучшение качества планирования и оперативного управления процессом производства.

Повышение интеллектуализации и автономизации функционирования создаваемых технических и технологических решений в области сельского хозяйства на основе систем искусственного интеллекта обеспечивает цифровую трансформацию организационных-технологических процессов агроэкологического производства.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Для достижения указанной цели в рамках исследований Санкт-Петербургского Федерального исследовательского центра РАН (СПб ФИЦ РАН) применяются и разрабатываются оригинальные методы машинного обучения, инженерии знаний и компьютерного моделирования организационно-технологических процессов жизненного цикла технических объектов в промышленности и продукции в народном хозяйстве, а также математические и алгоритмические модели, методы и опытные образцы проактивных средств автоматизации информационного, физического и энергетического взаимодействия гетерогенных робототехнических и киберфизических комплексов. Основное внимание СПб ФИЦ РАН уделяет междисциплинарным исследованиям на стыке информатики, робототехники и агроэкологического производства (рис. 1).

Разработана схема реализации научного задания Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук (СПИИРАН – SPIIRAS – *St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences*) в области информационных технологий, автоматизации, математического моделирования и фундаментального опыта Санкт-Петербургского научно-исследовательского центра экологической безопасности Российской академии наук (НИЦЭБ РАН – SRCES RAS – *St. Petersburg Scientific Research Centre for Ecological Safety of the Russian Academy of Sciences*), Института озераведения Российской академии наук (ИНОЗ РАН – IL RAS – *Institute of Limnology of the Russian Academy of Sciences*) в отрасли аквакультуры и экспертных знаний Института аграрной экономики и развития сельских территорий (ИАЭРСТ – IAERD – *Institute of Agricultural Economics and Rural Development*), Северо-западного центра междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения (СЗЦППО – N-W CIRPFM – *North-West Centre of Interdisciplinary Researches of Problems of Food Maintenance*), Новгородского научно-исследовательского института сельского хозяйства (НИИСХ – NSRAI – *Novgorod Research Agriculture Institute*) в растениеводстве и животноводстве регионов северного Нечерноземья.

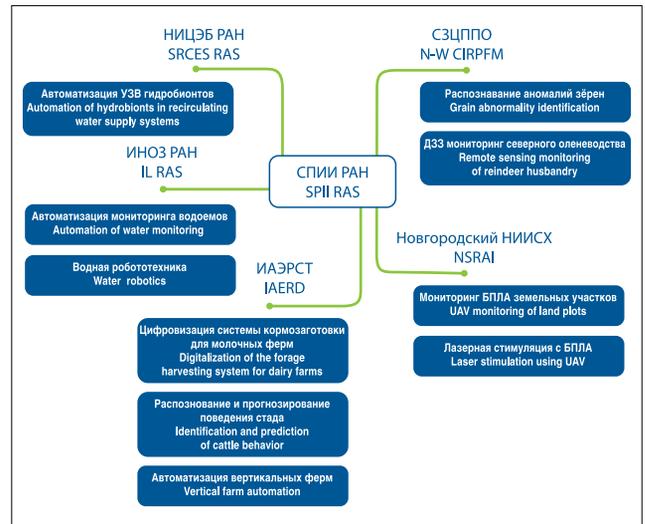


Рис. 1. Междисциплинарные исследования Санкт-Петербургского Федерального исследовательского центра РАН в области сельского хозяйства:

Fig. 1. Interdisciplinary research of the St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences in the field of agriculture SPC RAS

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. В направлении роботизации и автоматизации техники и технологий в агропромышленном комплексе разработаны [11-16]:

- цифровое обеспечение составления задания группе беспилотных воздушных судов (БВС) по обработке мелкоконтурных земельных участков открытого грунта (мониторинг, лазерная стимуляция, опрыскивание) и обработки результатов аэрофотосъемки;
- беспроводные средства автоматизации управления оборудованием аэро- и гидропонных вертикальных ферм и аквакультуры на установках замкнутого водоснабжения.

Для решения задач специального назначения разработано моделирование управления группой БВС в условиях активных возмущений внешней среды на основе математических моделей (рис. 2). Их диверсификация обеспечила проектирование модельно-алгоритмического обеспечения планирования и управления полетом БВС при обработке заданной сельскохозяйственной территории в ходе опрыскивания, лазерной стимуляции культур на открытом грунте.

В СПб ФИЦ РАН налажен серийный выпуск БВС и навесного оборудования к ним (рис. 3).

Последняя версия БВС имеет следующие характеристики:

- масса полезной нагрузки – до 12 кг;
- время полета – до 35 мин;
- автономные взлет и посадка;
- движение по заранее заданному маршруту;
- выполнение задач в ключевых точках.

Аппарат предназначен для распыления различных видов жидких удобрений, внесения сухих ве-

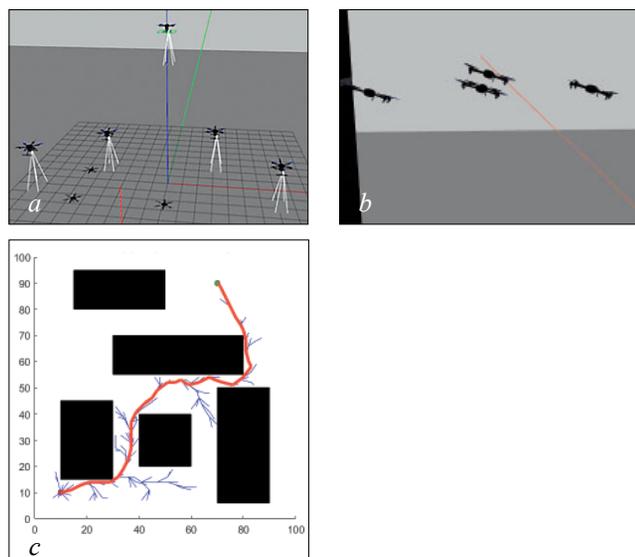


Рис. 2. Моделирование управления БВС: а – движение группы 5 БВС мультироторного типа в формации «клин» методом «лидер – ведомый»; б – моделирование движения группы БВС в формации «ромб» при сильном ветре; с – планирование траектории полета БВС в среде с препятствиями

Fig. 2. UAV control simulation: a – movement of a group of 5 multi-rotor UAVs in the “wedge” sliding mode based on the “leader-follower” method; b – modeling the group of UAVs movement in the “rhombus” mode exposed to a strong wind; c – UAV flight trajectory planning in an environment with obstacles

ществ, гранулированных удобрений, специализированных насекомых, лазерной стимуляции, мониторинга посредством мультиспектральной или видимого спектра видеокamеры.

В ходе исследования разработаны новые алгоритмы планирования движения БВС для решения сельскохозяйственных задач [17-18]. Проведено несколько полевых испытаний, в том числе собранных БВС и созданных алгоритмов движения. Разработанный алгоритм для построения траектории, равномерно покрывающей заданный участок, используется также для фотосъемки, внесения и распределения сухих и жидких удобрений по всей обрабатываемой территории. Во время маневров БВС должны замедляться, вращаться и ускоряться, увеличивается время полета и, следовательно, потребление энергии. Разработанный алгоритм рассчитывает энергоэффективную траекторию покрытия в результате сокращения маневров БВС и сглаживания пути. Для апробации энергоэффективности проведены эксперименты, которые заключались в полете БВС по трем траекториям, и сравнение остатка заряда аккумулятора после полета (табл. 1). Остаточный заряд аккумулятора после полета на двух участках увеличился на 6 процентных пунктов, то есть потребление энергии при полете БВС сократилось.

Для решения задач по доставке тяжелого оборудования до назначенной точки на карте проведен ряд



Рис. 3. Серийно выпускаемые БВС и навесное оборудование: а – пример БВС; б – лазерный блок для стимуляции растений; с – система полива; д – захват для транспортировки грузов; е – бортовая видеокamera

Fig. 3. Mass-produced UAVs and attachments: a – an UAV sample; b – laser block for plant stimulation; c – irrigation system; d – grab for goods transportation; e – onboard video camera

Таблица 1		Table 1	
СРАВНЕНИЕ ОСТАТОЧНОГО ЗАРЯДА АККУМУЛЯТОРА БВС*, %			
COMPARISON OF THE UAV BATTERY REMAINING CHARGE*, %			
№ участка Plot number	Вариант 1 Option 1	Вариант 2 Option 2	Вариант 3 Option 3
1	82	84	88
2	26	30	32

*Вариант 1 – построение траектории покрытия существующим стандартным алгоритмом; вариант 2 – построение траектории с сокращением количества маневров; вариант 3 – построение траектории с оптимальным направлением развертки и сглаживанием
 *Option 1 – building a coverage trajectory using the existing standard algorithm; option 2 – building a trajectory to reduce the number of maneuvers; option 3 – building a trajectory with the optimal sweep direction and smoothing

экспериментов на реальном БВС (табл. 2). Измеряли длину пройденного пути, расчетное время полета, реальное время полета и среднюю скорость. Движение БВС в данных экспериментах проходило в среде с высоким содержанием статических препятствий. Первая полетная миссия имела самую искривленную траекторию полета, поэтому за 944 секунды БВС преодолел расстояние меньшее, чем во второй миссии. На выполнение третьей полетной миссии по перемещению БВС с грузом 8 кг на расстояние 5550 м со скоростью 10 м/с затрачена 831 секунда

да. Траектория в третьей миссии имела минимальное искривление и позволяла избегать лишних энергозатратных маневров при функционировании БВС, а также сократить расстояние до назначенной точки. Выбранная скорость движения не препятствовала БВС совершению сложных маневров по обходу различных объектов. Применение БВС для обработки сельскохозяйственных территорий обеспечивает ряд преимуществ:

- простота настройки скорости движения;
- возможность удержания положения в точке обработки на заданное время;
- стабильность полета, обеспечиваемая контроллером;
- автономное функционирование;
- применение различного программного обеспечения для реализации полетных задач.

Показатели Indicators	Полет 1 Flight 1	Полет 2 Flight 2	Полет 3 Flight 3
Длина пройденного пути, м Distance traveled, m	3980	5550	5350
Расчетное время полета, с Estimated flight time, s	657	689	689
Реальное время полета, с Real flight time, s	944	1000	831
Средняя скорость, м/с Average flight speed, m/s	7	7	10

В целях комплексной автоматизации вертикальных гидропонных и аэропонных ферм и установок замкнутого водоснажения разработаны беспроводные средства сенсорной и управляющей систем (рис. 4):

- светодиодное освещение для выращиваемых растений;
- системы для контроля и автоматизации цикла выращивания;
- система мониторинга фитопатологий;
- сенсорные системы для анализа состояния среды;
- интерфейс авторизации;
- интерфейс отслеживания показателей датчиков;
- интерфейсы управления контейнерами, конфигурациями и технологиями выращивания;
- веб-интерфейсы для удаленного управления подключенными теплицами.

Разработанные средства открывают возможность прямого и удаленного управления, масштабируемости при расширении числа подключаемых ферм для контролирования процессом выращивания через Интернет.

При помощи мультиспектральной камеры, уста-

новленной на БВС, проводится съемка вертикальной фермы, что позволяет получить данные о состоянии растений. Сегментация и классификация однородных по цвету участков растений при помощи различных методов машинного обучения позволяет идентифицировать болезни. Расчет среднего значения спектрального нормализованного разностного вегетативного индекса *NDVI* позволяет определить состояние растения (рис. 4d). Результаты эксперимента достигают показателей точности 99% для обучающегося классификатора на основе метода *Random Forests*, демонстрируя его надежную работу для сегментации наличия болезней.

Обработка данных с мультиспектральной камеры БВС осуществляется несколькими способами. После виньетирования и орторектификации изображений результаты выводятся с использованием индексов растительности для определения фитопатологий. Для обработки данных изображений используются также различные инструменты: искусственные нейронные сети (*ANNs*), деревья решений (*Decision Trees*), метод *k*-средних, *k*-ближайших соседей, машины опорных векторов (*SVM*) и регрессионный анализ. Такие методы машинного обучения помогут быстро и надежно сегментировать интересующие области, а в комбинации со спектральными индексами позволят извлечь информацию о состоянии растений.

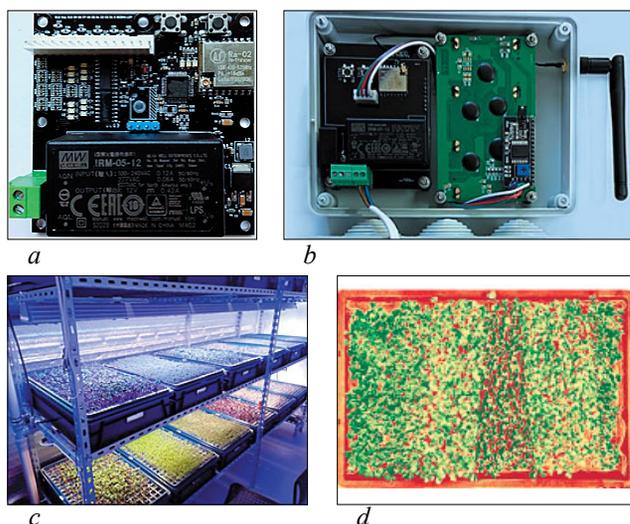


Рис. 4. Примеры автоматизации вертикальной фермы: а – беспроводной модуль управления группами света; б – беспроводной модуль управления группами устройств; в – стойка с контейнерами; д – изображение контейнера микрозелени в инфракрасном спектре для определения фитопатологий

Fig. 4. Examples of vertical farm automation: a – wireless module for light group control; b – wireless module for device group control; c – container rack; d – image of a container of microgreens in the infrared spectrum to determine phytopathologies

В направлении цифровизации сельскохозяйственного производства разрабатываются:



- тематические сервисы мониторинга и прогнозирования развития пространственных объектов и процессов;

- технологии машинного обучения распознавания скрытых аномалий семян зерна на примере анализа рентгеновских томографических изображений;

- технологии оперативного контроля здоровья и физиологического состояния стада животных для своевременной организации необходимых зооветеринарных мероприятий, корректировки рационов кормления;

- методологическое и цифровое обеспечение проектирования адаптивной системы кормопроизводства средних и малых предприятий молочного животноводства в регионах северного Нечерноземья.

Дистанционное зондирование сельскохозяйственных культур, мониторинг их состояния, аэроландшафтная оценка местности, получаемая с помощью цифровых технологий на конкретных площадях сельскохозяйственных угодий, позволит повысить качество планирования и оперативного управления процессом кормопроизводства, что повысит устойчивость производства к погодным рискам, снизит ресурсоемкость и стоимость кормов.

Выводы. Диверсификация технологий СПИИРАН с привлечением междисциплинарных фундаменталь-

ных знаний подразделений СПб ФИЦ РАН в области экологии и сельского хозяйства позволяют создавать пакетные решения по цифровизации и роботизации агропромышленного комплекса. Разработанные системы искусственного интеллекта использованы во многих сферах аграрного производства:

- мониторинг состояния земельных участков, выращиваемых культур;

- лазерная стимуляция с применением БВС;

- мониторинг фитопатологий растений;

- выявление скрытых дефектов зерна.

Комплексная автоматизация систем проактивного управления жизненным циклом производства, хранения и транспортировки продукции вертикальных ферм и аквакультуры обеспечивает не только стабильную работу, но и регистрацию всех сенсорных данных, управляющих воздействий, показателей качества и количества урожая, что обеспечивает возможность более точной интеллектуальной настройки.

Определили, что разработанное программно-аппаратное обеспечение позволило увеличить остаточный заряд аккумулятора БВС после полета на 6 п.п. Улучшили точность идентификации участков растений с фитопатологиями на основе анализа изображений с мультиспектральной камеры до 99%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лобачевский Я.П., Дорохов А.С. Цифровые технологии и роботизированные технические средства для сельского хозяйства // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2021. Т. 15. №4. С. 6-10.
2. Никонова Г.Н., Трафимов А.Г., Никонов А.Г. Ресурсный потенциал и институциональные условия развития рынка сельскохозяйственных угодий // *Научное обозрение: теория и практика*. 2019. Т. 9. №12(68). С. 1758-1774.
3. Никонова Г.Н., Трафимов А.Г. Мелиоративное состояние сельскохозяйственных угодий в системе факторов эффективного их использования // *Научное обозрение: теория и практика*. 2018. №11. С. 24-40.
4. Суровцев В.Н., Никулина Ю.Н. Стратегия развития молочного скотоводства на Северо-Западе России // *Молочное и мясное скотоводство*. 2018. №6. С. 2-5.
5. Surovtsev V.N., Nikulina Yu., Payurova E. Development of organic milk production in Russia: preferred regions from the perspective of sustainability. *Agriculture Digitalization and Organic Production*. 2022. 4. 41-51.
6. Брюханов А.Ю., Попов В.Д., Васильев Э.В., Шалавина Е.В., Уваров Р.А. Анализ и решения экологических проблем в животноводстве // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2021. Т. 15. №4. С. 48-55.
7. Dellmann T., Berns K. Toward a Realistic Simulation for Agricultural Robots. *Agriculture Digitalization and Organic Production*. 2022. 3-13.
8. Костяев А.И., Суровцев В.Н., Ронжин А.Л. Цифровизация сельского хозяйства и органическое производство // *Вестник Российской академии наук*. 2021. Т. 91. №12. С. 1179-1182.
9. Letunov S.B., Arkhipov M.V., Tyukalov Y., Danilova T., Potrakhov N., Staroverov N. Managed grain production as an element of rational nature management, ensuring the production of economically valuable grain with a minimum level of hidden damage. *Agriculture Digitalization and Organic Production*. 2022. 245. 103-112.
10. Суровцев В.Н., Паюрова Е.Н., Никулина Ю.Н., Шульгин И.К., Лужняк В.Д., Савельев А.И. Освоение цифровых технологий как фактор повышения конкурентоспособности производства органического молока // *Молочное и мясное скотоводство*. 2021. №2. С. 3-7.
11. Севостьянова Н.Н., Янин А.П., Лебедев И.В. Лазерное излучение как инструмент стимуляции роста растений // *Теория и практика мировой науки. Раздел: Сельскохозяйственные и биологические науки*. 2021. №8. С. 29-33.
12. Севостьянова Н.Н., Лебедев И.В., Лебедева В.В., Ватаманюк И.В. Инновационный подход к автоматизированной фотоактивации посевных площадей посредством БпЛА с целью стимуляции роста культур // *Информатика и автоматизация*. 2021. Т. 20. №6. С. 1395-1417.
13. Астапова М.А., Аксаментов Е.А. Использование спек-

тральных ландшафтных индексов для детектирования препятствий в задачах навигации мобильных робототехнических платформ на сельскохозяйственных территориях // *Известия Юго-Западного государственного университета*. 2021. Т. 25. №1. С. 66-81.

14. Качанова О.А., Левоневский Д.К. Архитектура программного обеспечения автоматизированного тепличного комплекса на основе облачных технологий // *Программная инженерия*. 2021. №9. С. 475-489.
15. Lebedev I., Lebedeva V. Analysis of «Leader – Followers» Algorithms in Problem of Trajectory Planning for a Group of Multi-rotor UAVs. *Software Engineering Application in Informatics*. 2021. 1. 870-884.

16. Krestovnikov K., Korshunov D., Erashov A., Rogozin A. Scalable Architecture of Distributed Control System for Industrial Greenhouse Complexes. *Data Science and Intelligent Systems*. 2021. 2. 127-132.
17. Крестовников К.Д., Ерашов А.А., Васюнина Ю.Г., Савельев А.И. Разработка устройства сопряжения для модульной сельскохозяйственной робототехнической платформы // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022. Т. 16. №1. С. 78-88.
18. Izhboldina V., Lebedev I., Shabanova A. Approach to UAV swarm control and collision-free reconfiguration. *Smart Innovation, Systems and Technologies*. 2021. 187. 81-92.

REFERENCES

1. Lobachevskiy Ya.P., Dorokhov A.S. Tsifrovye tekhnologii i robotizirovannyye tekhnicheskiye sredstva dlya sel'skogo hozyaystva [Digital technologies and robotic devices in the agriculture]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2021. Vol. 15. №4. 6-10 (In Russian).
2. Nikonova G.N., Trafimov A.G., Nikonov A.G. Resursnyy potentsial i institutsional'nye usloviya razvitiya rynka sel'skokhozyaystvennykh ugodiy [Resource potential and institutional conditions for the development of the agricultural land market]. *Nauchnoe obozrenie: teoriya i praktika*. 2019. Vol. 9. №12(68). 1758-1774 (In Russian).
3. Nikonova G.N., Trafimov A.G. Meliorativnoe sostoyanie sel'skokhozyaystvennykh ugodiy v sisteme faktorov effektivnogo ikh ispol'zovaniya [Ameliorative condition of agricultural land in the system of factors for their effective use]. *Nauchnoe obozrenie: teoriya i praktika*. 2018. №11. 24-40 (In Russian).
4. Surovtsev V.N., Nikulina Yu.N. Strategiya razvitiya molochnogo skotovodstva na Severo-Zapade Rossii [Strategy of dairy cattle development in the north-west of Russia]. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo*. 2018. №6. 2-5 (In Russian).
5. Surovtsev V.N., Nikulina Yu., Payurova E. Development of organic milk production in Russia: preferred regions from the perspective of sustainability. *Agriculture Digitalization and Organic Production*. 2022. 4. 41-51 (In English).
6. Bryukhanov A.Yu., Popov V.D., Vasil'ev E.V., Shalavina E.V., Uvarov R.A. Analiz i resheniya ekologicheskikh problem v zhivotnovodstve [Analysis and solutions to environmental problems in livestock farming]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2021. Vol. 15. №4. 48-55 (In Russian).
7. Dellmann T., Berns K. Toward a Realistic Simulation for Agricultural Robots. *Agriculture Digitalization and Organic Production*. 2022. 3-13 (In English).
8. Kostyaev A.I., Surovtsev V.N., Ronzhin A.L. Tsifrovizatsiya sel'skogo khozyaystva i organicheskoe proizvodstvo [Digitalization of agriculture and organic production]. *Vestnik Rossiyskoy akademii nauk*. 2021. Vol. 91. №12. 1179-1182 (In Russian).
9. Letunov S.B., Arkhipov M.V., Tyukalov Y., Danilova T., Potrakhov N., Staroverov N. Managed grain production as an element of rational nature management, ensuring the production of economically valuable grain with a minimum level of hidden damage. *Agriculture Digitalization and Organic Production*. 2022. 245. 103-112 (In English).
10. Surovtsev V.N., Payurova E.N., Nikulina Yu.N., Shul'gin I.K., Luzhnyak V.D., Savel'ev A.I. Osvoenie tsifrovyykh tekhnologiy kak faktor povysheniya konkurentosposobnosti proizvodstva organicheskogo moloka [Digital technologies application as a factor in increasing organic milk production competitiveness]. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo*. 2021. №2. 3-7 (In Russian).
11. Sevost'yanova N.N., Yanin A.P., Lebedev I.V. Lazernoe izluchenie kak instrument stimulyatsii rosta rasteniy [Laser radiation as a tool for stimulating plant growth]. *Teoriya i praktika mirovoy nauki. Razdel: Sel'skokhozyaystvennyye i biologicheskiye nauki*. 2021. №8. 29-33 (In Russian).
12. Sevost'yanova N.N., Lebedev I.V., Lebedeva V.V., Vatamanuk I.V. Innovatsionnyy podkhod k avtomatizirovannoy fotoaktivatsii posevnykh ploshchadey posredstvom BpLA s tsel'yu stimulyatsii rosta kul'tur [An innovative approach to automated photo-activation of crop acreage using uavs to stimulate crop growth]. *Informatika i avtomatizatsiya*. 2021. Vol. 20. №6. 1395-1417 (In Russian).
13. Astapova M.A., Aksamentov E.A. Ispol'zovanie spektral'nykh landshaftnykh indeksov dlya detektirovaniya prepyatstviy v zadachakh navigatsii mobil'nykh robototekhnicheskikh platform na sel'skokhozyaystvennykh territoriyakh [Use of spectral landscape indices for obstacle detection in the tasks of mobile robotic platforms navigation in agricultural areas]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta*. 2021. Vol. 25. №1. 66-81 (In Russian).
14. Качанова О.А., Левоневский Д.К. Архитектура программного обеспечения автоматизированного тепличного комплекса на основе облачных технологий [Software architecture of an automated greenhouse complex based on cloud technologies]. *Программная инженерия*. 2021. №9. 475-489 (In Russian).
15. Lebedev I., Lebedeva V. Analysis of «Leader – Followers»



- Algorithms in Problem of Trajectory Planning for a Group of Multi-rotor UAVs. *Software Engineering Application in Informatics*. 2021. 1. 870-884 (In English).
16. Krestovnikov K., Korshunov D., Erashov A., Rogozin A. Scalable Architecture of Distributed Control System for Industrial Greenhouse Complexes. *Data Science and Intelligent Systems*. 2021. 2. 127-132 (In English).
17. Krestovnikov K.D., Erashov A.A., Vasyunina Yu.G., Savel'ev A.I. Razrabotka ustroystva sopryazheniya dlya modul'noy sel'skokhozyaystvennoy robototekhnicheskoy platformy [Development of interface device for modular agricultural robotic platform]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2022. Vol. 16. N1. 78-88 (In Russian).
18. Izhboldina V., Lebedev I., Shabanova A. Approach to UAV swarm control and collision-free reconfiguration. *Smart Innovation, Systems and Technologies*. 2021. 187. 81-92 (In English).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Заявленный вклад соавторов:

Ронжин А.Л. – выбор основных направлений исследований, систематизация результатов исследований, формирование общих выводов.

Савельев А.И. – разработка модельно-алгоритмического обеспечения, постановка экспериментов, обработка результатов исследований.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Coauthors' contribution:

Ronzhin A.L. – selection of main research directions, research results systematization, formulating general conclusions.

Saveliev A.I. – development of models and algorithms, conducting experiments, research result processing.

The authors read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию
Статья принята к публикации

The paper was submitted to the Editorial Office on
The paper was accepted for publication on

08.02.2022
28.04.2022

Тяговый расчет модульного энерготехнологического средства с учетом кинематического несоответствия привода ведущих осей

Александр Владимирович Лавров¹,
кандидат технических наук,
e-mail: vimlavrov@mail.ru;
Виктор Александрович Воронин²,
аспирант,
e-mail: voron-va@yandex.ru;

Максим Владимирович Сидоров³,
кандидат технических наук,
e-mail: sidorov.maxim.79@mail.ru;
Игорь Анатольевич Пехальский¹,
кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник,
e-mail: dissovet-vim@mail.ru

¹Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация;

²Брянский государственный аграрный университет, г. Брянск, Российская Федерация;

³Калужский филиал Российского государственного аграрного университета – Московской сельскохозяйственной академии им К.А. Тимирязева, г. Калуга, Российская Федерация

Реферат. Показали, что мощность двигателя энергонасыщенных тракторов зачастую используется неполностью. Отметим вариант решения этой задачи: применение технологической части агрегата в качестве активного сцепного веса, для чего создано модульное энерготехнологическое средство. (*Цель исследования*) Определить тяговый КПД блочно-модульного энерготехнологического средства при наличии кинематического несоответствия колес трактора. (*Материалы и методы*) Систему уравнений равновесия транспортно-технологического модуля при свободной навеске на энергетический модуль представили в виде суммы проекций сил на оси. Касательную силу тяги и силу сопротивления качению каждой оси энергосредства выразили через соответствующие нормальные реакции почвы. При расчете многоосных ходовых систем приняли во внимание, что коэффициент сопротивления качению зависит от количества проходов колеса по одному следу и степени деформирования почвы предыдущими проходами. Нормальные реакции почвы на опоры энергетического модуля определили, рассматривая модульное энерготехнологическое средство в целом, приравнявая к нулю сумму проекции сил на ось OZ и сумму моментов относительно точки контакта с почвой передних колес энергетического модуля. (*Результаты и обсуждение*) Исследовали влияние кинематического несоответствия третьего моста относительно второго на КПД ходовой части. Анализируя зависимость КПД ходовой системы от кинематического несоответствия первого и третьего мостов при тяговом усилии 30 килоньютонов, отметили экстремумы всех зависимостей при кинематическом несоответствии третьего моста относительно второго, отличного от единицы. (*Выводы*) Выявили закономерность изменения КПД ходовой системы модульного энерготехнологического средства от кинематического несоответствия третьего моста относительно второго при заданном кинематическом несоответствии первого моста относительно второго, которые конструктивно существуют у колесных тракторов 4К4. Определили превышение значений КПД ходовой системы при кинематическом несоответствии третьего моста, равном 1,04-1,06, если имеется конструктивное кинематическое несоответствие первого моста относительно второго в пределах 1,06-1,08.

Ключевые слова: тяговый расчет, блочно-модульное энерготехнологическое средство, ходовая система, тяговый КПД, кинематическое несоответствие.

Для цитирования: Лавров А.В., Воронин В.А., Сидоров М.В., Пехальский И.А. Тяговый расчет модульного энерготехнологического средства с учетом кинематического несоответствия привода ведущих осей // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022. Т. 16. №2. С. 30-36. DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-30-36. EDN CGRKFC.

Traction Calculation for Modular Energotechnological Unit Given Kinematic Mismatch of Driving Axles

Alexander V. Lavrov¹,
Ph.D.(Eng.), e-mail: vimlavrov@mail.ru;
Viktor A. Voronin²,
Ph.D. student (Eng.), e-mail: voron-va@yandex.ru;

Maxim V. Sidorov³,
Ph.D.(Eng.), e-mail: sidorov.maxim.79@mail.ru;
Igor A. Pekhalskiy¹,
Ph.D.(Eng.), leading researcher, e-mail: dissovet-vim@mail.ru



¹Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation;

²Bryansk State Agrarian University, Bryansk, Russian Federation;

³Kaluga branch of Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Kaluga, Russian Federation

Abstract. The power of the engine of energy-saturated tractors often proves not to be fully used. One of the solutions to this problem might be the use of the unit technological part as an active coupling weight. To implement it, an energotechnological modular unit was created. (*Research purpose*) The purpose of the study is to determine the traction efficiency of a block-modular energotechnological unit given a kinematic discrepancy between the tractor wheels. (*Materials and methods*) The system of equilibrium equations for the transport-technological module being free-attached to the energy module is presented as the sum of forces projections on the axis. The tangent thrust force and the rolling resistance force of each axle of the energy vehicle were expressed through the corresponding normal soil reactions. When calculating multi-axle running systems, it was taken into account that the rolling resistance coefficient depends on the number of wheel passes along one trace and the degree of soil deformation by previous passes. Normal reactions of the soil to the energy module supports have been determined by considering the modular energotechnological unit as a whole, equating to zero the sum of the forces projection on the OZ axis and the sum of the moments at the point of contact between the energy module's front wheels and the soil. (*Results and discussion*) The influence of the kinematic mismatch between the third axle and the second one on the undercarriage efficiency was investigated. Analyzing the dependence of the running system efficiency on the kinematic mismatch of the first and third axles at the traction of 30 kilonewtons, the extremes of all the dependencies at the kinematic mismatch between the third bridge and the second one different unit were detected. (*Conclusions*) It has been revealed that the change in the efficiency of the chassis system of the modular energotechnological unit depends on the kinematic mismatch between the third axle and the second one at a predetermined kinematic mismatch between the first axle and the second axle, which is a structural feature for 4K4 wheeled tractors. The excess in the values of running system efficiency equals 1.04-1.06 if the constructive kinematic mismatch between the third bridge and the second one is within 1.06-1.08.

Keywords: traction calculation, modular energotechnological unit, running system, traction efficiency, kinematic mismatch.

For citation: Lavrov A.V., Voronin V.A., Sidorov M.V., Pekhalskiy I.A. Tyagovyy raschet modul'nogo energotekhnologicheskogo sredstva s uchetom kinematicheskogo nesootvetstviya privoda vedushchikh osey [Traction calculation for modular energotechnological unit given kinematic mismatch of driving axles]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2022. Vol.16. N2. 30-36 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-30-36. EDN CGRKFC.

Современный этап развития тракторостроения характеризуется активным применением в конструкции тракторов средств автоматического контроля и управления технологическими процессами, повышением технического и технологического уровня [1-3].

Все более реальными становятся перспективы применения сельскохозяйственного трактора в качестве мобильного источника энергии и эволюционного перехода от тяговой к тягово-энергетической концепции [4-6].

С 80-х годов прошлого столетия по настоящее время основное направление развития технологических качеств сельскохозяйственных тракторов – повышение производительности – идет по пути увеличения энергонасыщенности [7-9]. Заложенный резерв мощности двигателя в этих тракторах используется для постоянного отбора на привод активных рабочих органов сельхозмашин и при штатной эксплуатационной массе не может быть полностью реализован в тяговом режиме [10-11].

Для реализации избытка мощности тракторов тягово-энергетической концепции применяют балластирование или модульную систему агрегатиро-

вания [12-14]. При балластировании трактор переходит в следующий тяговый класс и относится к сфере тяговой концепции. При модульной системе агрегатирования в качестве сцепного веса используется вес не только трактора, но и всего агрегата, включая технологический модуль [15].

Чтобы задействовать технологическую часть агрегата в качестве активного сцепного веса, на основании проведенных исследований было создано модульное энерготехнологическое средство (МЭС) [16-19].

Трактор высокой энергонасыщенности, в дальнейшем называемый энергетическим модулем (ЭМ), комплектуют с транспортно-технологическим модулем (ТТМ) с активными колесами, приводимыми от двигателя (рис. 1). ТТМ агрегируется на навесное устройство, что облегчает его подсоединение к трактору и отсоединение. Для агрегатирования с сельскохозяйственными машинами ТТМ имеет собственные тягово-сцепные устройства и вал отбора мощности [20-22].

Цель исследования – определить тяговый КПД блочно-модульного энерготехнологического средства при наличии кинематического несоответствия

колес трактора.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Рассмотрим отдельно ТТМ. Влияние энергомодуля учтем силами, действующими, соответственно, в нижних и верхней тягах его навески (рис. 1).

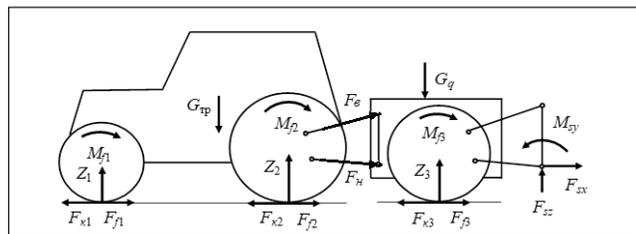


Рис. 1. Схема к силовому анализу модульного энергетического средства: Z_1, Z_2 и Z_3 – нормальные реакции почвы на колеса ЭМ и ТТМ; F_{k1}, F_{k2} и F_{k3} – касательные силы тяги колес ЭС и ТТМ; F_{f1}, F_{f2} и F_{f3} – силы сопротивления качению колес ЭМ и ТТМ; F_n, F_b – силы, действующие, соответственно, в нижних и верхней тягах навески энергомодуля; M_{f1}, M_{f2} и M_{f3} – моменты сопротивления качению колес ЭМ и ТТМ; G_{tp} и G_q – соответственно, вес ЭМ и ТТМ; F_{sx}, F_{sz} и M_{sv} – проекции главного вектора и главного момента, действующие на ЭТС в продольно-вертикальной плоскости со стороны сельхозмаши

Fig. 1. Scheme for the power analysis of a modular energy unit: Z_1, Z_2 and Z_3 – soil normal reactions to the energy module (EM) and transport and technological module (TTM) wheels; F_{k1}, F_{k2} and F_{k3} – tangent thrust forces of energy unit (EU) and TTM wheels; F_{f1}, F_{f2} and F_{f3} – rolling resistance forces of EM and TTM wheels; F_n, F_b – the forces acting in the lower and upper links of the unit hitch, respectively; M_{f1}, M_{f2} and M_{f3} – rolling resistance moments of EM and TTM wheels; G_{tp} and G_q – the weight of EM and TTM, respectively; F_{sx}, F_{sz} , and M_{sv} – the main vector and the main moment projections, acting on the energytechnological unit (MTU) in the longitudinal-vertical plane on the agricultural machine side

Систему уравнений равновесия ТТМ при свободной навеске на энергетический модуль запишем в виде суммы проекций сил на оси OX и OZ и точки пересечения вертикальной оси ТТМ с опорной поверхностью:

$$\begin{aligned} \sum X &= F_n \cos \varphi_n + F_b \cos \varphi_b - F_{k3} + F_{f3} + F_{sx} = 0; \\ \sum Z &= F_n \sin \varphi_n + F_b \sin \varphi_b + Z_3 - G_q + F_{sz} = 0; \\ \sum M_q &= F_n(h_n \cos \varphi_n + l_n \sin \varphi_n) + \\ &+ F_b(h_b \cos \varphi_b + l_b \sin \varphi_b) + \\ &+ M_{f3} - G_q l_q + F_{sx} h_s - F_{sz} l_s - M_{sv} = 0, \end{aligned} \quad (1)$$

где F_n, F_b – силы, действующие, соответственно, в нижних и верхней тягах навески энергомодуля, кН;

φ_b, φ_n – углы наклона этих тяг, град.;

l и h – соответственно, продольные и вертикальные расстояния точек приложения сил до середины пятна контакта колес ТТМ с почвой, м.

Координата l_q считается положительной, если ли-

ния действия силы веса G_q находится слева от оси колес ТТМ.

Касательная сила тяги и сила сопротивления качению j -ой оси энергосредства выражаются через соответствующие нормальные реакции почвы Z_j :

$$F_{kj} = \varphi_j Z_j;$$

$$F_{fj} = f_j Z_j,$$

где φ_j и f_j – относительная касательная сила тяги и коэффициент сопротивления качению соответствующей оси.

Моменты сопротивления качению определяют по формуле: $M_{fj} = f_j F_{fj} = f_j r_{dj} Z_j$, где r_{dj} – динамический радиус колеса соответствующей оси.

При расчете многоосных ходовых систем следует иметь в виду, что коэффициент сопротивления качению зависит от количества прохода колеса по одному следу и степени деформирования почвы [16].

Если вынести за скобки влияние нормальной нагрузки Z_3 на величины r_{d3} и f_3 (которое затем учитывается при проведении итераций) и считать φ_3 параметром, то систему уравнений (1) можно рассматривать как систему линейных уравнений третьего порядка относительно величин F_n, F_b и Z_3 . Запись системы и ее решение в матричной форме имеют вид:

$$Ax = b \Rightarrow x = A^{-1}b, \quad (2)$$

$$\text{где } x = \begin{pmatrix} F_n \\ F_b \\ Z_3 \end{pmatrix};$$

$$A = \begin{pmatrix} \cos \varphi_n & \cos \varphi_b & f_3 - \varphi_3 \\ \sin \varphi_n & \sin \varphi_b & 1 \\ h_n \cos \varphi_n + l_n \sin \varphi_n & h_b \cos \varphi_b + l_b \sin \varphi_b & f_3 r_{d3} \end{pmatrix};$$

$$b = \begin{pmatrix} -F_{sx} \\ G_q - F_{sz} \\ G_q l_q + F_{sz} l_s - F_{sx} h_s + M_{sv} \end{pmatrix}.$$

Нормальные реакции почвы на опоры ЭМ определим, рассматривая ЭТС в целом (рис. 1). Приравнявая к нулю сумму проекции сил на ось OZ и сумму моментов относительно точки контакта с почвой передних колес ЭМ, получим:

$$\begin{aligned} \sum Z &= Z_1 + Z_2 + Z_3 - G_{tp} - G_q - F_{sz} = 0 \\ \sum M_1 &= M_{f1} - Z_2 l_1 + M_{f2} + G_{tp} l_{tp} - \\ &- Z_3(l_1 + l_2) + M_{f3} + \\ &+ G_q(l_1 + l_2 - l_q) + F_{sx} h_s - \\ &- F_{sz}(l_1 + l_2 + l_s) + M_{sv} = 0, \end{aligned} \quad (3)$$

где l_1 и l_2 – продольные расстояния, соответственно, от первой до второй оси и от второй до третьей оси, м;

l_{tp} – расстояние от центра масс ЭМ до первой оси, м.



При известном значении Z_3 опорной реакции ТТМ уравнения (3) представляют собой систему линейных уравнений второго порядка относительно переменных Z_1 и Z_2 , решение которой, по аналогии с (2), можно записать в матричной форме:

$$x = A^{-1}b, \text{ где } x = \begin{pmatrix} Z_1 \\ Z_2 \end{pmatrix}; \quad A = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ f_1 r_{d1} & f_2 r_{d2} - l_1 \end{pmatrix}; \quad (4)$$

$$b = \begin{pmatrix} G_{тр} + G_q + \\ Z_3(l_1 + l_2 - f_3 r_{d3}) - G_{тр} l_{тр} - G_q(l_1 + l_2 - l_q) + \\ + F_{sz} - Z_3 \\ + F_{sz}(l_1 + l_2 + l_s) - F_{sx} h_s - M_{sy} \end{pmatrix}.$$

Сила тяги (крюковое усилие), развиваемая ЭТС, складывается сил тяги, развиваемых ведущими мостами:

$$F_{кр} = F_k - F_f = (\varphi_1 - f_1)Z_1 + (\varphi_2 - f_2)Z_2 + (\varphi_3 - f_3)Z_3. \quad (5)$$

Если МЭС с заблокированным межосевым приводом имеет более одного ведущего моста, то система J -раз статически неопределима, где J – число ведущих осей. В нашем случае система дважды статически неопределима. Недостающие уравнения находим из условия равенства центров ведущих колес. Приняв в качестве базовой ось задних колес ЭМ (вторую), выразим буксование передних колес ЭМ и колес ТТМ:

$$\delta_1 = 1 - K_1(1 - \delta_2); \quad \delta_2 = 1 - K_3(1 - \delta_3),$$

где $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ – коэффициенты буксования по осям;

K_1 и K_3 – коэффициенты кинематического несоответствия колес первой и третьей оси относительно второй (базовой).

Коэффициент кинематического несоответствия удобно представить в виде произведения, первый сомножитель которого зависит от режима работы, а второй – постоянен:

$$K_j = \left(\frac{r_{B2}}{r_{Bj}} \right) \left(\frac{i_{Mj}}{i_{M2}} \right) = K_{rj} K_{ij}, \quad (6)$$

где r_B – радиус качения колеса в ведомом режиме, м;
 i_M – передаточное число привода.

Радиус качения колеса в ведомом режиме с достаточной точностью можно аппроксимировать линейной функцией нормальной нагрузки:

$$r_B = r_c(p_w) - e_r Z,$$

где $r_c(p_w)$ – свободный (без контакта с почвой) радиус колеса при данном внутришинном давлении p_w , м;
 e_r – коэффициент, учитывающий изменение ведомого радиуса от нормальной нагрузки.

Буксование колеса в общем случае зависит касательной силы тяги F_k и нормальной нагрузки Z , то есть $\delta = \delta(F_k Z)$. Эта зависимость может иметь довольно сложную структуру, так как обусловлена деформацией разнородных объектов – пневматической шины

и почвы. Однако в большинстве случаев принимается, что параметр кинематического подобия δ зависит от параметра силового подобия φ – относительной касательной силы тяги, представляющей собой комбинацию величин F_k и Z : $\varphi = F_k/Z$.

Широко известно выражение взаимосвязи между величинами δ и φ , которое допускает обращение в явном виде:

$$\delta(\varphi) = \frac{a\varphi}{b - \varphi}; \quad \varphi(\delta) = \frac{b\delta}{a + \delta}, \quad (7)$$

где a и b – эмпирические коэффициенты, зависящие не только от параметров агрофона и шины, но и от расположения оси по ходу ЭТС [8].

Совместное решение приведенных выше выражений, включающих достаточно сложные зависимости, нам удалось свести к решению одного уравнения относительно величины буксования базовой оси:

$$f(\delta_2) = 0. \quad (8)$$

Перед его решением необходимо задать начальные приближения значений нормальных нагрузок на оси, что можно сделать достаточно произвольно, так как это практически не влияет на скорость сходимости процесса. Например, в начальном приближении нагрузки на оси можно принять одинаковыми:

$$Z_1^{(0)} = Z_2^{(0)} = Z_3^{(0)} = (G_{тр} + G_q)/3.$$

Итак, для построения функции $f(\delta_2)$ задаемся значением буксования базовой оси δ_2 . С учетом кинематического несоответствия привода (6) определяем буксование δ_1 передней оси ЭМ и буксование δ_3 оси ТТМ. Далее по формулам (7) находим относительные касательные силы тяги этих осей:

$$\varphi_1 = \frac{b_1 \delta_1}{a_1 + \delta_1}; \quad \varphi_3 = \frac{b_3 \delta_3}{a_3 + \delta_3}. \quad (9)$$

Решив систему уравнений (2) равновесия ТТМ, при заданном значении φ_3 определим его опорную реакцию Z_3 . Усилия в тросах навески F_H и F_B находят «попутно» и в дальнейших расчетах не используют. Далее, из системы (4) становятся известными нормальные реакции Z_1 и Z_2 на опоры ЭМ.

Невязка уравнения тягового баланса агрегата представляет собой разность между горизонтальной составляющей сил суммарного сопротивления сельхозмашин F_{sx} и тяговым усилием $F_{кр}$, создаваемым ЭТС:

$$\varepsilon = f(\delta_2) = F_{sx} - F_{кр}.$$

Решив уравнение тягового баланса, получим значения искомых величин – распределение касательных F_{kj} и тяговых $F_{tj} = F_{kj} - F_{fj}$ усилий по осям, распределение нормальных реакций почвы Z_j , суммарные значения этих величин и т.д.

КПД ходовой части модульного энерготехнологического средства по определению равен:

$$\eta_x = \frac{F_{кр}}{\sum F_{kj} / (1 - \delta_j)}. \quad (10)$$

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Используя рассмотренную методику, исследовали влияние кинематического несоответствия третьего моста относительно второго на КПД ходовой части (рис. 2). Экстремумы всех зависимостей при кинематическом несоответствии третьего моста ($K_{н3}$) относительно второго, отличного от единицы, имеют значения ниже, чем при $K_{н3}=1$. Для значений $K_{н3}>1$ экстремумы смещаются вправо, а КПД повышается почти на 0,01.

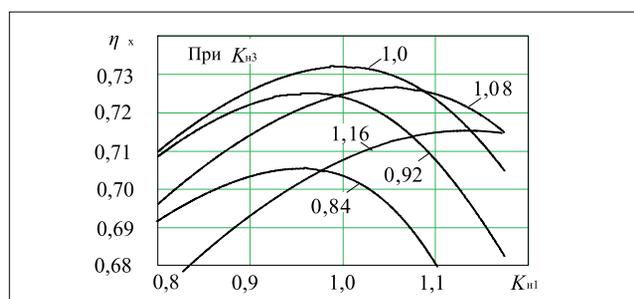


Рис. 2. Зависимость КПД ходовой системы η_x от кинематического несоответствия первого ($K_{н1}$) и третьего ($K_{н3}$) мостов при тяговом усилии МЭС $F_{кр} = 30$ кН с шагом $\Delta K_{н3} = 0,08$
 Fig.2 The dependence of η_x running system efficiency on the kinematic mismatch of the first ($K_{н1}$) and the third ($K_{н3}$) bridges at the traction of the modular energytechnological unit (MTU) of $F_{cr} = 30$ kN and a step of $\Delta K_{н3} = 0.08$

При моделировании с шагом $\Delta K_{н3} = 0,02$ выявлены значения кинематического несоответствия третьего моста ($K_{н3} = 1,04-1,06$), где превышение КПД доходило до 0,015 (рис. 3).

Особый интерес этот показатель представляет при кинематическом несоответствии первого моста относительно второго в интервале $K_{н1} = 1,06-1,08$.

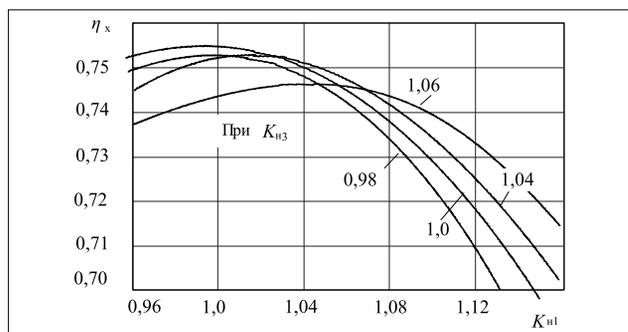


Рис. 3. Зависимость КПД ходовой системы η_x от кинематического несоответствия первого ($K_{н1}$) и третьего ($K_{н3}$) мостов при тяговом усилии МЭС $F_{кр} = 30$ кН с шагом $\Delta K_{н3} = 0,02$
 Fig. 3. Dependence of η_x running system efficiency on the kinematic mismatch of the first ($K_{н1}$) and the third ($K_{н3}$) axles at the traction of the modular energytechnological unit (MTU) of $F_{cr} = 30$ kN and a step of $\Delta K_{н3} = 0.02$

Выводы. Предложенная методика позволяет выявить закономерность изменения КПД ходовой системы модульного энерготехнологического средства от кинематического несоответствия третьего моста относительно второго при заданном кинематическом несоответствии первого моста относительно второго, которые конструктивно существуют у колесных тракторов 4К4.

Обнаружено превышение значений КПД ходовой системы при кинематическом несоответствии третьего моста, равном 1,04-1,06, если имеется конструктивное кинематическое несоответствие первого моста относительно второго в пределах 1,06-1,08.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Измайлов А.Ю., Кряжков В.М., Антышев Н.М., Елизаров В.П., Келлер Н.Д., Лобачевский Я.П., Сорокин Н.Т., Гурылев Г.С., Савельев Г.С., Сизов О.А., Шевцов В.Г. Концепция модернизации парка сельскохозяйственных тракторов России на период до 2020 года. М.: ВИМ. 2013. 87с.
- Лачуга Ю.Ф., Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П. и др. Приоритетные направления научно-технического развития отечественного тракторостроения // *Сельский механизатор*. 2021. N2. С. 3-5.
- Шевцов В.Г., Годжаев Т.З., Ерилина Е.В. Перспективы развития сельскохозяйственных мобильных энергосредств // *Тракторы и сельхозмашины*. 2018. N3. С. 25-31.
- Lankenau G.F.D., Winter A.G. An engineering review of the farm tractor's evolution to a dominant design. *ASME Journal of Mechanical Design*. 2018.
- Кутьков Г.М. Энергонасыщенность и классификация тракторов // *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 2009. N5. С. 11-14.
- Кутьков Г.М. Развитие технической концепции трактора // *Тракторы и сельхозмашины*. 2019. N1. С. 27-35.
- Lipkovich E.I., Nesmiyan A.Y., Nikitchenko S.L., et al. Agricultural tractors of the fth generation. *Scientia Iranica*. 2020. Vol. 27. N2. 745-756.
- Грибов И.В., Перевозчикова Н.В. Мощность – основной показатель для трактора тягово-энергетической концепции // *Техника и технологии АПК*. 2017. N5. С. 18-21.
- Соловьев Р.Ю., Черанев С.В., Карякин С.Б., Коломейченко А.В., Грибов И.В. Актуальность разработки высокотехнологичных тракторов тяговых классов 0,6-2 // *Техника и оборудование для села*. 2019. N11(269). С. 14-17.
- Шарипов В.М., Федоткин Р.С., Крючков В. А. и др. Экспериментальная проверка достоверности методики проектирования ведущих колес цевочного зацепления с резиноармированными гусеницами // *Известия МГТУ МАМИ*. 2017. N 3(33). С. 76-81.
- Амельченко П.А., Дубовик Д.А., Жуковский И.Н. Энер-



- гонасыщенные тракторы: структура, производство и потребности АПК Беларуси // *Вестник Белорусско-Российского университета*. 2020. N3(68). С. 5-13.
12. Кутьков Г.М. Потенциальная производительность трактора // *Тракторы и сельхозмашины*. 2017. N5. С. 48-52.
 13. Кутьков Г.М., Грибов И.В., Перевозчикова Н.В. Балластирование сельскохозяйственных тракторов // *Тракторы и сельхозмашины*. 2017. N9. С. 52-60.
 14. Шутенко В.В., Перевозчикова Н.В., Хорт Д.О. Сравнение эффективности использования балластных грузов и транспортно-технологических модулей для повышения тягово-сцепных свойств трактора // *Инновации в сельском хозяйстве*. 2019. N3(32). С. 162-168.
 15. Sidorov V.N., Voinash S.A., Ivanov A.A., Petrov S.A. Modular-Technological Scheme for Tractors of Traction Classes 1.4. *IOP Conference. Earth and Environmental Science*. 2020. Vol. 666. 042048.
 16. Сидоров М.В., Лавров А.В., Воронин В.А. Модульно-технологическая схема для тракторов тягового класса 1,4 // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2019. N4(37). С. 57-62.
 17. Сидоров В.Н. Корнюшин Ю.П., Луценко Г.М. Укрупненная математическая модель модульного энергетического средства // *Электронный журнал: наука, техника и образование*. 2017. N4(16). С. 64-69.
 18. Шутенко В.В. Перевозчикова Н.В. Математическое моделирование и оценка эффективности приводов транспортно-технологического модуля // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2020. Т. 67. N1(38). С. 87-92.
 19. Шутенко В.В., Перевозчикова Н.В. Создание алгоритма управления индивидуальным приводом ведущих колес транспортно-технологического модуля // *Агроинженерия*. 2020. N5(99). С. 10-15.
 20. Лавров А.В., Сидоров М.В., Воронин В.А. Технологический модуль для крестьянских фермерских хозяйств // *Сельский механизатор*. 2021. N3. С. 5-7.
 21. Годжаев З.Д., Шевцов В.Г., Лавров А.В., Ценч Ю.С., Зубина В.А. Стратегия машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России до 2030 года (Прогноз) // *Технический сервис машин*. 2019. N4(137). С. 220-229.
 22. Измайлов А.Ю., Кряжков В.М., Антышев Н.М., Елизаров В.П., Лобачевский Я.П., Сорокин Н.Т., Гурылев Г.С., Савельев Г.С., Сизов О.А., Шевцов В.Г. Концепция модернизации сельскохозяйственных тракторов и тракторного парка России на период до 2020 года. М.: ВИМ. 2012. 56 с.

REFERENCES

1. Izmaylov A.Yu., Kryazhkov V.M., Antyshev N.M., Elizarov V.P., Keller N.D., Lobachevskiy Ya.P., Sorokin N.T., Gurylev G.S., Savel'ev G.S., Sizov O.A., Shevtsov V.G. Kontseptsiya modernizatsii parka sel'skokhozyaystvennykh traktorov Rossii na period do 2020 goda [The concept of the agricultural tractor fleet modernization in Russia for the period up to 2020]. Moscow: VIM. 2013. 87 (In Russian).
2. Lachuga Yu.F., Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., et al. Prioritetnye napravleniya nauchno-tekhnicheskogo razvitiya otechestvennogo traktorostroeniya [Priority directions of scientific and technical development of domestic tractor building]. *Sel'skiy mekhanizator*. 2021. N2. 3-5 (In Russian).
3. Shevtsov V.G., Godzhaev T.Z., Erilina E.V. Perspektivy razvitiya sel'skokhozyaystvennykh mobil'nykh energosredstv [Perspective for the development of agricultural mobile energy]. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2018. N3. 25-31 (In Russian).
4. Lankenau G.F.D., Winter A.G. An engineering review of the farm tractor's evolution to a dominant design. *ASME Journal of Mechanical Design*. 2018 (In English).
5. Kut'kov G.M. Energonasyshchennost' i klassifikatsiya traktorov [Energy saturation and classification of tractors]. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2009. N5. 11-14 (In Russian).
6. Kut'kov G.M. Razvitie tekhnicheskoy kontseptsii traktora [The development of the technical concept of the tractor]. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2019. N1. 27-35 (In Russian).
7. Lipkovich E.I., Nesmiyan A.Y., Nikitchenko S.L., et al. Agricultural tractors of the fth generation. *Scientia Iranica*. 2020. Vol. 27. N2. 745-756 (In English).
8. Gribov I.V., Perevozchikova N.V. Moshchnost' – osnovnoy pokazatel' dlya traktora tyagovo-energeticheskoy kontseptsii [Power as the main indicator for a tractor of tractive force-and-output concept]. *Tekhnika i tekhnologii APK*. 2017. N5. 18-21 (In Russian).
9. Solov'ev R.Yu., Cheranev S.V., Karyakin S.B., Kolomeychenko A.V., Gribov I.V. Aktual'nost' razrabotki vysokotekhnologichnykh traktorov tyagovykh klassov 0,6-2 [The relevance of developing high-tech tractors of traction classes 0.6-2]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2019. N11(269). 14-17 (In Russian).
10. Sharipov V.M., Fedotkin R.S., Kryuchkov V.A., et al. Eksperimental'naya proverka dostovernosti metodiki proektirovaniya vedushchikh koles tsevochnogo zatsepleniya s rezi-noarmirovannymi gusenitsami [Experimental verification of the reliability of the method of designing driving wheels of pin gearing with rubber-reinforced caterpillars]. *Izvestiya MGTU MAMI*. 2017. N3(33). 76-81 (In Russian).
11. Amel'chenko P.A., Dubovik D.A., Zhukovskiy I.N. Energonasyshchennye traktory: struktura, proizvodstvo i potrebnosti APK Belarusi [Power-saturated tractors: their structure, production and needs of the belarusian agro-industrial complex]. *Vestnik Belorussko-Rossiyskogo universiteta*. 2020. N3(68). 5-13 (In Russian).
12. Kut'kov G.M. Potentsial'naya proizvoditel'nost' traktora [Potential productivity of the tractor]. *Traktory i sel'khozma-*

shiny. 2017. N5. 48-52 (In Russian).

13. Kut'kov G.M., Gribov I.V., Perevozchikova N.V. Ballastirovanie sel'skokhozyaystvennykh traktorov [Ballasting of tractors]. *Traktory i sel'khozmashiny*. 2017. N9. 52-60 (In Russian).
14. Shutenko V.V., Perevozchikova N.V., Hort D.O. Sravnenie effektivnosti ispol'zovaniya ballastnykh грузов i transportno-tekhnologicheskikh moduley dlya povysheniya tyagovo-stepnykh svoystv traktora [Of the effectiveness of the use of ballast weights and transport-technological modules to enhance the traction characteristics of the tractor]. *Innovatsii v sel'skom hozyaystve*. 2019. N3(32). 162-168 (In Russian).
15. Sidorov V.N., Voinash S.A., Ivanov A.A., Petrov S.A. Modular-Technological Scheme for Tractors of Traction Classes 1.4. *IOP Conference. Earth and Environmental Science*. 2020. Vol. 666. 042048 (In English).
16. Sidorov M.V., Lavrov A.V., Voronin V.A. Modul'no-tekhnologicheskaya skhema dlya traktorov tyagovogo klassa 1,4 [Modular technological scheme for tractors of 1.4 traction class]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2019. N4(37). 57-62 (In Russian).
17. Sidorov V.N., Korniyushin Yu.P., Lutsenko G.M. Ukrupnennaya matematicheskaya model' modul'nogo energeticheskogo sredstva [Stocked mathematical model of modular energy means]. *Elektronnyy zhurnal: nauka, tekhnika i obrazovanie*. 2017. N4(16). 64-69 (In Russian).
18. Shutenko V.V., Perevozchikova N.V. Matematicheskoe modelirovanie i otsenka effektivnosti privodov transportno-tekhnologicheskogo modulya [Mathematical modeling and evaluation of the transport and technological module drive efficiency]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2020. Vol. 67. N1(38). 87-92 (In Russian).
19. Shutenko V.V., Perevozchikova N.V. Sozdanie algoritma upravleniya individual'nym privodom vedushchikh koles transportno-tekhnologicheskogo modulya [Making an algorithm for controlling the individual drive of the driving wheels of a transport and technological module]. *Agroinzheneriya*. 2020. N5(99). 10-15 (In Russian).
20. Lavrov A.V., Sidorov M.V., Voronin V.A. Tekhnologicheskii modul' dlya krest'yanskikh fermerskikh hozyaystv [Technology module for peasant farms]. *Sel'skiy mekhanizator*. 2021. N3. 5-7 (In Russian).
21. Godzhaev Z.D., Shevtsov V.G., Lavrov A.V., Tsench Yu.S., Zubina V.A. Strategiya mashinno-tekhnologicheskoy modernizatsii sel'skogo khozyaystva Rossii do 2030 goda (Prognoz) [Strategy of machine-technological modernization of agriculture in Russia until 2030 (Forecast)]. *Tekhnicheskii servis mashin*. 2019. N4(137). 220-229 (In Russian).
22. Izmaylov A.Yu., Kryazhkov V.M., Antyshev N.M. Elizarov V.P., Lobachevskiy Ya.P., Sorokin N.T., Gurylev G.S., Savel'ev G.S., Sizov O.A., Shevtsov V.G. Kontseptsiya modernizatsii sel'skokhozyaystvennykh traktorov i traktornogo parka Rossii na period do 2020 goda [The concept of modernization of agricultural tractors and tractor fleet of Russia for the period up to 2020]. Moscow: VIM. 2012. 56 (In Russian).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Заявленный вклад соавторов:

Лавров А.В. – научное руководство, постановка задачи исследования, оценка достоверности полученных результатов;

Воронин В.А. – разработка методики определения влияния кинематического несоответствия третьего моста относительно второго на коэффициент полезного действия ходовой части, проведение расчетов по разработанной методике;

Сидоров М.В. – обзор и анализ направлений развития конструкции сельскохозяйственных тракторов, доработка текста, формирование выводов;

Пехальский И.А. – обработка результатов, построение графиков в программе Mathcad.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Coauthors' contribution:

Lavrov A.V. – scientific guidance, setting the research problem, result validity assessment;

Voronin V.A. – development of a methodology for determining the impact of the kinematic mismatch of the third axle vs the second one on the undercarriage efficiency, calculations according to the developed methodology;

Sidorov M.V. – review and analysis of the development trends of agricultural tractor design, manuscript draft revision, formation of conclusions;

Pehalskiy I.A. – results processing, plotting in Mathcad.

The authors read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию

Статья принята к публикации

The paper was submitted to the Editorial Office on

The paper was accepted for publication on

23.01.2022

18.02.2022

Методика расчета масляных радиаторов автотракторной техники

Екатерина Петровна Парлюк,
кандидат экономических наук, доцент,
e-mail: kparlyuk@rgau-msha.ru;

Алексей Викторович Куриленко,
магистрант, заведующий учебной лабораторией,
e-mail: a.kurilenko@rgau-msha.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Российская Федерация

Реферат. Показали актуальность проблемы определения количества теплоты, отдаваемой двигателем внутреннего сгорания в жидкостную систему охлаждения при создании типоразмерных рядов унифицированных теплообменников тракторных и комбайновых двигателей (силовых агрегатов). Отметим, что правильно спроектированная система охлаждения в дальнейшем гарантирует поддержание оптимального теплового режима работы двигателя. Предложили методику расчета теплоносных характеристик системы охлаждения для заблаговременного исключения возможных проблем, связанных с повышенным износом деталей, преждевременной потерей маслом смазывающих свойств, перегревом двигателя (отдельных агрегатов) и трущихся деталей, снижением мощности двигателя и ухудшением качества топливо-воздушной смеси, поступающей в цилиндры. (*Цель исследования*) Разработать методику расчета количества теплоты, которое должно быть рассеяно масляными радиаторами жидкостной системы охлаждения (системы смазки) при различных нагрузочных и скоростных режимах работы двигателя. (*Материалы и методы*) Предложили определить количество теплоты, которое должно быть рассеяно жидкостно-масляным теплообменником системы охлаждения смазочного масла двигателя. (*Результаты и обсуждение*) В методике расчета масляных радиаторов представили расчет тепла, полученного маслом в процессе работы автотракторных двигателей мощностью 37-110 киловатт. Определили теплорассеивающую способность масляной поверхности. Выявили параметр, учитывающий тепловой поток масляных радиаторов. Представили графики зависимости масляной поверхности и теплового потока от мощности двигателя. (*Выводы*) Разработали методику расчета показателей температурно-динамических характеристик охлаждающей системы автотракторных двигателей, которая позволяет проводить исследования по теплотехническим показателям радиаторов на различных режимах работы машин и теплоносителях систем, конструкционных материалах (металл, полимер) теплообменников с учетом факторов и режимов работы с погрешностью 1,5-8,0 процентов.

Ключевые слова: масляный радиатор, автотракторный двигатель, жидкостно-масляный теплообменник двигателя, система охлаждения смазочного масла двигателя.

Для цитирования: Парлюк Е.П., Куриленко А.В. Методика расчета масляных радиаторов автотракторной техники // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022. Т. 16. №2. С. 37-42. DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-37-42. EDN CJYRJJ.

Methodology For Calculating Automotive Oil Radiator

Ekaterina P. Parlyuk,
Ph.D.(Eng.), associate professor,
e-mail: kparlyuk@rgau-msha.ru;

Aleksey V. Kurilenko,
master's student, head of the educational laboratory,
e-mail: a.kurilenko@rgau-msha.ru

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. The paper highlights the relevance of the problem of determining the amount of heat supplied by an internal combustion engine to a liquid cooling system when creating typical series of unified heat exchangers for tractor and combine engines (power units). A properly designed cooling system further guarantees the maintenance of the optimal thermal mode for the engine operation. A methodology for calculating the coolant characteristics of the cooling system was proposed in order to prevent possible problems related to increased parts wear, early loss of oil lubricating properties, the engine (individual units) and rubbing parts overheating, a decrease in engine power and a deterioration in the quality of the fuel-air mixture entering the cylinders. (*Research purpose*) To develop a methodology for calculating the amount of heat to be dissipated by the oil radiators of a liquid cooling system (lubrication system) being exposed to various load and engine speed modes. (*Materials and methods*) It was

proposed to determine the amount of heat to be dissipated by the liquid-oil heat exchanger of the engine lube oil cooling system. (Results and discussion) The calculation method for oil radiators presents the calculation of the heat obtained by oil during the operation of 37-110 kilowatts automotive engines. The heat-dissipating ability of the oil surface is determined. A parameter taking into account the oil radiator heat flow is identified. The graphs of the oil surface and heat flux dependence on the engine power are presented. (*Conclusions*) The method for calculating the temperature and dynamic characteristics of the automotive engine cooling system has been developed. It makes it possible to carry out research on the radiator thermal and technical characteristics in various operating modes of machines and coolants of systems, various heat exchanger structural materials (metal, polymer), with an error of 1.5-8.0 percent.

Keywords: oil radiator, autotractor engine, automotive engine, liquid-oil engine heat exchanger, engine lube oil cooling system.

For citation: Parlyuk E.P., Kurilenko A.V. Metodika rascheta maslyanykh radiatorov avtotraktornoy tekhniki [Methodology for calculating automotive oil radiator]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2022. Vol. 16 N2. 37-42 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-37-42. EDN CJYRJJ.

В современных двигателях внутреннего сгорания (ДВС) около 12-13% химической энергии топлива расходуется на преодоление механических потерь. В балансе механических потерь доля сил трения достигает 66-74% в зависимости от типа и нагрузочно-скоростного режима работы двигателя. Тепловой режим работы моторного масла значительно влияет на величину сил трения и износ деталей в условиях эксплуатации. Затрачиваемая на работу приводных механизмов энергия состоит из:

- полезной работы, осуществляемой данным узлом или агрегатом;
- его внутренней энергии, которая оценивается исходя из нагрева деталей и смазочного масла до нормируемой рабочей температуры;
- отводимой энергии.

Если снизить потери трения, оптимизируя тепловой режим смазочных систем, то можно улучшить эксплуатационные показатели ДВС.

Теплоотдача в масло зависит от конструктивных параметров двигателя, режима и условий его работы и определяется температурой поршней, цилиндров, подшипников коленчатого вала и других деталей, а также интенсивностью разбрызгивания масла.

Цель исследования – разработать методику расчета количества теплоты, которое должно быть рассеяно радиаторами жидкостной системы охлаждения (системы смазки) при различных нагрузочных и скоростных режимах работы двигателя автотракторной техники, а также при разных состояниях окружающей среды.

Материалы и методы. Необходимо определить количество теплоты, которое должно быть рассеяно жидкостно-масляным теплообменником системы охлаждения смазочного масла двигателя. Рассмотрим методику определения теплоты, полученной масляным радиатором:

$$Q_{\text{мр}} = Q_{\text{м}} - Q_{\text{м.пов}}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{мр}}$ – количество теплоты, полученное масляным радиатором, Вт/м·К;

$Q_{\text{м}}$ – количество теплоты, полученное смазочным маслом в ДВС, Вт/м·К;

$Q_{\text{м.пов}}$ – теплорассеивающая способность масляных поверхностей охлаждения двигателя, Вт/м·К.

Количество теплоты, полученное смазочным маслом в ДВС, зависит от ряда факторов, которые подразделяются на несколько групп.

К *первой* следует отнести режимные факторы, определяющиеся нагрузочным и скоростным режимом работы двигателя. *Вторая* – зависит от регулировок двигателя, то есть от величины угла опережения подачи топлива, зазора в клапанах и т.д. *Третья* группа включает факторы, связанные с техническим состоянием двигателя, прежде всего степенью износа трущихся поверхностей. Известно, что на трение в цилиндро-поршневой группе затрачивается до 75% всех механических потерь двигателя, в связи с чем состояние этих поверхностей влияет на количество теплоты, получаемой маслом. В тоже время от состояния поршневых колец зависит величина прорыва газов в картер двигателя, что сказывается на температурном режиме системы охлаждения смазочного масла [1-3].

К *четвертой* группе относятся факторы, определяющие состояние окружающей среды, поскольку они влияют на характер протекания рабочего процесса двигателя, а следовательно, и на его температурный режим.

Пятая группа определяется конструкцией системы охлаждения двигателя – масляных радиаторов или жидкостно-масляных теплообменников. Конструктивное исполнение систем охлаждения учитывает перераспределение тепловых потоков между внутренними теплоносителями двигателя, охлаждающей жидкостью, маслом и уходящими газами, находящимися в тесном тепловом контакте между собой [4, 5]. Тепловая взаимосвязь указанных теплоносителей прослеживается и при изменении теплорассеивающей способности жидкостной системы охлаждения и системы охлаждения смазочного масла, а также их отдельных элементов [6, 7]. При изменении теплоот-



дачи от омываемых водой поверхностей двигателя (из-за загрязнений и т.д.) доля теплоты, перераспределенной в масляную систему охлаждения и уходящие газы, составляет 39,7-43,7% от снижения теплоотдачи указанных поверхностей двигателя [8]. Изменение теплоотдачи поверхностей двигателя, омываемых смазочным маслом (поверхность картера, крышки распределительных шестерен и т.д.) вызывает перераспределение тепловых потоков в охлаждающую жидкость и уходящие газы – до 31-42%, что зависит, как и в предыдущем случае, и от режима работы двигателя. В последнюю группу следует занести все остальные, неучтенные факторы.

Результаты и обсуждение. Теплоотдающая способность масляных поверхностей охлаждения двигателя $Q_{м.пов}$, входящая в уравнение (1), зависит от режима работы двигателя на различных оборотах, эффективной мощности состояния окружающей среды и других факторов. При этом влияние внешней среды на $Q_{м.пов}$ лучше представить не в абсолютном значении ее температуры, а по начальному температурному напору системы охлаждения смазочного масла:

$$\Delta t_{нач.м} = t'_м - t_{но} \quad (2)$$

где $\Delta t_{нач.м}$ – начальный температурный напор смазочного масла, К;

$t'_м$ – температура масла на выходе из двигателя, К;

$t_{но}$ – температура окружающей среды, К.

Для обобщения результатов определения величины применительно к разным двигателям, развиваемой ими мощности и температуре окружающей среды лучше воспользоваться выражением для удельной теплоотдачи масляных поверхностей двигателя:

$$Q'_{н.м.пов} = \frac{Q_{м.пов}}{\Delta t_{нач.м}} \quad (3)$$

где $Q'_{н.м.пов}$ – удельная теплоотдача масляных поверхностей двигателя, Вт/м·К;

$Q_{м.пов}$ – теплоотдающая способность масляных поверхностей охлаждения двигателя, Вт/м·К;

$\Delta t_{нач.м}$ – начальный температурный напор смазочного масла, К.

С учетом зависимости теплоотдачи поверхностей двигателя в окружающую среду от развиваемой двигателем мощности проведенные исследования выражаются функцией:

$$P'_м = \left(\frac{Q_{м.пов}}{\Delta t_{нач.м}} \right)^{\frac{1}{N_e}} = (Q'_{н.м.пов})^{\frac{1}{N_e}} \quad (4)$$

где $P'_м$ – поверхность масляной охлаждающей системы;

$Q'_{н.м.пов}$ – удельная теплоотдача масляных поверхностей двигателя, Вт/м·К;

$Q_{м.пов}$ – теплоотдающая способность масляных поверхностей охлаждения двигателя, Вт/м·К;

$\Delta t_{нач.м}$ – начальный температурный напор смазоч-

ного масла, К.

С уменьшением нагрузки роль теплоотдачи поверхностей двигателя возрастает (рисунки) [9-12]. Это может быть с достаточной точностью аппроксимировано зависимостью, Вт:

$$P'_м = 1,3245 \cdot N_e^{-5,51 \cdot 10^2} \quad (5)$$

где N_e – эффективная мощность двигателя, кВт.

Совместное решение последних уравнений дает выражение:

$$\left(\frac{Q_{м.пов}}{\Delta t_{нач.м}} \right)^{\frac{1}{N_e}} = 1,3245 \cdot N_e^{-5,51 \cdot 10^2} \quad (6)$$

После некоторых преобразований запишем:

$$Q_{м.пов} = \Delta t_{нач.м} \cdot 1,3245 \cdot N_e^{-5,51 \cdot 10^2} \cdot N_e \quad (7)$$

Таким образом, теплоотдача омываемых маслом поверхностей двигателя, входящая в уравнение (2), рассчитывается на основе предложенной зависимости масляной охлаждающей поверхности от мощности двигателя. Количество теплоты, которое должно быть рассеяно масляным радиатором системы охлаждения смазочного масла, изменяется в зависимости от режима работы двигателя и эффективности жидкостной системы охлаждения. Взаимосвязь и зависимость систем охлаждения и смазки выражается показателем $F'_м$:

$$F'_м = \left(\frac{Q_{MP}}{Q_{WP}} \right)^{\frac{1}{N_e}} \quad (8)$$

где $F'_м$ – безразмерный параметр учета теплового потока радиаторов системы охлаждения и смазки;

Q_{WP} – количество теплоты от двигателя, Вт/м·К.

На основе представленного выражения провели анализ работ [13-16] для двигателей с $N_e = 37-405$ кВт (рисунки). Рассматривая представленную на графике зависимость $F'_м$ от N_e . Как видим, в области малых значений мощности двигателя (менее 74 кВт), характер протекания кривой более крутой, чем в правой части графика. Это объясняется более быстрым снижением теплоты Q_{MP} с понижением мощности двигателя, чем теплоты Q_{WP} для радиатора системы охлаждения, что показывает более существенное влияние режима работы двигателя, в частности развиваемой мощности, на жидкостную систему охлаждения, чем систему охлаждения смазочного масла.

Представленные на рисунке результаты аппроксимируются зависимостями:

- для мощностей $N_e = 37-74$ кВт:

$$F'_м = 0,81198 \cdot N_e^{4,1658 \cdot 10^{-2}}; \quad (9)$$

- для мощностей $N_e = 74-110$ кВт:

$$F'_м = 0,97636 + 5,78125 \cdot 10^{-5} \cdot N_e \quad (10)$$

Последнее уравнение аппроксимирует результаты исследований в декартовых координатах, так как для

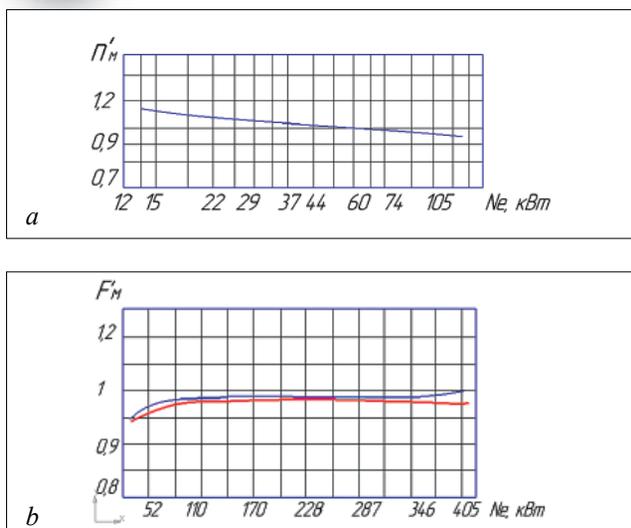


Рис. Влияние мощности двигателя на масляную охлаждающую поверхность (а) и тепловой поток (б) жидкостной и масляной поверхности (синяя и красная кривые соответственно)
 Fig. Engine power impact on the oil cooling surface (a) and heat flux (b) of the liquid and oil surfaces (blue and red curves, respectively)

этой области значение N_e описывается на 10-16% точнее, чем в других методиках [17-24]. С учетом выражения (8) можно определить относительную теплоотдачу:

- для мощностей $N_e = 37-74$ кВт:

$$\left(\frac{Q_{MP}}{Q_{WP}}\right)^{\frac{1}{N_e}} = 0,81198 \cdot N_e^{4,1658 \cdot 10^{-2}}; \quad (11)$$

- для мощностей $N_e = 74-110$ кВт:

$$\left(\frac{Q_{MP}}{Q_{WP}}\right)^{\frac{1}{N_e}} = 0,97636 + 5,78125 \cdot 10^{-5} \cdot N_e; \quad (12)$$

Количество теплоты, которое должно быть рассеяно масляным радиатором, определяется в виде:

- для $N_e = 37-74$ кВт:

$$Q_{MP} = Q_{WP}^{0,81198 \cdot N_e} \cdot N_e^{4,165810^{-2} \cdot N_e}; \quad (13)$$

- для $N_e = 74-110$ кВт:

$$Q_{MP} = Q_{WP} (0,97636 + 5,78125 \cdot 10^{-5} \cdot N_e)^{N_e}. \quad (14)$$

На рисунке представлены примеры расчета функции на основе полученных уравнений для двигателей с $N_e = 37-110$ кВт. Погрешность определения F'_m в этом случае не превышает 3%. А расчетные экспериментальные зависимости (13) и (14) определяют количество теплоты Q_{MP} для указанных двигателей с погрешностью 1,5-8,0% относительно экспериментальных данных, выявленных на тракторе МТЗ-80 [8]. Причем меньшие значения погрешности соответствует большим значениям мощности двигателя. Рост ошибки расчета с уменьшением мощности двигателя объясняется большим влиянием на рабочий процесс двигателя различных не учитываемых нами факторов.

Таким образом, уравнения (13) и (14) позволяют рассчитать с достаточной степенью точности теплоту, рассеиваемую в окружающую среду радиатором системы охлаждения смазочного масла. Данные зависимости учитывают режим работы двигателя и температуру окружающего воздуха через теплоотдачу радиатора жидкостной системы охлаждения.

Выводы. Разработанная методика расчета показателей температурно-динамических характеристик охлаждающей системы позволяет определять количество теплоты, которое должно быть рассеяно радиаторами жидкостной системы охлаждения при различных нагрузочных и скоростных режимах работы двигателя автотракторной техники, а также при разных состояниях окружающей среды.

Выявили хорошую достоверность прогноза теплотехнических характеристик теплообменников с погрешностью 1,5-8,0% для систем с мощностью двигателя 37-110 кВт. Ошибка в определении предложенного показателя оптимизации F'_m не превышает 3%.

Получили показатель P'_m , характеризующий количество теплоты, которое должно быть рассеяно масляным радиатором системы охлаждения в зависимости от режима работы двигателя.

Возможность оптимизации тепловых процессов исследованных радиаторов системы охлаждения и смазки позволяет повысить их точность на 10-16%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Shimizu S., Sato M., Koyanagi J., et al. Numerical simulation of compressive failure of carbon-fiber-reinforced plastic laminates with various hole shapes. *Advanced Composite Materials*. 2021. Vol. 30. N1. 58-75.
- Speetjens M., Metcalfe G., Rudman M. Lagrangian Transport and Chaotic Advection in Three-Dimensional Laminar Flows. *Applied Mechanics Reviews*. 2021. Vol. 73. N3. 030801.
- Grenyer A., Erkoyuncu J. A., Zhao Y., Schwabe O. Multi-step prediction of dynamic uncertainty under limited data. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*. 2022. Vol. 37. 37-54.
- Yang X., Zhao J., Wang X., et al. Construction of metal organic framework-derived hollow-structured mesoporous carbon based lithium hydroxide composites for low-grade thermal energy storage. *Composites Part B: Engineering*. 2022. Vol. 232. 109604.
- Гузалов А.С., Дидманидзе О.Н. Экспериментальные исследования дополнительного наддува на двигателе Д-260.2 с электроприводом // *Международный техни-*



- ко-экономический журнал. 2021. N2. С. 66-73.
6. Асадов Д.Г., Пуляев Н.Н., Гузалов А.С. Основы повышения мощностных показателей в ДВС на тягово-транспортных средствах. М.: Автограф. 2020. 70 с.
 7. Vinogradov O.V., Moskvichev D.A., Didmanidze O.N., Parlyuk E.P. Methods of analyzing the structure of the modular car park and the intensity of its operation. *Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2019. Vol. 6. N3. 5289-5292.
 8. Bolshakov N.A. Didmanidze O.N., Parlyuk E.P. Modernization of the cooling system in tractors with gas engines. *E3S Web of Conferences*. 2020. 04048.
 9. Дидманидзе О.Н., Хакимов Р.Т., Парлюк Е.П., Большаков Н.А. Результаты испытаний полимерного радиатора системы охлаждения трактора МТЗ-80 // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2020. Т. 14. N1. С. 55-60.
 10. Парлюк Е.П. Совершенствование охлаждающих систем автотракторных двигателей и методов контроля их состояния // *Техника и оборудование для села*. 2021. N5(287). С. 41-44.
 11. Parlyuk E.P., Pulyaev N.N., Kurilenko A.V. Mathematical efficiency model of the block-module cooling system of automotive vehicles and tractors. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. 52061.
 12. Дидманидзе О.Н., Афанасьев А.С., Хакимов Р.Т. Исследования показателей тепловыделения газовых двигателей // *Записки Горного института*. 2018. Т. 229. С. 50-55.
 13. Qi W., Liu M., Wu J., et al. Promoting the thermal transport via understanding the intrinsic relation between thermal conductivity and interfacial contact probability in the polymeric composites with hybrid fillers. *Composites Part B: Engineering*. 2022. Vol. 232. 109613.
 14. Pavon C., Aldas M., Ferri J. M., et al. Identification of biodegradable polymers as contaminants in the thermoplastics recycling process Dyna. 2021. Vol. 96. N4. 415-421.
 15. Barratt S.T., Boyd S.P. Least squares auto-tuning. *Engineering Optimization*. 2021. Vol. 53. N5. 789-810.
 16. Luo X., Wang H., Li E. A surrogate assisted thermal optimization framework for design of pin-fin heat sink for the platform inertial navigation system. *Engineering Optimization*. 2021. Vol. 53. N1. 145-164.
 17. Yuan Z., Chen H., Cui H., et al. Effect of cooling rate on microstructure of B2-NiSC intermetallics. *Engineering Review*. 2019. Vol. 39. N3. 236-242.
 18. Masmoudi M., Hans E. W., Haït A. Tactical project planning under uncertainty: Fuzzy approach. *European Journal of Industrial Engineering*. 2016. Vol. 10. N3. 301-322.
 19. Fortunato R.N., Robertson A.M., Sang C., et al. Effect of Macro-calcification on the Failure Mechanics of Intracranial Aneurysmal Wall Tissue. *Experimental Mechanics*. 2021. Vol. 61. N1. 5-18.
 20. Zuo J.L., Zhang K., Wu S., et al. Numerical Modeling of Movements of Taylor Bubbles in Stagnant Liquid Hydrogen Fluids. *Experimental Techniques*. 2021.
 21. Boland S., Majidi S. Thermal Improvement in Double-Layered Microchannel Heat Sink with Incorporating Wavy Porous Fins. *Heat Transfer Engineering*. 2021.
 22. Jaszczur M., Hassan Q., Majewska E., et al. An Experimental and Numerical Investigation of Photovoltaic Module Temperature Under Varying Environmental Conditions. *Heat Transfer Engineering*. 2021. Vol. 42. N3-4. 354-367.
 23. Измайлов А.Ю., Кряжков В.М., Антышев Н.М., Елизаров В.П., Лобачевский Я.П., Сорокин Н.Т., Гурылев Г.С., Савельев Г.С., Сизов О.А., Шевцов В.Г. Концепция модернизации сельскохозяйственных тракторов и тракторного парка России на период до 2020 года. М.: ВИМ. 2012. 56 с.
 24. Годжаев З.Д., Шевцов В.Г., Лавров А.В., Ценч Ю.С., Зубина В.А. Стратегия машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России до 2030 года (Прогноз) // *Технический сервис машин*. 2019. N4(137). С. 220-229.

REFERENCES

1. Shimizu S., Sato M., Koyanagi J., et al. Numerical simulation of compressive failure of carbon-fiber-reinforced plastic laminates with various hole shapes. *Advanced Composite Materials*. 2021. Vol. 30. N1. 58-75 (In English).
2. Speetjens M., Metcalfe G., Rudman M. Lagrangian Transport and Chaotic Advection in Three-Dimensional Laminar Flows. *Applied Mechanics Reviews*. 2021. Vol. 73. N3. 030801 (In English).
3. Grenyer A., Erkoyuncu J.A., Zhao Y., Schwabe O. Multistep prediction of dynamic uncertainty under limited data. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*. 2022. Vol. 37. 37-54 (In English).
4. Yang X., Zhao J., Wang X., et al. Construction of metal organic framework-derived hollow-structured mesoporous carbon based lithium hydroxide composites for low-grade thermal energy storage. *Composites Part B: Engineering*. 2022. Vol. 232. 109604 (In English).
5. Guzalov A.S., Didmanidze O.N. Eksperimental'nye issledovaniya dopolnitel'nogo nadduva na dvigatele D-260.2 s elektroprivodom [Experimental studies of additional supercharging on engine d-260.2 with electric drive]. *Mezhdunarodnyy tekhniko-ekonomicheskij zhurnal*. 2021. N2. 66-73 (In Russian).
6. Asadov D.G., Pulyaev N.N., Guzalov A.S. Osnovy povysheniya moshchnostnykh pokazateley v DVS na tyagovo-transportnykh sredstvakh [Fundamentals of increasing power indicators in internal combustion engines on traction vehicles]. Moscow: Avtograf. 2020. 70 (In Russian).
7. Vinogradov O.V., Moskvichev D.A., Didmanidze O.N., Parlyuk E.P. Methods of analyzing the structure of the modular car park and the intensity of its operation. *Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2019. Vol. 6. N3. 5289-5292 (In English).
8. Bolshakov N.A. Didmanidze O.N., Parlyuk E.P. Moderniza-

- tion of the cooling system in tractors with gas engines. *E3S Web of Conferences*. 2020. 04048 (In English).
9. Didmanidze O.N., Khakimov R.T., Parlyuk E.P., Bol'shakov N.A. Rezul'taty ispytaniy polimernogo radiatora sistemy okhlazhdeniya traktora MTZ-80 [Test results of a polymer radiator of mtz-80 tractor cooling system]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2020. Vol. 14. N1. 55-60 (In Russian).
 10. Parlyuk E.P. Sovershenstvovanie okhlazhdayushchikh sistem avtotraktornykh dvigateley i metodov kontrolya ikh sostoyaniya [Improving the cooling systems of automotive engines and methods for monitoring their condition]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2021. N5(287). 41-44 (In Russian).
 11. Parlyuk E.P., Pulyaev N.N., Kurilenko A.V. Mathematical efficiency model of the block-module cooling system of automotive vehicles and tractors. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. 52061 (In English).
 12. Didmanidze O.N., Afanas'ev A.S., Khakimov R.T. Issledovaniya pokazately teplovydeleniya gazovykh dvigateley [Studies of heat emission indicators of gas engines]. *Zapiski Gornogo instituta*. 2018. Vol. 229. 50-55 (In Russian).
 13. Qi W., Liu M., Wu J., et al. Promoting the thermal transport via understanding the intrinsic relation between thermal conductivity and interfacial contact probability in the polymeric composites with hybrid fillers. *Composites Part B: Engineering*. 2022. Vol. 232. 109613 (In English).
 14. Pavon C., Aldas M., Ferri J. M., et al. Identification of biodegradable polymers as contaminants in the thermoplastics recycling process *Dyna*. 2021. Vol. 96. N4. 415-421 (In English).
 15. Barratt S.T., Boyd S.P. Least squares auto-tuning. *Engineering Optimization*. 2021. Vol. 53. N5. 789-810 (In English).
 16. Luo X., Wang H., Li E. A surrogate assisted thermal optimization framework for design of pin-fin heat sink for the platform inertial navigation system. *Engineering Optimization*. 2021. Vol. 53. N1. 145-164 (In English).
 17. Yuan Z., Chen H., Cui H., et al. Effect of cooling rate on microstructure of B2-NiSC intermetallics. *Engineering Review*. 2019. Vol. 39. N3. 236-242 (In English).
 18. Masmoudi M., Hans E. W., Hait A. Tactical project planning under uncertainty: Fuzzy approach. *European Journal of Industrial Engineering*. 2016. Vol. 10. N3. 301-322 (In English).
 19. Fortunato R.N., Robertson A.M., Sang C., et al. Effect of Macro-calcification on the Failure Mechanics of Intracranial Aneurysmal Wall Tissue. *Experimental Mechanics*. 2021. Vol. 61. N1. 5-18 (In English).
 20. Zuo J.L., Zhang K., Wu S., et al. Numerical Modeling of Movements of Taylor Bubbles in Stagnant Liquid Hydrogen Fluids. *Experimental Techniques*. 2021 (In English).
 21. Boland S., Majidi S. Thermal Improvement in Double-Layered Microchannel Heat Sink with Incorporating Wavy Porous Fins. *Heat Transfer Engineering*. 2021 (In English).
 22. Jaszczur M., Hassan Q., Majewska E., et al. An Experimental and Numerical Investigation of Photovoltaic Module Temperature Under Varying Environmental Conditions. *Heat Transfer Engineering*. 2021. Vol. 42. N3-4. 354-367 (In English).
 23. Izmaylov A.Yu., Kryazhkov V.M., Antyshev N.M. Elizarov V.P., Lobachevskiy Ya.P., Sorokin N.T., Gurylev G.S., Savel'ev G.S., Sizov O.A., Shevtsov V.G. Kontseptsiya modernizatsii sel'skokhozyaystvennykh traktorov i traktornogo parka Rossii na period do 2020 goda [The concept of modernization of agricultural tractors and tractor fleet of Russia for the period up to 2020]. Moscow: VIM. 2012. 56 (In Russian).
 24. Godzhaev Z.D., Shevtsov V.G., Lavrov A.V., Tsench Yu.S., Zubina V.A. Strategiya mashinno-tekhnologicheskoy modernizatsii sel'skogo khozyaystva Rossii do 2030 goda (Prognoz) [Strategy of machine-technological modernization of agriculture in Russia until 2030 (Forecast)]. *Tekhnicheskii servis mashin*. 2019. N4(137). 220-229 (In Russian).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Заявленный вклад авторов:

Парлюк Е.П. – научное руководство, формулирование основных направлений исследования, разработка теоретических предпосылок, проведение мониторинга теплоотдачи масляных радиаторов системы охлаждения автотракторных двигателей.

Куриленко А.В. – проведение расчетов теплоотдачи масляных радиаторов системы охлаждения автотракторных двигателей, обработка результатов исследований, визуализация, доработка текста, формирование общих выводов и литературный анализ.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Coauthors' contribution:

Parlyuk E.P. – scientific supervision, formulation of the research main directions, development of theoretical premises, monitoring the heat transfer from oil coolers of the automotive engines cooling system.

Kurilenko A.V. – calculations of heat transfer of oil coolers of the automotive engines cooling system, processing the research results, visualization, manuscript revision, formulating general conclusions and literature review.

The authors read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию

Статья принята к публикации

The paper was submitted to the Editorial Office on

The paper was accepted for publication on

13.01.2022

21.04.2022

УДК 677.027.



DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-43-49

Обоснование линии для первичной переработки технической конопли в пеньку однотипную неориентированную

Эдуард Валерьевич Новиков,
кандидат технических наук, заведующий
лабораторией переработки лубяных культур,
e-mail: e.novikov@fncl.ru;

Ирина Николаевна Алтухова,
старший научный сотрудник,
e-mail: i.altuhova@fncl.ru;
Александр Владиславович Безбабченко,
старший научный сотрудник,
e-mail: a.bezbabchenko@fncl.ru

Федеральный научный центр лубяных культур, г. Тверь, Российская Федерация

Реферат. Показали необходимость исследований и создания отечественных линий по переработке двухсезонного сырья технической конопли – осенней и весенней уборки с поля. Отметили, что линии должны быть эффективными и мало-затратными и производить волокно различного качества. (*Цель исследования*) Обосновать состав малозатратной линии для первичной переработки технической конопли осенней и весенней уборки в виде спутанной массы ломаных стеблей и подготовить рекомендации переработки сырья в линии. (*Материалы и методы*) Коноплесырье осенней уборки перерабатывали по четырем вариантам: однократный, двукратный, трехкратный и четырехкратный пропуск через льняную линию первичной переработки, не изменяя настроек машин. Детализировали состав этой линии: дезинтегратор льна ДЛВ-2, горизонтальный пластинчатый разгрузчик волокна системы ВУЛ им. И.Н. Левицкого и две трясильные машины с нижним гребенным полем при частоте вращения ротора дезинтегратора 1000 оборотов в минуту, частоте качаний игольчатых валиков трясильных машин 230 оборотов в минуту. У полученной пеньки исследовали показатели качества по действующим стандартам. (*Результаты и обсуждение*) Выявили, что средняя длина ломанных стеблей – 150 миллиметров, минимальная и максимальная длина варьируется от 24 до 485 миллиметров. Показали, что коноплесырье осенней уборки – труднообрабатываемое: однократный и двукратный пропуски конопли осенней уборки через исследуемую линию не обеспечивают нужного качества волокна, оно не соответствует даже самому низкому сорту. Определили, что третий пропуск обеспечил качественное волокно, а четвертый нецелесообразен. (*Выводы*) Доказали, что у коноплесырья осенней уборки отделяемость и разрывная нагрузка волокна отличаются от конопли весенней уборки: 4,6 единицы против 8,2-8,6 и 9,3 килограммсилы против 13,5-16,9 соответственно. Определили показатели качества пеньки однотипной неориентированной и ее выход при различных вариантах переработки. Впервые предложили отечественную линию переработки осенней и весенней конопли с производительностью по тресте 600 килограммов в час и выше, позволяющую изменять качество волокна, увеличивать производительность в 1,5-2,0 раза, влияя на себестоимость волокна. Обосновали рекомендации для эффективной переработки конопли и необходимость создания дезинтегратора для коноплесырья.

Ключевые слова: техническая конопля, пенька однотипная, первичная переработка, весенняя и осенняя уборка, сорт пеньки, массовая доля костры, разрывная нагрузка.

Для цитирования: Новиков Э.В., Алтухова И.Н., Безбабченко А.В. Обоснование линии для первичной переработки технической конопли в пеньку однотипную неориентированную // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022. Т. 16. №2. С. 43-49. DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-43-49. EDN CNDVID.

Substantiation of the Line for the Primary Processing of Industrial Hemp Into Hemp of the Same Type Undirected

Edward V. Novikov,
Ph.D.(Eng.), head of the laboratory for processing bast
crops, e-mail: e.novikov@fncl.ru;

Irina N. Altukhova,
senior researcher, e-mail: i.altuhova@fncl.ru;
Alexander V. Bezbabchenko,
senior researcher, e-mail: a.bezbabchenko@fncl.ru

Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russian Federation

Abstract. It was shown that there is a need for the research and development of domestic lines for processing two-season raw industrial hemp of autumn and spring harvesting. The lines need to be efficient, low-cost and produce fiber of various qualities.

(*Research purpose*) The research aimed to substantiate the design of a low-cost line for the primary processing of technical hemp harvested in autumn and spring as a tangled mass of broken stems, and work out the recommendations for processing raw materials. (*Materials and methods*) Autumn harvest hemp was processed in four ways: single, double, triple and quadruple pass through the flax line of primary processing, without changing the settings of the machines. The design of this line was detailed as follows: DLV-2 flax disintegrator, horizontal lamellar fiber unloader of the VUL system named after I.N. Levitsky and two shaking machines with a lower combed field at the rotation frequency of a disintegrator rotor of 1000 revolutions per minute, and a swing frequency of the shaking machine needle rollers of 230 revolutions per minute. The obtained hemp was examined for quality indicators according to the current standards. (*Results and discussion*) It was revealed that the medium length of broken stems is 150 millimeters, the minimum and maximum length varies from 24 to 485 millimeters. It was shown that autumn harvest hemp is difficult to process: single and double passes of autumn harvest hemp through the line under research do not provide the desired fiber quality, which does not correspond to even the lowest grade. The third pass revealed to be possible to provide a quality fiber, and the fourth proved to be impractical. (*Conclusions*) It was proved that the separation and breaking load of the fiber in autumn harvest hemp differ from spring harvest hemp: 4.6 units versus 8.2-8.6 and 9.3 kilogram-force versus 13.5-16.9, respectively. The authors determined the quality indicators of hemp of the same type, undirected, and its yield with various processing options. For the first time, a domestic line for processing autumn and spring hemp with a capacity of 600 kilograms per hour and more was proposed, which allows to change the fiber quality, get a 1.5-2.0 times increase in productivity and change the fiber cost. The recommendations were substantiated for the effective hemp processing and the necessity of creating a disintegrator for hemp.

Keywords: industrial hemp, hemp of the same type, primary processing, spring and autumn harvesting, hemp variety, mass fraction of awn, breaking load.

For citation: Novikov E.V., Altukhova I.N., Bezbabchenko A.V. Obosnovanie linii dlya pervichnoy pererabotki tekhnicheskoy konopli v pen'ku odnotipnyuyu neorientirovannuyu [Substantiation of the line for the primary processing of industrial hemp into hemp of the same type undirected]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2022. Vol. 16. N2. 43-49 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-43-49. EDN CNDVID.

Пенька – главное стратегическое направление для развития экономики России [1-14]. Промышленную техническую коноплю возделывают в различных регионах России [15]. Уже более 85% российских предприятий производят пеньку одностипную неориентированную из сырья в виде массы спутанных ломаных стеблей конопли осенней или весенней уборки с поля, у которых середины и вершины в слое явно не выражены и распределены хаотично. Исследование первичной переработки конопли со стеблями полной длины и отдельно их частей в одностипное волокно не дает правильного представления о характеристиках сырья и волокна [16, 17].

Для первичной переработки тресты конопляной в виде спутанных ломаных стеблей в РФ применяют пока только зарубежные линии *Laroche, Charle, Demaitere* [18]. Отечественная линия для первичной переработки тресты конопляной в пеньку одностипную, которую предлагает ОАО «Завод им. Г.К. Королева», до сих пор не изготавливалась и, как следствие, не опробована на коноплесырье указанной структуры, а также она металлоэнергоёмкая и дорогостоящая.

В научных статьях крайне редко освещаются исследования линий переработки коноплесырья такой структуры и большей частью отсутствуют показатели качества получаемой одностипной пеньки.

Частично были исследованы малозатратные линии для переработки коноплесырья весенней уборки (односезонного сырья) [19, 20]. Однако в них не рас-

сматривалась переработка тресты осенней уборки. Необходимо продолжить исследования и разработку отечественных линий, позволяющих эффективно перерабатывать двухсезонное сырье (осенней и весенней уборки с поля). Причем линии должны быть эффективными и малозатратными и производить волокно различного качества [20-22].

Цель исследования – обоснование состава малозатратной линии для первичной переработки технической конопли осенней и весенней уборки в виде спутанной массы ломаных стеблей и рекомендаций переработки сырья в линии.

Для достижения поставленной цели необходимо определить качество тресты конопляной осенней уборки, провести экспериментальные исследования по ее первичной переработке в одностипную пеньку при различном составе оборудования, определить качество волокна и, обобщив данные с ранее полученными результатами, представить рекомендации для практической переработки указанного сырья на предприятиях России.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Для исследований использовали кипу тресты конопляной осенней уборки в виде спутанной массы ломаных стеблей из Нижегородской области (*рис. 1*).

Кипу тресты вручную разбирали и подавали на линию первичной переработки льна (*рис. 2*) [21].

Такая линия установлена в ООО «НЛСС» (Нерехтская льносеменоводческая станция) Костромской области. Мы использовали ее в качестве полноценной



Рис. 1. Вид кипы коноплесырья и отдельных прядей из нее: а – кипа; б – порция коноплесырья на весах, отделенная вручную от кипы; с – расправленная прядь внутри отделенной пробы
 Fig. 1. Type of a hemp bale and individual strands from it: a – a bale; b – a portion of hemp on the scales, separated manually from the bale; c – a straightened strand inside the separated sample

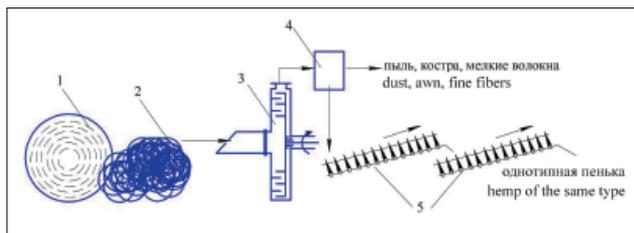


Рис. 2. Технологическая схема льняной промышленной мало-затратной линии, которую использовали как экспериментальную установку для переработки коноплесырья в пеньку однотипную неориентированную: 1 – рулон технической конопли; 2 – порция конопли, отделенная от рулона; 3 – дезинтегратор ДЛВ-2; 4 – разгрузитель волокна ВУЛ; 5 – трясильные машины
 Fig. 2. Technological scheme of a linen industrial low-cost line, used as an experimental plant for processing hemp raw materials into hemp of the same type, undirected: 1 – a roll of industrial hemp; 2 – a portion of hemp separated from the roll; 3 – DLV-2 disintegrator; 4 – VUL fiber unloader; 5 – shaking machines

промышленно-экспериментальной установки. Она состоит из льняного дезинтегратора ДЛВ-2, горизонтального пластинчатого разгрузителя волокна ВУЛ системы И.Н. Левитского и двух трясильных машин с нижним гребенным полем (рис. 2).

Коноплесырье осенней уборки перерабатывали на линии первичной переработки по четырем вариантам:

первый – однократный пропуск через линию при ручном питании;

второй – двукратный пропуск, то есть волокно после первого пропуска вручную снова подавали на эту же линию, не изменяя настроек машин в линии;

третий – трехкратный пропуск, когда волокно после второго пропуска снова вручную подавали на линию, не изменяя настроек машин;

четвертый – четырехкратный пропуск: волокно после третьего пропуска подавали на линию, также не изменяя настроек машин.

Параметры работы машин в линии: частота вращения ротора дезинтегратора ДЛВ-2 – 1000 мин⁻¹, частота качаний игольчатых валиков трясильных машин – 230 мин⁻¹.

У коноплесырья инструментальными методами

определяли среднюю длину поломанных стеблей, их диаметр, содержание волокна, разрывную нагрузку волокна в тресте. У пеньки однотипной после каждого пропуска исследовали значения показателей качества по ГОСТ 9993-2014 (ГОСТ 9993-74) «Пенька короткая. ТУ» и по ГОСТ Р 58957-2020.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Определили показатели качества осеннего коноплесырья и пеньки однотипной, полученной в результате первичной переработки при указанных выше условиях (табл. 1, 2).

Показатели качества тресты конопляной (коноплесырья) до первичной переработки	
QUALITY INDICATORS OF HEMP TRUSTS (HEMP RAW MATERIALS) BEFORE PRIMARY PROCESSING	
Показатели Quality indicators	Значения Values
1. Засоренность, % / Weediness, %	20
2. Длина ломанных стеблей, мм: Length of broken stems, mm: средняя / medium минимальная / minimum максимальная / maximum	150 24 485
3. Диаметр стеблей, мм / Diameter of stems, mm: средний / medium минимальный / minimum максимальный / maximum	3,4 2,5 5,5
4. Содержание волокна в тресте, % Fiber percentage in the trust, %	30,0
5. Отделяемость волокна от древесины, ед. Fiber separability from wood, units	4,6
6. Разрывная нагрузка волокна в тресте, кгс: Breaking load of fiber in the trust, kgs: средняя / medium минимальная / minimum максимальная / maximum	9,3 4,5 22,0

Средняя длина ломанных стеблей не превысила 150 мм, ее минимальные и максимальные значения варьируются в широком интервале – от 24 до 485 мм (табл. 1). Содержание волокна, отделяемость волокна от древесины и разрывная нагрузка волокна в тресте низкие, то есть представленное для переработки коноплесырье осенней уборки считается труднообрабатываемым. Это также подтверждается неоднородностью цвета волокна в тресте (рис. 1с). Следует отметить, что сырье такой структуры имеется в РФ в большом количестве.

Однократный пропуск коноплесырья осенней уборки через представленную линию не позволяет получать качественное волокно: массовая доля костры, равная 32%, значительно превышает как нормированное, так и предельное значения стандарта – 16 и 21% соответственно (табл. 2). Из-за этого, а также из-за низкой разрывной нагрузки волокна пеньку первого пропуска невозможно оценить даже самым низким сортом 3.

Второй пропуск значительно снижает массовую долю костры – на 11% (абс.), при неизменной разрыв-

Показатели качества пеньки одностипной неориентированной после переработки на линии (по вариантам переработки)		Table 2			
QUALITY INDICATORS OF HEMP OF THE SAME TYPE, UNDIRECTED, AFTER PROCESSING ON THE LINE (ACCORDING TO THE PROCESSING OPTIONS)					
Показатели Quality indicators	1-кратный пропуск single pass	2-кратный пропуск double pass	3-кратный пропуск triple pass	4-кратный пропуск quadruple pass	
1. Разрывная нагрузка скрученной ленточки, кгс Breaking load, kg/s	9	9	8	8	
2. Массовая доля костры, % Mass fraction of awn, %	32	21	15	10	
3. Содержание лапы, % Fiber percentage, %	0	0	0	0	
4. Выход пеньки одностипной неориентированной, % / The output of the hemp of same type, undirected, %	36	28	17	15	

ной нагрузке (табл. 2). Однако волокно, так же как и после первого пропуска, нельзя оценить даже сортом 3.

Третий пропуск через линию, аналогично второму, уменьшает массовую долю костры с 21 до 15% (табл. 2). При этом достигается допустимое значение 16%.

После четвертого пропуска этот показатель сокращается с 15 до 10% (табл. 2). Но перерабатывать волокно в четвертый раз нецелесообразно, так как третий пропуск труднообрабатываемого коноплесырья уже обеспечил нормированное значение массовой доли костры. Поэтому четвертый пропуск существенно снизит выход волокна (производительность), не улучшая качество, и как следствие, значительно повысит его себестоимость.

Выход одностипной пеньки при обоснованном нами трехкратном пропуске составляет 17% (табл. 2).

Чтобы определить состав линии, обобщили представленные результаты исследований конопли осенней уборки с данными переработки сырья весенней уборки (рис. 3) [19].

Предлагаемая линия состоит из трех установленных последовательно мини-линий I, II и III (рис. 3).

Каждая из них представляет собой исследованную нами экспериментальную установку (рис. 2)

В зависимости от качества коноплесырья, осенней или весенней уборки рекомендуется для механизации питания сырьем дополнить эту линию размотчиком рулонов или кипоразборщиком.

Если перерабатывается коноплесырье осенней уборки, то необходимо использовать всю линию, то есть все три мини-линии I-II-III, и снимать готовое волокно с приемного стола 9 (рис. 3). Производительность по тресте при всех указанных выше условиях составит 600-800 кг/ч.

Можно также снимать готовое волокно с промежуточного стола 8, применив только линии I и II (рис. 3). Волокно будет ликвидным, но худшего качества, с большей массовой долей костры и прочности. При этом высвободится линия III, на которой можно перерабатывать коноплю весенней уборки, увеличив производительность предприятия примерно в 1,5 раза.

При переработке осеннего коноплесырья нецелесообразно применять только одну мини-линию.

Если задействовано легкообрабатываемое коноплесырье весенней уборки и необходимо получить

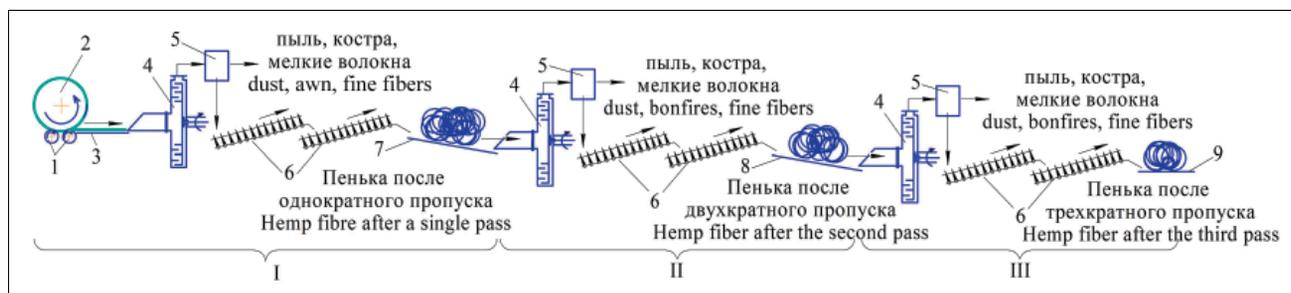


Рис. 3. Рекомендуемая линия для переработки технической конопли осенней и весенней уборки в пеньку одностипную неориентированную различных характеристик: I – мини-линия 1; II – мини-линия 2; III – мини-линия 3; 1 – размотчик рулонов; 2 – рулон коноплесырья; 3 – питающий стол; 4 – дезинтегратор конопли; 5 – разгрузитель волокна; 6 – тряпильные машины; 7, 8 – промежуточные столы, 9 – приемный стол

Fig. 3. The recommended line for processing industrial hemp harvested in autumn and spring into the hemp of the same type, undirected, with various characteristics: I – mini-line 1; II – mini-line 2; III – mini-line 3; 1 – roll unwinder; 2 – a roll of hemp; 3 – feeding table; 4 – hemp disintegrator; 5 – fiber unloader; 6 – shaking machines; 7, 8 – intermediate tables, 9 – receiving table



пеньку высокого качества, например с массовой долей костры до 4%, то следует использовать две мини-линии I+II (съем волокна со стола 8, рис. 3). При массовой доле готового волокна до 8-10% можно использовать только линию I, то есть снимать готовое волокно с промежуточного стола 7 (рис. 3). При этом высвобождаются две мини-линии II и III, на которых одновременно с линией I можно перерабатывать коноплесырье как весенней, так и осенней уборки. Такой прием увеличит производительность предприятия по тресте, а значит и выпуск волокна в 2 раза, поскольку конопля будет перерабатываться одновременно на трех мини-линиях (I, II и III). Причем линия I будет питаться сырьем с помощью рулоноразмотчика, а линии II и III – вручную, со столов 6 и 7 (рис. 3). Готовое волокно снимают со столов 7, 8 и 9.

Вышеуказанные рекомендации в виде правильного применения линии позволят производить пеньку однотипную неориентированную различного качества, что обеспечит гибкость производства и регулирование себестоимости волокна.

Рекомендации могут быть реализованы при выполнении следующих условий:

- влажность коноплесырья не должна превышать 17%;
- необходимо спроектировать дезинтегратор для переработки конопли. Так исследуемый нами льняной дезинтегратор марки ДЛВ-2 в процессе первого пропуска периодически забивался сырьем, что существенно снижало производительность линии. При втором пропуске забивок оборудования волокном не наблюдалось, а разгрузитель и обе трясельные машины работали равномерно, поэтому, в отличие от льняного дезинтегратора, нет необходимости изменять их конструкции под коноплесырье.

В зависимости от качества получаемой пеньки ее

можно использовать для производства различных изделий: межвенцовых и объемных утеплителей, котонина, пряжи, различной целлюлозы, композитов и многого другого.

Выводы

1. Определили характеристики нового для России коноплесырья осенней уборки в виде спутанной массы ломаных стеблей, основные из них – отделяемость и разрывная нагрузка – существенно отличаются от коноплесырья весенней уборки, представленного в исследованиях: 4,6 ед. против 8,2-8,6 ед. и 9,3 кгс против 13,5-16,9 кгс соответственно.

2. Для переработки технической конопли осенней уборки в целом подходит исследованная в работе льняная линия, но количество таких линий должно быть увеличено в 3 раза, тогда они будут производить пеньку однотипную различного качества и с производительностью по тресте 600 кг/ч.

3. Определили показатели качества пеньки однотипной неориентированной и ее выход из конопли осенней уборки при различных вариантах переработки. Впервые предложили отечественную линию первичной переработки конопли осенней и весенней уборки, позволяющую изменять показатели качества волокна, увеличивать производительность предприятия в 1,5-2,0 раза и изменять себестоимость волокна. Обосновали рекомендации для эффективной переработки конопли в ней и необходимость проектирования дезинтегратора для коноплесырья.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания FGSS-2022-0007 Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр дубяных культур».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Морыганов А.П. Отечественное целлюлозное волокно – перспективное сырье для российской текстильной промышленности // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*. 2018. N4(376). С. 44-49.
2. Krzikalla D., Halamar R., Mezicek J., Hajnyc J., Pagas M., Petru J., Cegan T. On flexural properties of additive manufactured composites: experimental and numerical study. *Composites science and technology*. 2022. Vol. 218. 109182.
3. Fan M., Dai D., & Yang A. High strength natural fiber composite: Defibrillation and its mechanisms of nano cellulose hemp fibers. *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*. 2011. N60(13). 1026-1040.
4. Абдувохидов А., Кароматов И.Д., Хамроева А.Х. Перспективное лечебное растение конопля // *Биология и интегративная медицина*. 2016. N6. С. 243-256.
5. Сакович Г.В., Будаева В.В., Корчагина А.А., Гисматулина Ю.А. Перспективы нитратов целлюлозы из нетрадиционного сырья для взрывчатых составов // *Химия растительного сырья*. 2019. N1. С. 259-268.
6. Щеглов Д.П., Шкретий Т.А., Катаев Г.А., Ким С.В. Техническая конопля в качестве заполнителя для бетона // *Наука и бизнес: пути развития*. 2020. N11(13). С.88-90.
7. Лиходеевский А.В. К вопросу о возрождении незаслуженно забытых технологий: техническая конопля // *Теория и практика мировой науки*. 2021. N3. С. 29-38.
8. Jamiluddin Jaafar, Januar Parlaundan Siregar, Cionita Tezara, Mohammad Hazim Mohammad Hamdan, Teuku Rihauat. A review of important considerations in the compression molding process of short natural fibers composites. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2019. N105. С. 3437-3450.
9. Адамович А.М., Иванов С.А., Дубровскис В.С. Производство метана из промышленной конопли // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2019. Т. 13. N2. С. 20-26.
10. Уварова Д.Ю., Пекарец А.А., Аким Э.Л. Исследование

- способности впитывать нефтепродукты карбонизированным волокном технической ненаркотической конопля // *Вестник Санкт-Петербургского Государственного университета технологии и дизайна. Серия 1: Естественные и технические науки*. 2021. N2. С. 92-95.
11. Таточенко И.М., Махамаджалилов А.Л. Возрождение коноплеводства как актуальная задача развития современного российского АПК // *Modern Science*. 2019. N6-2. С. 95-104.
 12. Мезенцев И.С., Красина И.В., Парсанов А.С. Современный взгляд на техническую коноплю в легкой промышленности и перспективы ее использования // *Дизайн. Материалы. Технология*. 2021. N1(61). С. 81-83.
 13. Татарина Д.В., Шкуро А.Е., Кривоногов П.С. Получение и исследование свойств древесно-полимерных композитов с кострой конопля // *Вестник технологического университета*. 2020. Т. 23. N3. С. 76-80.
 14. Сакович Г.В., Будаева В.В., Корчагина А.А., Гисматулина Ю.А. Перспективы нитратов целлюлозы из нетрадиционного сырья для взрывчатых составов // *Химия растительного сырья*. 2019. N1. С. 259-268.
 15. Смирнов А.А., Серков В.А., Зеленина О.Н., Романенко А.А., Сухорада Т.И. О первоочередных мерах для расширения посевов конопля в промышленных целях // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2017. N2. С. 20-22.
 16. Пашин Е.Л., Жукова С.В. Оценка технологической эффективности линии для получения однотипной пеньки // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*. 2012. N3(339). С. 28-31.
 17. Жукова С.В., Пашин Е.Л. Получение лубоволокнистого сырья из стеблей конопля семенных посевов // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*. 2009. N6(321). С. 25-27.
 18. Баланюк Н.П. Конопля глазами тех, кто ее выращивает и перерабатывает // *Вестник текстильлегпрома*. 2019. Осень. С. 54-57.
 19. Новиков Э.В., Алтухова И.Н., Басова Н.В. Анализ показателей качества технической конопля, линии для ее переработки и однотипной пеньки // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2020. Т. 14. N2. С. 34-40.
 20. Басова Н.В., Новиков Э.В., Безбабченко А.В., Хомигов А.С., Поселеннов Д.Д. Схема переработки технической конопля в однотипную пеньку // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2020. Т. 15. N1(57). С. 63-67.
 21. Ростовцев Р.А., Пучков Е.М. Федеральный научный центр лубяных культур: становление и пути развития // *Вестник текстильлегпрома*. 2019. Осень. С. 46-47.
 22. Носов А.Г., Вихарев С.М., Дроздов В.Г. Влияние влажности на вероятностные параметры распределения штапельной длины отходов трепания при обработке в деинтеграторе // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*. 2013. N3. С. 40-42.

REFERENCES

1. Moryganov A.P. Otechestvennoe tsellyuloznoe volokno – perspektivnoe syr'e dlya rossiyskoy tekstil'noy promyshlennosti [Domestic cellulose fiber as a promising raw material for the Russian textile industry]. *Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti*. 2018. N4(376). 44-49 (In Russian).
2. Krzikalla D., Halamar R., Mezicek J., Hajnyc J., Pagas M., Petru J., Cegan T. On flexural properties of additive manufactured composites: experimental and numerical study. *Composites science and technology*. 2022. Vol. 218. 2021.109182 (In English).
3. Fan M., Dai D., & Yang A. High strength natural fiber composite: Defibrillation and its mechanisms of nano cellulose hemp fibers. *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*. 2011. N60(13). 1026-1040 (In English).
4. Abduvokhidov A., Karomatov I.D., Khamroeva A.Kh. Perspektivnoe lechebnoe rastenie konopl'ya [Perspective medical plant hemp]. *Biologiya i integrativnaya meditsina*. 2016. N6. 243-256 (In Russian).
5. Sakovich G.V., Budaeva V.V., Korchagina A.A., Gismatulina Yu.A. Perspektivy nitratov tsellyulozy iz netraditsionnogo syr'ya dlya vzryvchatykh sostavov [Prospects for cellulose nitrates from non-traditional raw materials for explosive compositions]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*. 2019. N1. 259-268 (In Russian).
6. Shcheglov D.P., Shkrebtii T.A., Kataev G.A., Kim S.V. Tekhnicheskaya konopl'ya v kachestve zapolnitelya dlya betona [Technical hemp as filler for concrete]. *Nauka i biznes: puti razvitiya*. 2020. N11(13). 88-90 (In Russian).
7. Likhodeevskiy A.V. K voprosu o vozrozhdenii nezasluzhennno zabytykh tekhnologiy: tekhnicheskaya konopl'ya [On the question of the revival of undeservedly forgotten technologies: technical hemp]. *Teoriya i praktika mirovoy nauki*. 2021. N3. 29-38 (In Russian).
8. Jamiluddin Jaafar, Januar Parlaundan Siregar, Cionita Tezara, Mohammad Hazim Mohammad Hamdan, Teuku Rihauat. A review of important considerations in the compression molding process of short natural fibers composites. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2019. N105. 3437-3450 (In English).
9. Adamovichs A.M., Ivanovs S.A., Dubrovskis V.S. Proizvodstvo metana iz promyshlennoy konopl'i [Methane production from industrial hemp]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2019. Vol. 13. N2. 20-26 (In Russian).
10. Uvarova D.Yu., Pekarets A.A., Akim E.L. Issledovanie sposobnosti vpityvat' nefteprodukty karbonizirovannym voloknom tekhnicheskoy nenarkoticheskoy konopl'i [Research of carbonized fiber of industrial hemp for the ability to absorb petroleum products]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo Gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i dizayna. Seriya 1: estestvennye i tekhnicheskie nauki*. 2021. N2. 92-95 (In Russian).

11. Tatochenko I.M., Makhamadzhilov A.L. Vozrozhdenie konoplevodstva kak aktual'naya zadacha razvitiya sovremennogo rossiyskogo APK [The revival of hemp growing as an urgent task for the development of modern Russian agro-industrial complex]. *Modern Science*. 2019. N6-2. 95-104 (In Russian).
12. Mezentsev I.S., Krasina I.V., Parsanov A.S. Sovremennyy vzglyad na tekhnicheskuyu konoplyu v legkoy promyshlennosti i perspektivy ee ispol'zovaniya [Modern view on technical hemp in light industry and prospects for its use]. *Dizayn. Materialy. Tekhnologiya*. 2021. N1(61). 81-83 (In Russian).
13. Tatarinova D.V., Shkuro A.E., Krivonogov P.S. Poluchenie i issledovanie svoystv drevесno-polimernykh kompozitov s kostroy konopli [Wood-polastic composites with technical hemp]. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta*. 2020. Vol. 23. N3. 76-80 (In Russian).
14. Sakovich G.V., Budaeva V.V., Korchagina A.A., Gismatulina Yu.A. Perspektivy nitratov tsellyulozy iz netraditsionnogo syr'ya dlya vzryvchatykh sostavov [Prospects of cellulose nitrates from unconventional raw materials for explosive compositions]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*. 2019. N1. 259-268 (In Russian).
15. Smirnov A.A., Serkov V.A., Zelenina O.N., Romanenko A.A., Sukhorada T.I. O pervoocherednykh merakh dlya rasshireniya posevov konopli v promyshlennykh tselyakh [About priority measures for the expansion of the cannabis plantings for industrial purposes]. *Vestnik rossiiskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki*. 2017. N2. 20-22 (In Russian).
16. Pashin E.L., Zhukova S.V. Otsenka tekhnologicheskoy effektivnosti linii dlya polucheniya odnotipnoy pen'ki [Estimation of technological effectiveness of the line for making uniform hemp]. *Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti*. 2012, N3(339). 28-31 (In Russian).
17. Zhukova S.V., Pashin E.L. Poluchenie lubovoloknistogo syr'ya iz steblye konopli semennykh posevov [The obtaining of the bast from the stalks of the hemp seedings]. *Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti*. 2009. N6(321). 25-27 (In Russian).
18. Balanyuk N.P. Konoplya glazami tekhnicheskoy promyshlennosti i pererabatyvaet [Hemp through the eyes of those who grow and process it]. *Vestnik tekstil'legproma*. 2019. Osen'. 54-57 (In Russian).
19. Novikov E.V., Altukhova I.N., Basova N.V. Analiz pokazatelye kachestva tekhnicheskoy konopli, linii dlya ee pererabotki i odnotipnoy pen'ki [Analysis of industrial hemp quality indicators, a line for its processing and hemp short]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2020. Vol. 14. N2. 34-40 (In Russian).
20. Basova N.V., Novikov E.V., Bezbabchenko A.V., Khomitov A.S., Poselenov D.D. Skhema pererabotki tekhnicheskoy konopli v odnotipnyuyu pen'ku [Scheme for processing industrial hemp into the same type fiber]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2020. T. 15. N1(57). 63-67 (In Russian).
21. Rostovtsev R.A., Puchkov E.M. Federal'nyy nauchnyy tsentr lubyanykh kul'tur: stanovlenie i puti razvitiya [Federal research center for bast crops: foundation and ways of development]. *Vestnik tekstil'legproma*. 2019. Osen'. 46-47 (In Russian).
22. Nosov A.G., Vikharev S.M., Drozdov V.G. Vliyaniye vlazhnosti na veroyatnostnyye parametry raspredeleniya shtapel'noy dliny otkhodov trepaniya pri obrabotke v dezintegratore [Influence moisture in the probability distribution parameters staple length scutcher waste treatment in a disintegrator]. *Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti*. 2013. N3. 40-42 (In Russian).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Заявленный вклад соавторов:

Новиков Э.В. – определение направлений исследования, работа с текстом, формирование общих выводов;

Алтухова И.Н. – сбор данных, обработка материала, работа с текстом;

Безбабченко А.В. – литературный анализ, обработка материала, работа с иллюстрациями и текстом.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Coauthors' contribution:

Novikov E.V. – setting the research scope, working on the manuscript draft, developing general conclusions;

Altukhova I.N. – data collection, material processing, working on the manuscript draft;

Bezbabchenko A.V. – literature review, material processing, working on illustrations and manuscript draft.

The authors read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию

Статья принята к публикации

The paper was submitted to the Editorial Office on

The paper was accepted for publication on

08.02.2022

11.04.2022

Обоснование параметров измельчителя минеральных удобрений в бункере чизеля-культиватора

Фазлиддин Уринович Жураев,
доктор технических наук, доцент,
e-mail: fjuraev66@mail.ru;

Кадам Истамович Рузикулов,
докторант, e-mail: qruzikulov@mail.ru;
Элдор Фазлиддин Угли Уринов,
соискатель, e-mail: urinov757@gmail.com

Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», Бухарский институт управления природными ресурсами, г. Бухара, Республика Узбекистан

Реферат. Отметим актуальность повышения продуктивности орошаемых земель, обеспечения достаточных запасов минеральных и питательных веществ для растений в Республике Узбекистан. Показали, что для внесения минеральных удобрений при подготовке земель к севу хлопчатника, пшеницы, сои и других культур на практике используют чизель-культиватор с двумя отдельными бункерами для минеральных удобрений вместимостью по 50 килограммов. Выявили, что в бункерах остаются крупные комки слежавшихся удобрений, что снижает производительность и качество работы агрегата. Рекомендуем использовать усовершенствованное устройство с одной емкостью, где установлены специальные измельчители минеральных удобрений. (*Цель исследования*) Обосновать параметры измельчителя крупных комков минеральных удобрений в бункере чизеля-культиватора. (*Материалы и методы*) Исследовали параметры и показатели измельчителя минеральных удобрений, работающего посредством вращательного движения, обеспеченного опорным колесом агрегата. (*Результаты и обсуждение*) Установили параметры чизеля-культиватора для измельчения и внесения минеральных удобрений при подготовке почвы под посев. (*Выводы*) Разработали агрегат с измельчительными рабочими органами в бункере чизеля-культиватора: диаметр вала – 40 миллиметров, высота зубчатой планки – 25-30, ширина – 8-10, толщина – 2-3 миллиметра. Всего в одном отсеке бункера зафиксировали 18 планок, в 10 отсеках – 180 штук. С выбранными параметрами измельчителя минеральных удобрений в бункере емкостью 350 килограммов можно внести в почву до 300 килограммов на гектар.

Ключевые слова: чизель-культиватор, измельчитель комков минеральных удобрений, внесение твердых минеральных удобрений, сошник.

Для цитирования: Жураев Ф.У., Рузикулов К.И., Уринов Э.Ф. Обоснование параметров измельчителя минеральных удобрений в бункере чизеля-культиватора // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022. Т. 16. №2. С. 50-55. DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-50-55. EDN CVUJQC.

Substantiation of the Parameters for the Grinder of Mineral Fertilizers in the Chisel-Cultivator Hopper

Fazliddin U. Zhuraev,
Dr.Sc.(Eng.), associate professor,
e-mail: fjuraev66@mail.ru;

Qadam I. Ruzikulov,
Ph.D.student (Eng.), e-mail: qruzikulov@mail.ru;
Eldor F. Urinov,
Ph.D.applicant (Eng.), e-mail: urinov757@gmail.com

National Research University “Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers”, Bukhara Institute of Natural Resources Management, Bukhara, Republic of Uzbekistan

Abstract. The problem of increasing the irrigated lands productivity and ensuring sufficient reserves of minerals and nutrients for plants is noted to be important in the Republic of Uzbekistan. In practice, when preparing land for sowing cotton, wheat, soybeans and other crops, the application of mineral fertilizers is provided with the help of a chisel cultivator that has two separate hoppers for mineral fertilizers with a capacity of 50 kilograms each. It was revealed that large lumps of caked fertilizers remain in the hoppers, which reduces the productivity and quality of the unit. It was recommended to use an improved device with one container and special grinders for mineral fertilizers installed there. (*Research purpose*) To substantiate the parameters for the grinder of

large lumps of mineral fertilizers in the chisel-cultivator hopper. (*Materials and methods*) The study was focused on the parameters and performance of a mineral fertilizer grinder operating by means of a rotation provided by the unit support wheel. (*Results and discussion*) The parameters of the chisel-cultivator were determined for grinding and applying mineral fertilizers at the stage of preparing the soil for sowing. (*Conclusions*) A unit with grinding working bodies was developed to install in a chisel-cultivator hopper. The following parameters were specified: the shaft diameter is 40 millimeters, the toothed bar height is 25-30 millimeters, the width is 8–10 millimeters, and the thickness is 2-3 millimeters. In total, 18 bars were fixed in one compartment of the hopper, and 180 pieces in 10 compartments. The selected parameters of the mineral fertilizer grinder in the hopper with a capacity of 350 kilograms facilitate the application of up to 300 kilograms per hectare.

Keywords: chisel-cultivator, crusher of mineral fertilizers lumps, application of solid mineral fertilizers, coulters.

For citation: Zhuraev F.U., Ruzikulov K.I., Urinov E.F. Obosnovanie parametrov izmel'chatelya mineral'nykh udobreniy v bunkere chizelya-kul'tivatora [Substantiation of the parameters for the grinder of mineral fertilizers in the chisel-cultivator hopper]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2022. Vol. 16. N2. 50-55 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-50-55. EDN CVUJQC.

Повышение продуктивности орошаемых земель, обеспечение достаточных запасов минеральных и питательных веществ для растений остаются одной из важных задач в Республике Узбекистан [1]. В целях улучшения плодородия почвы разработаны новые методы, технологии, техника [2-4]. Их совершенствование направлено на повышение производительности труда, снижение затрат энергии и материальных ресурсов [5-7].

Технология предпосевной обработки почвы, применяемая в Узбекистане, зависит от зональных особенностей, связанных с почвенно-климатическими и мелиоративными условиями, которые разделены на три зоны [8, 9]:

первая – предгорные земли, поверхности которых имеют заметные уклоны, с относительно большим количеством осадков, где можно получить всходы за счет естественной влаги;

вторая – предгорные земли, поверхность которых с незначительным уклоном, с малым количеством осадков, где для получения всходов необходимы предпосевные поливы;

третья – земля с незначительным уклоном и с различной степенью засоленности, где требуется проведение промывных поливов.

В этих условиях оптимально использование энерго- и ресурсосберегающих машин в системе минимальной обработки почвы.

В технологии предпосевной обработки почвы можно отметить три основных направления:

- минимизации обработки почвы (вплоть до нулевой обработки);
- совмещение технологических операций;
- подготовка технологических полей для машинно-тракторного агрегата.

Для зоны хлопководства наиболее приемлема технология минимальной обработки почвы, основанная на совмещении технологических операций в ходе применения комбинированных предпосевных почвообрабатывающих машин, укомплектованных актив-

ными и пассивными рабочими органами и уплотнительным катком.

Если необходимо вносить минеральные удобрения во время чизелевания, то посевные рабочие органы снабжают сошниками, а на раме чизеля-культиватора устанавливают туковысевающие аппараты с тукопроводом и приводом от опорных колес. Эти агрегаты имеют некоторые недостатки. У существующего орудия есть два отдельных бункера, емкость каждого до 50 кг. Но не предусмотрено измельчение крупных комков минеральных удобрений, что снижает производительность агрегата (*рис. 1*).



Рис. 1. Ручная работа по сепарации крупных комков минеральных удобрений

Fig. 1. Manual separation of mineral fertilizer large lumps

Для внесения минеральных удобрений при подготовке земель к севу хлопчатника, пшеницы, сои и других культур мы рекомендуем использовать усовершенствованное устройство, установленное на раме чизеля-культиватора. Глубина внесения – 20-25 см. Норма внесения – до 300 кг/га (*рис. 2*).



Рис. 2. Общий вид чизеля-культиватора с переоборудованными рабочими органами

Fig. 2. General view of a chisel-cultivator with re-equipped working bodies

Цель исследования – обосновать параметры измельчителя крупных комков минеральных удобрений в бункере чизеля-культиватора.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Предложили новую конструкцию чизеля-культиватора с переоборудованными рабочими органами и емкостью для минеральных удобрений 350 кг (рис. 3).

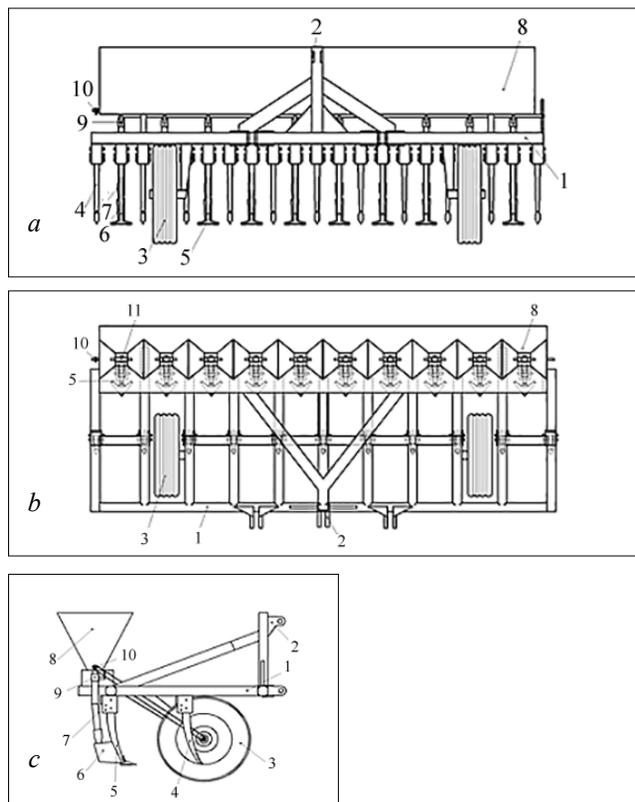


Рис. 3. Схема агрегата для вынесения минеральных удобрений в ходе предпосевной обработки почвы: а – вид спереди; б – вид сверху; с – вид сбоку; 1 – рама агрегата; 2 – навеска рамы; 3 – опорное колесо; 4 – стойки с узкими рыхлительными лапами; 5 – стойки со стрельчатыми лапами; 6 – сошники для вынесения минеральных удобрений; 7 – трубопровод для минеральных удобрений; 8 – бункер; 9 – регулятор поступления минеральных удобрений; 10 – заслонка трубопровода; 11 – измельчитель

Fig. 3. The diagram of the unit for applying mineral fertilizers during pre-sowing tillage: a – front view; b – top view; c – side view; 1 – unit frame; 2 – frame hinge; 3 – support wheel; 4 – racks with narrow rippling paws; 5 – racks with lancet paws; 6 – coulters for applying mineral fertilizers; 7 – pipeline for mineral fertilizers; 8 – hopper; 9 – regulator of mineral fertilizers supply; 10 – pipeline damper; 11 – grinder

Прицепную раму агрегата навешивают при помощи сцепки на задней навеске трактора. Опорное колесо обеспечивает глубину обработки почвы рыхлительными и стрельчатыми лапами и внесения минеральных удобрений посредством сошника. С помощью специального устройства можно регулировать поступление минеральных удобрений из бункера в

трубопровод [10-14]. Ширина захвата агрегата – 4 м, расстояние между узкими рабочими органами – 300-310 мм, между стрельчатыми лапами – 350-370 мм. Глубину рыхления почвы (до 0,25 м) и внесения минеральных удобрений можно регулировать с помощью двух опорных колес.

В экспериментах использовали методы математического планирования и тензометрирования, а также существующие нормативные документы (*Tst* 63.03.2001, *Tst* 63.04.2001), «Методику проведения полевых экспериментов», подготовленную Научно-исследовательским институтом селекции, семеноводства и агротехнологии выращивания хлопчатника, рекомендации для внесения минеральных удобрений [15-18].

Внутри бункера вращаются активные зубчатые рабочие органы для размельчения больших комков минеральных удобрений (рис. 4).

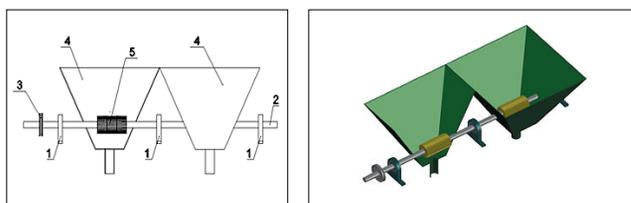


Рис. 4. Схематический вид агрегата для внесения минеральных удобрений: 1 – хомуты для закрепления вала; 2 – вал измельчителя; 3 – шкив; 4 – бункеры; 5 – измельчитель

Fig. 4. Schematic view of the unit for applying mineral fertilizers: 1 – clamps for fixing the shaft; 2 – grinder shaft; 3 – pulley; 4 – hoppers; 5 – grinder

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Усовершенствованный агрегат для подготовки почвы под посев и одновременного внесения минеральных удобрений имеет один бункер вместимостью до 350 кг. В нем установлены активные рабочие органы, которые получают вращательное движение от опорного колеса.

Экспериментальные исследования проводили в 2020-2022 гг. в фермерском хозяйстве Бухарского района Бухарской области.

Агрегат снабжен зубчатыми рабочими органами для измельчения крупных фракций минеральных удобрений внутри бункера. Вращающиеся зубья ролика проталкивают гранулированные или порошкообразные удобрения по дну и направляют их в дозатор. Измельченные удобрения через трубопроводы поступают непосредственно в почву, при норме расхода до 300 кг/га. Этот показатель можно регулировать, изменяя скорость движения концентрацию и зазор между его дном и нижним краем стенки бункера [20-23].

Зубчатые рабочие органы имеют следующие параметры: высота зубчатой планки – 25-30 мм, ширина – 8-10 мм, толщина – 2-3 мм. Всего в одном отсеке бункера зафиксировано 18 планок, в десяти отсеках – 180 шт. Диаметр вала 40 мм.

С помощью рукоятки все заслонки (дозаторы) регулируются. Чтобы проверить равномерность внесения удобрений каждым дозатором, на них надевают мешки. Через 10 м агрегат останавливают, а мешки взвешивают для сравнения, при 3-5-кратной повторности. В каждом дозаторе содержится нормированная масса минеральных удобрений: $m_1; m_2; m_3 \dots m_n$ ($n = 1, 2, 3 \dots$), их среднее арифметическое равно [2, 3, 6, 19, 20]:

$$M_{\text{ср}} = \frac{(m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n)}{n}, \quad (1)$$

где n – количество дозаторов, шт.

Коэффициент разности количественных показателей при нормировании минеральных удобрений в почву можно определить из выражения:

$$\Phi = \frac{\sum_{i=1}^n (M_{\text{ср}} - M_i)}{\sum_{i=1}^n M_i} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где M_i – порядковый номер дозаторов ($i = 1, 2, 3 \dots n$).

Для минеральных удобрений $\Phi \leq 8-10\%$.

Количество удобрения, вносимого в почву на глубину 20-25 см, рассчитывают по следующей формуле.

$$Q = 10000 \cdot q / (nbl), \quad (3)$$

где Q – норма внесения удобрений, кг/га;

b – расстояние между сошниками для внесения минеральных удобрений, м;

l – путь прохождения агрегата для контроля, м ($l = 10$ м).

При подготовке почвы к посеву хлопчатника вносят 300-350 кг/га смеси аммофоса и мочевины (70:30).

Выводы. Определили параметры измельчителя минеральных удобрений в бункере чизеля-культиватора: высота зубчатых планок – 25-30 мм, ширина каждой планки – 8-10 мм. В каждом из 10 отсеков бункера установлено по 18 планок. Диаметр вала составляет 40 мм.

С выбранными параметрами измельчителя минеральных удобрений в бункера емкостью 350 кг можно внести в почву до 300 кг/га.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вожик Ю., Насонов В. Резервы минерального питания зерновых культур // *Пропозиция*. 2017. N2. С. 44-48.
2. Akhmetov A.A. Concerning advantages of passive operative part with symmetric leg. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2012. N2. 51-56.
3. Ахметов А.А., Муратов Л.Б. Обоснование параметров сменных рабочих органов комбинированной машины // *Irrigatsiya va melioratsiya*. 2021. N1(23). С. 53-57.
4. Мударисов С.Г., Аминов Р.И., Фархутдинов И.М., Ямалетдинов М.М. Рабочий орган для внесения удобрений в технологии Strip-till при выращивании технических культур // *Сельский механизатор*. 2017. N9. С. 10-11.
5. Камбулов С.И., Пархоменко Г.Г., Бабенко О.С., Божко И.В. Влияние параметров рабочего органа культиватора на качество крошения почвенного пласта // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022. Т. 16. N1. С. 41-46.
6. Akhmedov A.A. Concerning advantages of passive operative part with symmetric leg. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2012. N2. 51-56.
7. Ani O.A., Uzoejinwa B.B., Ezeama A.O., Onwualu A.P., Ugwu S.N., Ohagwu C.J. Overview of soil-machine interaction studies in soil bins. *Soil and Tillage Research*. 2018. N175. 13-27.
8. Ayadi I., Hatem B., Elyes H., Aref M., Abdul M. Mouazen. 3D finite element simulation of the effect of mouldboard plough's design on both the energy consumption and the tillage quality. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2017. N90. 473-487.
9. Кирюшин В.И. Минимизация обработки почвы: перспективы и противоречия // *Земледелие*. 2006. N5. С. 12-15.
10. Ахметов А.А., Хушвактов Б.В., Камбарова Д.У., Муратов Л.Б. Обоснование формы и параметров фартука-выравнивателя // *Инновационные технологии*. 2020. Специальный выпуск. С. 45-48.
11. Juraev F., Khamroyev G., Khaydarova Z., Khamroyev I., Ibdov I. The usage of a combined machine in the process of preparing the land for planting. *E3S Web of Conferences*. 2021. 264. 04092.
12. Juraev F., Karimov G. Water saving technique and technology of subsurface irrigation. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. 883(1). 012095.
13. Игамбердиев Х.Х., Мухитдинов А.Б. Теоретическое определение окружной скорости очесывающего барабана // *Irrigatsiya va melioratsiya*. 2021. N(23). С. 44-47.
14. Байметов Р.И., Флайшер Н.М. Оптимизация параметров рабочих органов почвообрабатывающих машин. Ташкент: Фан. 1991. С. 129-135.
15. Епифанцев В.В., Осипов Я.А. Вайтехович Ю.А. Сошники для выращивания экологически безопасной сои // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2020. Т. 14. N3. С. 59-65.
16. Жураев Ф.У., Мусулманов Ф.Ш. Применение техники и технологии для промывки сильнозасоленных почв // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2020. Т. 14. N2. С. 29-33.
17. Норчаев Р.Н., Норчаев Д.Р., Чоршанбиев Р.Х. Обоснование параметров решетчатого рыхлителя копателя моркови в условиях Республики Узбекистан // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2020. Т. 14. N3. С. 15-19.
18. Dzyuba O., Dzyuba A., Polyakov A., Volokh V., Antoshchenkov R., Mykhailov A. Studying the influence of struc-

- tural-mode parameters on energy efficiency of the plough PLN-3-35. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. N3(1-99). 55-65.
19. Rakhimov Z., Mudarisov S., Gabitov I., Rakhimov I., Rakhimov R., Farkhutdinov I., Tanylbaev M., Aminov R. Mathematical description of the mechanical erosion process in sloping fields. *Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2018. N13. 6505-6511.
 20. Муродов Н.М. Почвоуглубление без повторного уплотнения дна борозды // *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 2006. N10. С. 12–13.
 21. Ахалая Б.Х., Шогенов Ю.Х., Старовойтов С.И., Ценч Ю.С., Шогенов А.Х. Трехсекционный почвообрабатывающий агрегат с универсальными сменными рабочими органами // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2019. Т. 14. N3(54). С. 92-95.
 22. Ахалая Б.Х., Старовойтов С.И., Ценч Ю.С., Шогенов Ю.Х., Адамия Л.С. Комбинированный агрегат с универсальным рабочим органом для поверхностной обработки почвы // *Техника и оборудование для села*. 2020. N8(278). С. 8-11.
 23. Несмиян А.Ю., Ценч Ю.С., Каймакова А.С. Анализ изменения технико-технологического уровня паровых культиваторов в XXI веке // *Технический сервис машин*. 2021. N2(143). С. 174-183.
 23. Nesmiyan A.Yu., Tsench Yu.S., Kaymakova A.S. Analiz izmeneniya tekhniko-tekhnologicheskogo urovnya parovykh kul'tivatorov v XXI veke [Analysis of changes in the technical and technological level of steam cultivators in the XXI century]. *Tekhnicheskij servis mashin*. 2021. N2(143). 174-183 (In Russian).

REFERENCES

1. Vozhik Yu., Nasonov V.. Rezervy mineral'nogo pitaniya zernovykh kul'tur [Reserves of mineral nutrition for grain crops]. *Propozitsiya*. 2017. N2. 44-48 (In Russian).
2. Akhmetov A.A. Concerning advantages of passive operative part with symmetric leg. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2012. N2. 51-56 (In English).
3. Akhmetov A.A., Muratov L.B. Obosnovanie parametrov smennykh rabochikh organov kombinirovannoy mashiny [Justification of parameters of replaceable working parts of a combined machine]. *Irrigatsiya va melioratsiya*. 2021. N1(23). 53-57 (In Russian).
4. Mudarisov S.G., Aminov R.I., Farkhutdinov I.M., Yamaltdinov M.M. Rabochiy organ dlya vnoseniya udobreniy v tekhnologii Strip-till pri vyrashchivaniy tekhnicheskikh kul'tur [The working body for fertilization in strip-till technology in growing crops]. *Sel'skiy mekhanizator*. 2017. N9. 10-11 (In Russian).
5. Kambulov S.I., Parkhomenko G.G., Babenko O.S., Bozhko I.V. Vliyanie parametrov rabocheho organa kul'tivatora na kachestvo krosheniya pochvennogo plasta [Influence of the cultivator working body parameters on the soil crumbling quality]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2022. Vol. 16. N1. 41-46 (In Russian).
6. Akhmedov A.A. Concerning advantages of passive operative part with symmetric leg. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2012. N2. 51-56 (In English).
7. Ani O.A., Uzoejinwa B.B., Ezeama A.O., Onwualu A.P., Ugwu S.N., Ohagwu C.J. Overview of soil-machine interaction studies in soil bins. *Soil and Tillage Research*. 2018. N175. 13-27 (In English).
8. Ayadi I., Hatem B., Elyes H., Aref M., Abdul M. Mouazen. 3D finite element simulation of the effect of mouldboard plough's design on both the energy consumption and the tillage quality. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2017. N90. 473-487 (In English).
9. Kiryushin V.I. Minimizatsiya obrabotki pochvy: perspektivy i protivorechiya [Tillage minimization: prospects and controversies]. *Zemledelie*. 2006. N5. 12-15 (In Russian).
10. Akhmetov A.A., Khushvaktov B.V., Kambarova D.U., Muratov L.B. Obosnovanie formy i parametrov fartuka-vyravnivatelya [Substantiation of the apron-aligner's shape and parameters]. *Innovatsionnyye tekhnologii*. 2020. Spetsial'nyy vypusk. 45-48 (In Russian).
11. Juraev F., Khamroyev G., Khaydarova Z., Khamroyev I., Ibodov I. The usage of a combined machine in the process of preparing the land for planting. *E3S Web of Conferences*. 2021. 264. 04092 (In English).
12. Juraev F., Karimov G. Water saving technique and technology of subsurface irrigation. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. 883(1). 012095 (In English).
13. Igamberdiev H.H., Mukhitdinov A.B. Teoreticheskoe opredelenie okruzhnoy skorosti ochesyvayushchego barabana [To the determination of the critical circuit speed of the sharing drum]. *Irrigatsiya va melioratsiya*. 2021. N(23). 44-47 (In Russian).
14. Baymetov R.I., Flaysher N.M. Optimizatsiya parametrov rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh mashin [Optimizing the parameters of the tillage machine working bodies]. Tashkent: Fan. 1991. 129-135 (In Russian).
15. Epifantsev V.V., Osipov Ya.A. Vaytekhovich Yu.A. Soshniki dlya vyrashchivaniya ekologicheski bezopasnoy soi [Plowshare for growing ecologically safe soybeans]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2020. Vol. 14. N3. 59-65 (In Russian).
16. Zhuraev F.U., Musulmanov F.Sh. Primeneniye tekhniki i tekhnologii dlya promyvki sil'nozsolennykh pochv [Equipment and technology application for washing highly saline soils]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2020. Vol. 14. N2. 29-33 (In Russian).
17. Norchaev R.N., Norchaev D.R., Chorshanbiev R.Kh. Obos-

- novanie parametrov reshetchatogo rykhlyatelya kopatelya morkovi v usloviyakh Respubliki Uzbekistan [Substantiation of the lattice ripper parameters of the carrot digger in conditions of the republic of uzbekistan]. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2020. Vol. 14. N3. 15-19 (In Russian).
18. Dzyuba O., Dzyuba A., Polyakov A., Volokh V., Antoshchenkov R., Mykhailov A. Studying the influence of structural-mode parameters on energy efficiency of the plough PLN-3-35. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. N3(1-99). 55-65 (In English).
19. Rakhimov Z., Mudarisov S., Gabitov I., Rakhimov I., Rakhimov R., Farkhutdinov I., Tanylbaev M., Aminov R. Mathematical description of the mechanical erosion process in sloping fields. *Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2018. N13. 6505-6511 (In English).
20. Murodov N.M. Pochvouglublenie bez povtornogo uplotneniya dna borozdy [Dredging without furrow bottom recompacting]. *Traktory i sel'skokhozyaystvennye mashiny*. 2006. N10. 12-13 (In Russian).
21. Ahalaya B.Kh., Shogenov Yu.Kh., Starovoytov S.I., Tsench Yu.S., Shogenov A.Kh. Trekhseksionnyy pochvoobrabatyvayushchiy agregat s universal'nymi smennymi rabochimi organami [Three-section tillage unit with universal replaceable working bodies]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019. Vol. 14. N3(54). 92-95 (In Russian).
22. Akhalaya B.Kh., Starovoytov S.I., Tsench Yu.S., Shogenov Yu.Kh., Adamiya L.S. Kombinirovanny agregat s universal'nym rabochim organom dlya poverkhnostnoy obrabotki pochvy [Combined unit with a universal working body for surface tillage]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2020. N8(278). 8-11 (In Russian).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Заявленный вклад соавторов:

Жураев Ф.У. – научное руководство, формулирование основных направлений исследования, разработка теоретических предпосылок, доработка текста, формирование общих выводов и литературный анализ.

Рузикулов К.И. – проведение мониторинга надежности агрегата чизеля культиватора для вынесения минеральных удобрений.

Уринов Э.Ф. – обработка результатов исследований, визуализация.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Coauthors' contribution:

Zhuraev F.U. – scientific supervision, formulation of the main directions of research, development of the theoretical premises, text revision and editing, development of general conclusions and literature review.

Ruzikulov K.I. – monitoring the reliability of the chisel cultivator unit for mineral fertilizers application.

Urinov E.F. – research results processing, visualization.

The authors read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию

Статья принята к публикации

The paper was submitted to the Editorial Office on

The paper was accepted for publication on

21.01.2022

14.04.2022

Определение показателей ленто-кассетного высевающего устройства для селекционного посева зерновых культур колосьями

Михаил Евгеньевич Чаплыгин,
кандидат технических наук, старший научный
сотрудник, e-mail: misha2728@yandex.ru;
Марсель Марселевич Шайхов,
ведущий специалист,
e-mail: mars.shaihov@yandex.ru;

Андрей Сергеевич Чулков,
кандидат технических наук,
e-mail: andrei.chulkov@mail.ru;
Алексей Викторович Подзоров,
научный сотрудник,
e-mail: alexvp900@yandex.ru

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. Отметили высокую эффективность посева зерновых культур колосьями в селекции и первичном семеноводстве. Выявили, что сеялка с рабочими органами для посева колосьями поможет значительно (до 8 раз) снизить трудоемкость в сравнении с использованием ручного труда, при обеспечении сохранения чистоты сорта. (*Цель исследования*) Разработать рабочую секцию сеялки с ленто-кассетным высевающим устройством для посева колосьями зерновых колосовых культур в селекционных и семеноводческих питомниках, обосновать параметры высевающего аппарата, необходимые при проектировании многосекционной колосовой сеялки. (*Материалы и методы*) В ходе экспериментов предложили принципиальную схему, программу и методику испытаний рабочей секции кассетной сеялки для посева колосьями. Исследовали образец посевной секции в лабораторных условиях. Изучили возможности обеспечения чистоты сорта в условиях естественного осыпания зерен. Использовали техническое решение высева колосьев в капсулах. (*Результаты и обсуждение*) Предложили оснастить кассетное высевающее устройство сеялки приспособлением для выталкивания капсулы с колосом из ячейки кассетной ленты. Разработали макетный образец секции колосовой сеялки. Проверили работу ленто-кассетного высевающего устройства. (*Выводы*) Установили рациональные параметры ячеек кассетной ленты: внутренний диаметр – 2,3-2,5 сантиметра, длина – 14,0-16,5 сантиметра, расстояние между осями – 3-4 сантиметра. Получили формулу для расчета количества ячеек в кассетной ленте в зависимости от числа витков ленты в кассете. Разработали исходные требования и техническое задание на экспериментальный образец секции колосовой сеялки. Обобщили данные для проектирования многосекционной сеялки для посева колосьями.

Ключевые слова: селекционная сеялка, семеноводство, посев зерновых, сеялка для посева колосьями, колосовая сеялка, ленто-кассетное высевающее устройство, капсульный высев колосьев, капсулы с высеваемым материалом.

Для цитирования: Чаплыгин М.Е., Шайхов М.М., Чулков А.С., Подзоров А.В. Определение показателей ленто-кассетного высевающего устройства для селекционного посева зерновых культур колосьями // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022. Т. 16. №2. С. 56-61. DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-56-61. EDN ACSMII.

Specifying the Indicators of a Breeding Tape-Cassette Sowing Device for Sowing Grain Crops by Ears

Mikhail E. Chaplygin,
Ph.D.(Eng.), senior researcher,
e-mail: misha2728@yandex.ru;
Marsel' M. Shaykhov,
leading specialist,
e-mail: mars.shaihov@yandex.ru;

Andrey S. Chulkov,
Ph.D.(Eng.),
e-mail: andrei.chulkov@mail.ru;
Aleksey V. Podzorov,
researcher,
e-mail: alexvp900@yandex.ru

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. A high efficiency of sowing grain crops by ears was noted in breeding and primary seed production. It was found that a seeder with working bodies for sowing by ears helps to significantly (up to 8 times) reduce labor intensity as well as maintain the variety purity in comparison with the use of manual labor. (*Research purpose*) To develop a seeder working section with a

tape-cassette sowing device for sowing grain crops by ears in breeding and seed nurseries, and to substantiate the sowing device parameters necessary for the design of a multi-section grain seeder. (*Materials and methods*) In the course of the experiments, the authors proposed a schematic diagram, a program and a method for testing a cassette seeder working section for sowing by ears. A sample of the seed section was examined in the laboratory. The ways of ensuring the variety purity in conditions of grain natural shedding were studied. A technology of sowing ears in capsules was used. (*Results and discussion*) It was proposed to equip the seeder cassette sowing device with a device for pushing the capsule with the ear out of the cassette tape cell. A mock-up model of a spiked seed drill section was developed. The operation of the tape-cassette sowing device was checked. (*Conclusions*) The advisable parameters of the cassette tape cells specified are as follows: the inner diameter is 2.3-2.5 centimeters, the length is 14.0-16.5 centimeters, the distance between the axes is 3-4 centimeters. A formula for calculating the number of cells in a cassette tape was obtained depending on the number of tape turns in the cassette. The initial requirements and terms of reference were developed for the experimental sample of the grain drill section. The data were summarized to design a multi-section seeder for sowing with ears.

Keywords: breeding seeder, seed production, grain crops sowing, seeder for sowing by ears, ear seeder, tape-cassette sowing device, capsule sowing of ears, capsules with seeded material.

For citation: Chaplygin M.E., Shaykhov M.M., Chulkov A.S., Podzorov A.V. Opredelenie pokazately lentokassetnogo vysewayushchego ustroystva dlya selektsionnogo poseva zernovykh kul'tur kolos'yami [Specifying the indicators of a breeding tape-cassette sowing device for sowing grain crops by ears]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2022. Vol. 16. N2. 56-61 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-56-61. EDN ACSMII.

Установлена высокая эффективность посева зерновых колосовых культур колосьями в селекционных питомниках 1-го года и питомниках испытаний потомств 1-го года первичного семеноводства [1-3]. В ФНАЦ ВИМ и других ведущих организациях сельскохозяйственного машиностроения разработано много моделей машин и устройств для различных этапов селекционных работ [4-6]. Наряду с рядовым, многие другие способы посева находят применение в селекции и семеноводстве зерновых культур [4, 7, 8]. Разработка специальной сеялки для посева колосьями позволит повысить производительность труда, снизить трудоемкость этого метода на делянках до 8 раз в сравнении с использованием ручного труда, при обеспечении сохранения чистоты сорта, а также сократить время выведения новых сортов [9, 10].

Цель исследования – разработать рабочую секцию сеялки с ленто-кассетным высевальным устройством для посева колосьями зерновых колосовых культур в селекционных и семеноводческих питомниках, обосновать параметры высевального аппарата для их использования при проектировании 2-4-секционной колосовой сеялки.

Материалы и методы. Разработали принципиальную схему, программу и методику испытаний рабочей секции кассетной сеялки для посева колосьями. Предложили ленто-кассетное высевальное устройство (ЛКВУ) для высев колосьев (Патент РФ № 2697498 «Сеялка для посева зерновых культур колосьями»). Вывели математические формулы зависимостей между параметрами ЛКВУ. Расчеты и построение графиков полученных зависимостей выполнили с использованием программных средств *Microsoft Excel*. Провели исследование образца высевальной

секции сеялки в лабораторных условиях почвенного канала, оснащенного мобильной платформой [10, 11].

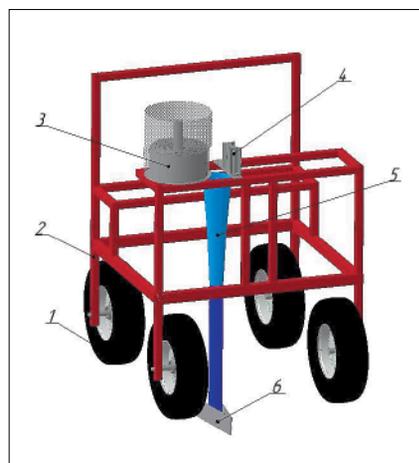


Рис. 1. Схема макетного образца секции сеялки для посева колосьями с ленто-кассетным высевальным устройством: 1 – опорно-приводное колесо; 2 – рама сеялки; 3 – кассетная катушка с лентой для колосьев; 4 – лентопротяжный механизм; 5 – колосопровод с приемной воронкой; 6 – сошник

Fig. 1. Scheme of mock-up model of a seeder section with a tape-cassette sowing device for sowing by ears: 1 – support-drive wheel; 2 – seeder frame; 3 – cassette coil with tape for ears; 4 – tape drive mechanism; 5 – spike duct with a receiving funnel; 6 – coulter

На раме макетного образца смонтированы рабочий стол, элементы системы привода лентопротяжного механизма, колосопровод, сошник с приспособлением регулирования глубины хода и подъема, выравнивающее устройство, сиденье, подножная доска (рис. 1). На рабочем столе размещается ЛКВУ, в состав которого входит кассета (кассетная катушка в обойме), кассетная лента с ячейками под высеваемый

материал, лентопротяжный механизм и приспособление для приема кассетной ленты в процессе ее схода с катушки и прохождения через захватывающие элементы лентопротяжного механизма.

Кассетная лента для размещения колосьев выполнена в виде «патронташа» с вертикальными цилиндрическими сквозными ячейками с гладкой внутренней поверхностью. Перед посевом у колосьев необходимо укоротить подколосовые ножки и ости. Эту операцию выполняют с использованием ножа или ножниц или с применением настольного приспособления для «группового» подрезания. Параметры ячеек кассетной ленты должны соответствовать показателям подготовленного к механическому высеву посевного материала.

Макетный образец секции колосовой сеялки укомплектовали сошником полосного посева. Актуализировали исходные требования и техническое задание на экспериментальный образец секции сеялки.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Для обеспечения чистоты сорта в условиях естественного осыпания зерна с колосьев предложили использовать техническое решение капсульного посева колосьев. Капсула – посевной материал (семена, зерна, колосья, гранулы удобрений и др.), помещенный в быстроразлагаемую оболочку, предназначенный для машинного посева, например из кассетных носителей с ячейками. Определенные форма и размеры ячеек обеспечивают фиксацию капсул в носителе. В качестве носителя использовали кассетную ленту. Для гарантированного опорожнения цилиндрической ячейки ленты ЛКВУ оснастили приспособлением для выталкивания капсулы (Патент РФ № 2736060 «Сеялка для капсульного посева сельхозкультур»). При этом обеспечивается более быстрое прохождение высеваемого материала через ячейку ленты в воронку в сравнении с его свободным выпадением из ячейки. Указанное приспособление может быть механическим или пневматическим. Использование приспособления механического типа требует наличия прерывистого режима работы лентопротяжного механизма, что должно обеспечиваться соответствующей конструкцией привода высевающего аппарата. В случае привода лентопротяжного механизма от опорно-приводного колеса предпочтительнее выталкиватель пневматического типа, более простой в техническом исполнении и надежный в работе.

Вариант выполнения лентопротяжного механизма ЛКВУ с применением захватывающих элементов в виде звездочек представлен схемой (рис. 2).

Рациональные значения параметров кассетной ленты должны отвечать размерам и форме высеваемого материала (колосьев, капсул) и требованию его свободного прохождения сквозь ячейки ленты и компактной сворачиваемости ленты в рулон. Установлены следующие рациональные значения парамет-

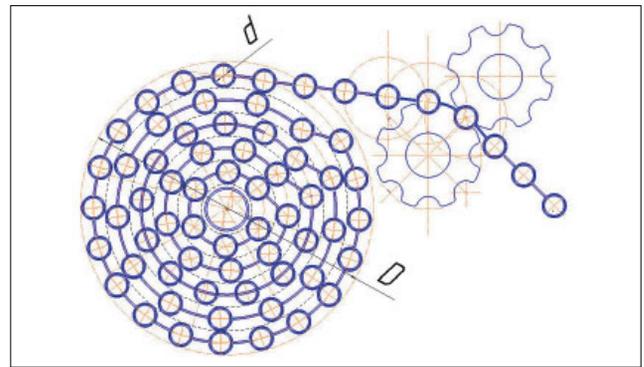


Рис. 2. Кассетная лента с ячейками для колосьев и лентопротяжный механизм, выполненный с применением приводных звездочек: D – диаметр основания кассетной катушки; d – внутренний диаметр ячейки ленты

Fig. 2. A cassette tape with cells for ears and a tape drive mechanism made using drive sprockets: D is the diameter of the cassette coil base; d is the inner diameter of the tape cell

ров ленты: внутренний диаметр ячейки – 2,3-2,5 см, внешний диаметр ячейки – 2,5-2,7 см, длина ячеек – 14,0-16,5 см, расстояние между осями соседних ячеек в ленте – 3,0-4,0 см.

Количество ячеек в ленте при фиксированном расстоянии между их осями зависит от ее длины. Длина ленты соответствует определенному количеству оборотов (витков) вокруг стержня кассетной катушки. Количество витков в рулоне зависит от диаметров основания и стержня кассетной катушки и толщины ленты (определяемой диаметром ее ячеек).

Для оценки количества ячеек под высеваемый материал в кассетной ленте рассмотрели модельную конструкцию ленты. Представили рулон ленты на кассетной катушке состоящим из соприкасающихся цилиндрических колец с общей осью, образующих вместе со стержнем кассетной катушки многослойное цилиндрическое тело.

Определим на основе принятой модели формулу для оценки количества ячеек в кассетной ленте:

$$N_k = Z[(L_k/l)], \quad (1)$$

где N_k – оценка количества ячеек в k -слойном рулоне ленты, шт.;

L_k – оценка длины k -слойного рулона ленты, намотанной на стержень кассетной катушки, см;

l – шаг распределения ячеек по длине ленты, равный расстоянию между осями соседних ячеек, см;

$Z[X]$ – обозначение функции «целая часть числа X ».

Имеем:

$$L_k = C_1 + C_2 + \dots + C_k,$$

где C_i – оценка длины ленты в i -м витке (слое) ($i = 1, \dots, k$) на кассетной катушке, см.

Для соседних слоев ленты получим:

$$C_i = 2\pi R_i = 2\pi[R_{ct} + (d+2s)(i-0,5)]; \quad (2)$$



$$C_{i+1} = 2\pi R_{i+1} = 2\pi[R_{ct} + (d+2s)(i + 0,5)], \quad (3)$$

где $\pi \approx 3,14$;

R_i – радиус i -го слоя ленты, см;

R_{ct} – радиус стержня катушки, см;

$d = D_{яч}$ – диаметр ячеек ленты, см;

s – толщина стенки ячейки, см (при этом толщина слоя ленты на катушке $S_{сл} = d + 2s$, см).

Используя (2) и (3), получим:

$$C_{i+1} - C_i = 2\pi(d+2s) = 2\pi S_{сл} = const.$$

Следовательно, (C_n) : $C_1, C_2, \dots, C_k, \dots$ – арифметическая прогрессия, величина $2\pi S_{сл}$ – разность арифметической прогрессии (C_n) , при этом ее первый член:

$$C_1 = 2\pi R_1 = 2\pi R_{ct} + \pi(d + 2s). \quad (4)$$

Тогда, поскольку $L_k = 0,5(C_1 + C_k)k$, с учетом (2) и (4), получаем:

$$L_k = [2\pi R_{ct} + \pi(d + 2s)k]k,$$

и в итоге:

$$L_k = \pi(d + 2s)k^2 + 2\pi R_{ct}k. \quad (5)$$

Подставляя выражение (5) в формулу (1), получаем искомую оценку количества ячеек в k -слойном рулоне ленты на кассетной катушке:

$$N_k = Z[(\pi(d + 2s)k^2 + 2\pi R_{ct}k) / l]. \quad (6)$$

Соответствующий диаметр D , м, «размещения» k слоев ленты на основании кассетной катушки оценивается по формуле:

$$D = 2(R_{ct} + (d + 2s)k) = 2(R_{ct} + S_{сл}k). \quad (7)$$

Длина L , м, возможного непрерывного посева зерновой культуры колосьями на делянке с использованием одного k -слойного рулона кассетной ленты вычисляется по формуле:

$$L = N_k / N, \quad (8)$$

где N – плотность (норма) высева колосьев (капсул) в полосу посевной борозды, шт./м.

С использованием формул (5)-(8) выполнены оценочные расчеты длины кассетной ленты, количества ячеек в ней, необходимого диаметра основания кассетной катушки для размещения ленты и длины соответствующего непрерывного посева на делянке в зависимости от количества витков ленты (таблица). Исходные данные для расчетов: норма высева $N=3$ шт./м и выбранные рациональные значения параметров кассетной катушки и ленты – $R_{ct} = 2,5$ см; $d = 2,3$ см; $s = 0,1$ см; $l = 3,5$ см. Для указанных значений параметров выведена приближенная формула зависимости возможной длины L непрерывного посева (в соответствии с ним устанавливают длину делянки) от диаметра D основания кассетной катушки (для значений диаметра, кратных 0,05 м: 0,10; 0,15; 0,20; ...) (рис. 3):

$$L(D) \approx 299,1 \cdot D^2 - 0,7476. \quad (9)$$

Результаты контрольных вычислений по формуле (9): $L(0,10) \approx 2,24$ м; $L(0,30) \approx 26,17$ м; $L(0,45) \approx 59,82$ м; $L(0,50) \approx 74,03$ м; $L(0,55) \approx 89,73$ м.

Таблица		Table		
ЗАВИСИМОСТЬ ПАРАМЕТРОВ ЛЕНТО-КАССЕТНОГО ВЫСЕВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ОТ КОЛИЧЕСТВА ВИТКОВ ЛЕНТЫ В КАССЕТЕ				
DEPENDENCE BETWEEN THE PARAMETERS OF THE TAPE-CASSETTE SOWING DEVICE AND THE NUMBER OF TAPE TURNS IN THE CASSETTE				
Количество витков ленты, шт. Number of tape turns, pcs.	Длина кассетной ленты, см Cassette tape length, cm	Количество ячеек в ленте, шт. Number of cells in the tape, pcs.	Диаметр основания катушки, см Coil base diameter, cm	Длина непрерывного посева, м Continuous sowing length, m
1	23,5	6	10	2
2	63	18	15	6
3	118	33	20	11
4	188	54	25	18
5	275	78	30	26
6	377	108	35	36
7	495	141	40	47
8	628	180	45	60

Полученные табличные данные – удобный оценочный инструмент при подборе типоразмеров катушечной кассеты с лентой, подходящих для засева делянок заданной длины. Так, при посеве культуры колосьями с нормой высева 3 шт./пог. м на делянках длиной 10 м подойдут катушки ЛКВУ с диаметром основания 20 см. При этом длина «3-виткового» рулона кассетной ленты (118 см) такова, что на ней размещается до 33 колосьев. Для посева на делянке длиной 50 м можно использовать катушки с диаметром основания 30 см – две сменные катушки на каждую посевную борозду (таблица).

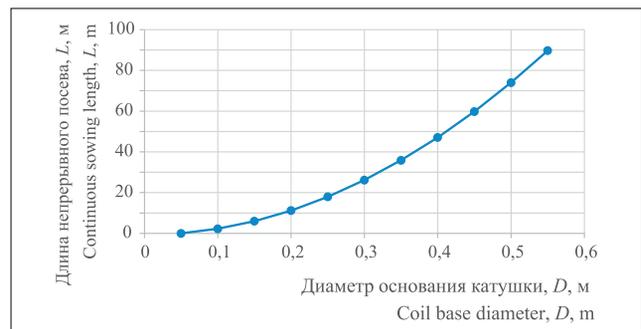


Рис. 3. Зависимость длины непрерывного посева от диаметра основания катушки
Fig. 3. Dependence of the continuous sowing length on the coil base diameter

Для комплектования секции сеялки необходим сошник, способный обеспечить формирование на глубине 5-8 см семяложа для укладки колосьев с плоским плотным дном шириной 6-8 см. Это требование может быть выполнено достаточно полно при использовании, например, анкерного клиновидного сошника, а также однодисково-анкерного сошника полосного посева (типа сошников, устанавливаемых на универсальной зернотуковой сеялке СУЗТ-4, или с регулируемой шириной полосы высева) [12-14].

Выводы. Разработали макетный образец рабочей секции сеялки для посева зерновых культур колосьями. Провели лабораторную проверку работы ленто-кассетного высевающего устройства для высева селекционного материала. Для обеспечения га-

рантированного опорожнения ячейки кассетной ленты с капсулой предложили оснастку ЛКВУ выталькивателем посевного материала. Установили рациональные значения параметров кассетной ленты: внутренний диаметр ячейки ленты – 2,3-2,5 см, длина ячеек – 14,0-16,5 см, расстояние между осями ячеек – 3-4 см. Получили формулу зависимости количества ячеек в кассетной ленте от числа витков ленты в кассете и формулу для расчета длины непрерывного посева в зависимости от диаметра основания кассетной катушки. Разработали исходные требования и техническое задание на экспериментальный образец секции колосовой сеялки. Получили данные для проектирования многосекционной сеялки для посева колосьями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Грабовец А.И., Фоменко М.А. Озимая пшеница. Ростов н/Д: Юг. 2007. 600 с.
2. Анискин В.И., Некипелов Ю.Ф. Механизация опытных работ в селекции, сортоиспытании и первичном семеноводстве зерновых и зернобобовых культур. М.: ВИМ. 2004. 200 с.
3. Lavrov A., Smirnov I., Litvinov M. Justification of the construction of a self-propelled selection seeder with an intelligent seeding system. MATEC Web of Conferences: 2018. International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTE. 2018. 05011.
4. Шайхов М.К., Сизов О.А., Шайхов М.М. и др. Универсальная селекционно-фермерская сеялка // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2014. Т. 8. №3. С. 39-43.
5. Yaropud V., Datsiuk D. By improving breeding seeder sowing device small seeded crops. *Vibrations in engineering and technology*. 2021. 1. 152-162.
6. Zhu Q., Wu G., Chen L., Zhao C., Meng Z., Shi J. Structural design and optimization of seed separated plate of wheat wide-boundary sowing device. *Nongye Gongcheng Xuebao. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*. 2019. 35(1). 1-11.
7. Goryanin O., Zudilin S., Medvedev I., Dzhangabaev B., Shcherbinina E., Pronovich L. Agrotechnological Fundamentals of Direct Sowing of Grain Crops in Russia's Arid Conditions. *Revista Gestão Inovação e Tecnologias*. 2021. 11. 204-215.
8. Beloev H., Borisov B., Adamchuk V., Petrychenko I. Theory of Movement of the Combined Seeding Unit. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 2015. N7. 21-26.
9. Шайхов М.К., Жалнин Э.В., Шайхов М.М., Блохин В.И. К разработке селекционной сеялки для посева зерновых культур колосьями // *Вестник ВИЭСХ*. 2018. N3(32). С. 114-120.
10. Podzorov A., Shaikhov M., Khamuev V., Podzorova M. Machines and Equipment for Sowing Grain Crops on Plots of the I and II Stages of Selection Work. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022. 988.
11. Абросимов А.Г., Соловьев С.В., Бахарев А.А., Ланцев В.Ю., Завражнов А.А., Дергачев Д.В. Исследование дискового высевающего аппарата и обоснование его параметров // *Научный журнал КубГАУ*. 2020. N156(02). С. 1-10.
12. Шайхов М.М., Шайхов М.К. Рабочие органы зернотуковой сеялки с регулируемой шириной полосы высева // *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*. 2019. N1(34). С. 68-72.
13. Ахалая Б.Х., Ценч Ю.С., Миронова А.В. Разработка и исследование дозирующей системы высевающего устройства пневматической сеялки // *Техника и оборудование для села*. 2021. N6(288). С. 8-11.
14. Несмян А.Ю., Ценч Ю.С. Тенденции и перспективы развития отечественной техники для посева зерновых культур // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2018. Т. 12. N3. С. 45-52.

REFERENCES

1. Grabovets A.I., Fomenko M.A. Ozimaya pshenitsa [Winter wheat]. Rostov on Don: Yug. 2007. 600 (In Russian).
2. Aniskin V.I., Nekipelov Yu.F. Mekhanizatsiya opytnykh rabot v selektsii, sortoispytanii i pervichnom semenovodstve zernovykh i zernobobovykh kul'tur [Mechanization of experimental work in breeding, variety testing and primary seed production of grain and leguminous crops]. Moscow: ВИМ. 2004. 200 (In Russian).
3. Lavrov A., Smirnov I., Litvinov M. Justification of the construction of a self-propelled selection seeder with an intelligent seeding system. MATEC Web of Conferences: 2018 International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTE. 2018. 05011 (In English).

4. Shaykhov M.K., Sizov O.A., Shaykhov M.M., et al. Universal'naya selektsionno-fermerskaya seyalka [Universal selection and farmer seeder]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2014. Vol. 8. N3. 39-43 (In Russian).
5. Yaropud V., Datsiuk D. By improving breeding seeder sowing device small seeded crops. *Vibrations in engineering and technology*. 2021. 1. 152-162 (In English).
6. Zhu Q., Wu G., Chen L., Zhao C., Meng Z., Shi J. Structural design and optimization of seed separated plate of wheat wide-boundary sowing device. *Nongye Gongcheng Xuebao. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*. 2019. 35(1). 1-11 (In English).
7. Goryanin O., Zudilin S., Medvedev I., Dzhangabaev B., Shcherbinina E., Pronovich L. Agrotechnological Fundamentals of Direct Sowing of Grain Crops in Russia's Arid Conditions. *Revista Gestão Inovação e Tecnologias*. 2021. 11. 204-215 (In English).
8. Beloev H., Borisov B., Adamchuk V., Petrychenko I. Theory of Movement of the Combined Seeding Unit. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 2015. N7. 21-26 (In English).
9. Shaykhov M.K., Zhalnin E.V., Shaykhov M.M., Blokhin V.I. K razrabotke selektsionnoy seyalki dlya poseva zernovykh kul'tur kolos'yami [To development of selection seeder for sowing grain cultures by ears]. *Vestnik VIESH*. 2018. N3(32). 114-120 (In Russian).
10. Podzorov A., Shaikhov M., Khamuev V., Podzorova M. Ma-chines and Equipment for Sowing Grain Crops on Plots of the I and II Stages of Selection Work. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022. 988 (In English).
11. Abrosimov A.G., Solov'ev S.V., Bakharev A.A., Lantsev V.Yu., Zavrazhnov A.A., Dergachev D.V. Issledovanie diskovogo vysevayushchego apparata i obosnovanie ego parametrov [Studying a disk sowing device and justification of its parameters]. *Nauchnyy zhurnal KubGAU*. 2020. N156(02). 1-10 (In Russian).
12. Shaykhov M.M., Shaykhov M.K. Rabochie organy zernotukovoy seyalki s reguliruemoy shirinoy polosy vyseva [Working parts of grain-fertilizer drill with adjustable width of the seeding strip]. *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2019. N1(34). 68-72 (In Russian).
13. Akhalaya B.Kh., Tsench Yu.S., Mironova A.V. Razrabotka i issledovanie doziruyushchey sistemy vysevayushchego ustroystva pnevmaticheskoy seyalki [Development and research of the dosing system of the pneumatic seeder sowing device]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2021. N6(288). 8-11 (In Russian).
14. Nesmiyan A.Yu., Tsench Yu.S. Tendentsii i perspektivy razvitiya otechestvennoy tekhniki dlya poseva zernovykh kul'tur [Trends and prospects of development of domestic equipment for sowing grain crops]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2018. Vol. 12. N3. 45-52 (In Russian).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Заявленный вклад соавторов:

Чаплыгин М.Е. – научное руководство, разработка теоретических предпосылок, формулирование основных целей и задач исследования, доработка текста, формирование общих выводов.

Шайхов М.М. – анализ литературных источников, формирование частных выводов, обоснование и расчет показателей высевающего устройства, обработка результатов исследования, итоговая переработка статьи.

Чулков А.С. – составление начального варианта статьи, визуализация результатов исследования, доработка текста и оформление материалов, формирование общих выводов.

Подзоров А.В. – разработка теоретических предпосылок, подготовка и проведение экспериментальных исследований макетного образца, обработка результатов исследования, формирование общих выводов.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Статья поступила в редакцию

Статья принята к публикации

The paper was submitted to the Editorial Office on

The paper was accepted for publication on

18.02.2022

27.04.2022

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Coauthors' contribution:

Chaplygin M.E. – scientific supervision, development of theoretical premises, formulating the main goals and objectives of the study, manuscript revision, formulating general conclusions.

Shaikhov M.M. – literature review, formulating partial conclusions, substantiation and calculation of the sowing device indicators, processing the research results, manuscript final revision.

Chulkov A.S. – preparation of the manuscript initial version, visualization of the research results, the manuscript revision and design of materials, formulating general conclusions.

Podzorov A.V. – developing theoretical premises, preparing and conducting the experimental studies of a mock-up sample, processing the research results, formulating general conclusions.

The authors read and approved the final manuscript.

Сеялка для разноглубинного посева зерновых и внесения минеральных удобрений

Александр Александрович Кем,

кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник, e-mail: kem@anc55.ru;

Евгений Михайлович Михальцов,

кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник;

Максим Сергеевич Чекусов,

кандидат технических наук, доцент;

Андрей Николаевич Шмидт,

младший научный сотрудник, аспирант

Омский аграрный научный центр, г. Омск, Российская Федерация

Реферат. Привели основные результаты трехлетних исследований применения сеялки с сошниками для разноглубинного посева зерновых и внесения минеральных удобрений. (*Цель исследования*) Сравнить переоборудованную экспериментальными сошниками сеялку СКП-2,1 с серийной, определить урожай и качество зерна яровой мягкой пшеницы в зависимости от способа посева и нормы внесения азотных минеральных удобрений. (*Материалы и методы*) Провели сравнительный полевой агротехнический опыт, в ходе которого сопоставили показатели полевой всхожести, урожайности по вариантам и качества зерна мягкой яровой пшеницы Омская-36. Приняли за контроль посев, выполненный серийно производимой сеялкой-культиватором СКП-2,1. Экспериментальные делянки засеяли той же сеялкой, но переоборудованной комбинированными сошниками, представляющими собой стрелчатые лапы, обеспечивающие размещение гранулированных минеральных удобрений и семян в разных по глубине горизонтах почвы. (*Результаты и обсуждение*) По результатам трехлетнего опыта максимальный экономический эффект получили при норме внесения аммиачной селитры 150 килограммов на гектар: прибавка урожая составила 0,44 тонны на гектар, стоимость дополнительной продукции – 6740 рублей на гектар. Выявили незначительное снижение экономического эффекта при увеличении нормы внесения удобрения. Определили, что максимальная урожайность и лучшие качественные характеристики зерна как на контрольных вариантах посева, так и на экспериментальных получены при внесении аммиачной селитры в норме 150 и 200 килограммов на гектар. (*Выводы*) Установили, что использование сеялки для разноглубинного посева зерновых и внесения минеральных удобрений в зависимости от погодных условий весны и дозы внесения аммиачной селитры обеспечивает прирост полевой всхожести на 11-18 процентов; средняя ежегодная прибавка урожая зерна составила 16,3 процента. Выявили повышение содержания клейковины с 24,6 (контроль) до 29,8 процента.

Ключевые слова: сеялка, сошник, способы посева зерновых, внесение удобрений, урожай зерна, качество зерна.

Для цитирования: Кем А.А., Михальцов Е.М., Чекусов М.С., Шмидт А.Н. Сеялка для разноглубинного посева зерновых и внесения минеральных удобрений // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022. Т. 16. №2. С. 62-68. DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-62-68. EDN CYWLWA.

Seeder for Different Depths of Grain Sowing and Mineral Fertilizers Application

Alexander A. Kem,

Ph.D.(Eng.), leading researcher, e-mail: kem@anc55.ru;

Evgeniy M. Mikhaltsov,

Ph.D.(Eng.), leading researcher;

Maksim S. Chekusov,

Ph.D. (Eng.), associate professor;

Andrey N. Shmidt,

junior researcher, Ph.D. student

Federal State Budgetary Institution «Omsk Agrarian Research Center», Omsk, Russian Federation

Abstract. The article presents the main results of a three-year research on the use of a seeder with openers for different depths of grain sowing and mineral fertilizers application. (*Research purpose*) To compare SKP-2.1 seeder equipped with experimental openers and the serially produced one and to determine the yield and quality indicators of spring soft wheat grain, depending on the sowing method and the rate of nitrogen mineral fertilizers application. (*Materials and methods*) A comparative field agrotechnical experiment was carried out to compare the indicators of field germination, yield by variants and the quality of grain obtained in

different variants of the experiment. The experiment was carried out on Omskaya-36 soft spring wheat. The sowing performed by SKP-2.1 serially produced seeder-cultivator was taken as control. The experimental plots were sown with the same seeder but equipped with combined coulters, which are lancet paws that ensure the placement of granular mineral fertilizers and seeds in soil horizons of different depths. (*Results and discussion*) According to the three-year research, the maximum economic effect was obtained at the rate of ammonium nitrate application of 150 kg/ha. As a result, the yield increased by 0.44 t/ha, the cost of additional production accounted for 6740 rub/ha. A slight decrease in the economic effect was revealed with an increase in the rate of fertilizer application. It was determined that the maximum yield and the best grain quality characteristics both in the control sowing options and in the experimental ones were obtained with the application of ammonium nitrate a rate of 150 and 200 kg/ha. (*Conclusions*) It was established that the use of a seeder for different-depth grain sowing and mineral fertilizers application, depending on the spring weather conditions and the ammonium nitrate dose, provides an increase in field germination by 11-18%; the average annual increase in grain yield accounted for 16.3%. The gluten content proved to increase from 24.6 (control) to 29.8 percent.

Keywords: seeder, coulters, opener, methods of sowing grain, fertilization, grain yield, grain quality.

For citation: Kem A.A., Mikhaltsov E.M., Chekusov M.S., Shmidt A.N. Seyalka dlya raznoglubinnogo poseva zernovykh i vneseniya mineralnykh udobreniy [Seeder for different depths of grain sowing and mineral fertilizers application]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2022. Vol.16. N2. 62-68 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-62-68. EDN CYWLWA.

В сельском хозяйстве России происходят качественные изменения технологий, практически во всех регионах идет активное внедрение точного земледелия, направленное в первую очередь на стабилизацию урожайности при минимизации финансовых вложений и воздействия на окружающую среду на базе внедрения цифровых технологий [1-3].

Центральное место в точном земледелии занимает технология дифференцированного внесения удобрений [4-6].

Ученые-технологи доказали, что при возделывании зерновых культур на стерневых фонах улучшается водный режим, но возрастает засоренность полей многолетними сорняками и снижается накопление азота, поэтому необходимо применять гербициды и азотные удобрения. Способ посева и внесения минеральных удобрений в значительной мере определяет основу будущего урожая [7-9].

В регионах, подверженных ветровой и водной эрозии, в частности в степной зоне Западной Сибири, посев в основном осуществляют зернотуковыми сеялками. В зависимости от высеваемой культуры и состояния почвы применяют сеялки с различными типами сошников: однодисковые, двухдисковые, лаповые, анкерные и др. Удобрения вносят совместно с высевом семян, отдельно в разные горизонты почвы, в стороне от рядка [10-12].

Минеральные удобрения используются растениями в процессе вегетации только в том случае, если влажность посевного слоя почвы способствует образованию вторичной корневой системы, которая находится выше слоя удобрений. В случае недостаточной влажности посевного слоя корневая система развивается ниже слоя высеянных удобрений, и они не могут использоваться растениями в начальный период их развития.

Поисковые исследования показали, что совместная заделка семян и удобрений нежелательна, так как может ухудшать полевую всхожесть.

Наиболее рационально разноуровневое внесение удобрений совместно с посевом. Ранее проведенные исследования свидетельствуют о том, что минеральные удобрения рационально располагать на глубине, вдвое превышающей глубину высева семян. Почвенная прослойка в 3-4 см между семенами и удобрениями снижает химическое воздействие высококонцентрированных азотных удобрений [13].

Существующие сеялки и рабочие органы для раздельного внесения семян и минеральных удобрений не в полной мере обеспечивают выполнение агротехнических требований, поэтому актуально создание стерневой зернотуковой сеялки с раздельным внесением семян и минеральных удобрений.

В основу разработки зернотуковой стерневой сеялки с раздельным внесением семян и удобрений положена схема сеялок-культиваторов типа СЗС, ныне выпускающейся под маркой СКП-2,1. Эти сеялки выполняют одновременно подрезание сорняков, предпосевное рыхление почвы, посев, внесение туков и послепосевное прикатывание.

В зернотуковой стерневой сеялке с раздельным внесением семян и удобрений семенная коробка направляет семена и удобрения из семенного и тукового бункеров отдельными потоками, а сошник укладывает семена и удобрения в разные горизонты почвы.

Известно, что при минимальной и традиционной технологиях сошники сеялок вносят семена и удобрения в один горизонт. В этом случае удобрения используются неэффективно, так как они располагаются выше корневой системы и не используются как стартовые, что отрицательно влияет на развитие

растений и урожайности. Кроме этого, применяются сошники, которые вносят удобрения ниже уровня заделки семян, однако эти рабочие органы считаются более сложными и дорогими в изготовлении [14, 15].

С целью повышения эффективности применения удобрений и повышения урожайности зерновых культур предложен экспериментальный сошник для раздельного высева семян и внесения удобрений. Он состоит из стойки наральника и двух боковых пластин, образующих семенную коробку (рис. 1).



Рис. 1. Общий вид экспериментального комбинированного сошника

Fig. 1. General view of the experimental dual-level opener

Из структурно-технологического анализа технологии раздельного внесения семян и удобрений определены следующие конструктивные параметры наральникового сошника:

- толщина стойки – 20 мм;
- ширина твердосплавной пластины носка – 25 мм;
- угол атаки носка – 30°;
- съемные стреловидные лапы крепятся к стойке;
- ширина захвата стрелчатых лап – 270 мм.

Отдельно обоснованы технологические схемы лотков-делителей для семян зерновых культур и минеральных удобрений. С базовой сеялки СКП-2,1 снята общая коробка для семян и удобрений и установлен лоток-делитель для раздельного внесения (рис. 2):

- внутренний диаметр рукава для присоединения семя- и тукопроводов – 26 мм;
- диаметр туконаправителя и семянаправителя – 27,5 мм;
- высота установки тукопровода над почвой – 25 мм;
- высота установки распределителя семян над дном борозды – 60 мм;
- расстояние между точками присоединения к семя-туковому ящику – 180 мм.

Лоток изготовлен из пластмассы и состоит из двух частей: семенной и туковой. Каждая из частей заканчивается рукавами. Наклон стенок внутренней части



Рис. 2. Лоток-делитель потока семян и удобрений от высевяющих аппаратов к сошнику на сеялке СКП-2,1

Fig. 2. Tray-divider of the seed and fertilizer flow from the sowers to the opener on the SKP-2.1 seeder

превышает значения угла трения семян и удобрений о материал лотка. Было изготовлено девять лотков.

Целью проведения лабораторно-полевых опытов стала проверка в работоспособности разработанного сошника, а также изучение влияния разноглубинного посева и внесения удобрений на урожай и качество зерна мягкой яровой пшеницы. Для этого серийную сеялку-культиватор СКП-2,1 переоборудовали сошниками для разноглубинного посева и внесения минеральных удобрений (рис. 3).

Технологический процесс работы сошника при высеве семян и внесении удобрений осуществляется следующим образом:

- при движении долото стойки сошника разрезает почву, образуя щель для прохода стойки;
- стойка раздвигает почву и образует бороздку;
- одновременно стрелы, расположенные с двух сторон стойки, подрезают сорняки и рыхлят верхний слой почвы;
- по переднему каналу, расположенному за стойкой, в почву на дно борозды, проделанной долотом, поступают удобрения;
- при дальнейшем движении сошник засыпает удобрения слоем влажной уплотненной почвы, на которую через семяпровод поступают семена.



Рис. 3. Сеялка СКП-2,1М с экспериментальными сошниками

Fig. 3. SKP-2.1M seeder with experimental openers



Таким образом, удобрения оказываются ниже уровня высеваемых семян [16-19].

Цель исследования – сравнить переоборудованную экспериментальными сошниками сеялку СКП-2,1 с серийной, определить урожай и качество зерна яровой мягкой пшеницы в зависимости от способа посева и нормы внесения азотных минеральных удобрений.

Материалы и методы. В 2019-2021 гг. на опытном поле ФГБНУ «Омский АНЦ» заложили двухфакторные сравнительные полевые агротехнические опыты. В них изучали влияние двух способов посева: серийным стрелчатым сошником и экспериментальным – с разноглубинным внесением минеральных азотных удобрений. Район проведения исследований имеет характер нестабильного увлажнения. Сравнивали два посевных агрегата: серийную сеялку СКП-2,1 с лаповыми серийными сошниками с одновременным внесением минеральных удобрений в один горизонт с семенами (контроль) и ее переоборудованную версию для разноуровневого посева и внесения минеральных удобрений – СКП-2,1М.

Изучались варианты внесения удобрений с различной нормой. Предшественником при посеве была яровая пшеница. Основную обработку почвы осенью не проводили. В качестве минерального удобрения применяли аммиачную селитру, которую вносили одновременно с посевом. Азотные удобрения способны быстро высвободить необходимый объем азота для дальнейшего прорастания культур и одновременно сохраняют полезные свойства благодаря взаимодействию с кислородом в воздухе. Норма внесения удобрений в обоих вариантах – 100, 150 и 200 кг/га. Сорт яровой мягкой пшеницы – Омская-36, норма высева – 4,5 млн всхожих зерен на гектар.

Сеялки агрегатировали с трактором МТЗ-82. Ширина каждой из 32 делянок – 2,1 м, длина – 25 м, площадь каждой делянки составила 52,5 м². Повторность четырехкратная. Суммарная площадь опытного участка – 1680 м². Глубина посева – 5 см, в различные годы ее корректировали исходя из влажности поверхностного слоя почвы.

В ходе полевого опыта определяли полевую всхожесть, урожайность и качество зерна по вариантам. Опыты были заложены по общепринятым методикам. В целом методика закладки и условия проведения полевого агротехнического опыта разрабатывались на основе СТО АИСТ 10 5.6–2003 «Машины посевные. Программа и методы испытаний», ГОСТ 31345-2007. Сеялки тракторные. Методы испытаний.

Уборку делянок проводили селекционным комбайном *Wintersteiger*.

Результаты и обсуждение. В 2019 г. метеорологические показатели за период май-сентябрь в среднем были близки к норме – среднесуточная температура воздуха составила 14,2°C, осадков за этот же пе-

риод выпало 267 мм. Май и июнь были холодными с переизбытком осадков, в июле и августе наблюдалась жаркая и засушливая погода.

Вегетационный период 2020 г. в целом можно охарактеризовать как теплый и влажный. Среднесуточная температура воздуха составила 15,7°C, что выше среднего многолетнего показателя на 1,8°C; осадков за этот же период выпало 319 мм, или 118% к среднемноголетнему значению. Однако, первая и вторая декады июня были засушливыми, третья – холодная и переувлажненная, со среднесуточной температурой на 4,5°C ниже среднемноголетней и количеством осадков 210% от нормы. В июле отмечалась засуха, осадков за месяц выпало всего 53% от нормы. Первая половина августа так же была жаркой и засушливой. Во второй половине осадков был переизбыток.

В 2021 году несмотря на то, что за вегетационный период выпало осадков выше нормы, в целом можно охарактеризовать как засушливый и жаркий. Осадки выпадали не равномерно и носили ливневый характер. Особенно жаркими и засушливыми были май и первая половина июня, первая и третья декады июля и первая половина августа.

В первые дни произрастания, корневая система растения слишком слаба, чтобы брать все необходимые элементы питания из почвы самостоятельно. Основная задача минеральных удобрений в первую очередь заключается в том, чтобы обеспечить всходы необходимым питанием в первые дни после посева.

Полевая всхожесть – интегральный показатель качества семян и уровня агротехники. На полевую всхожесть влияют температура почвы на глубине посева семян, температура воздуха, влажность почвы,

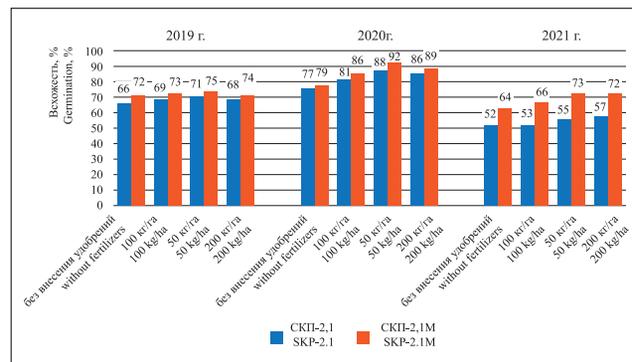


Рис. 4. Полевая всхожесть в зависимости от способа и нормы внесения удобрения

Fig. 4. Field germination depending on the method and rate of fertilizer application

наличие вредителей в почве, образование почвенной корки.

Полевая всхожесть варьировалась по годам в зависимости от погодных условий (рис. 4): самой низкой – 52% – она была при посеве серийной сеялкой в 2021 г. (контроль, без удобрения), а максимальной –

при посеве комбинированными сошниками в 2020 г. – 92%. Полевой опыт 2019 г. показал наибольшее значение полевой всхожести 75% при посеве комбинированным сошником с нормой внесения минеральных удобрений 150 кг/га. Наилучший результат получен при обоих способах посева с внесением 150–200 кг/га аммиачной селитры. Трехлетние наблюдения показали преимущества посева экспериментальным сошником по отношению к серийному, особенно в условиях засушливой весны 2021 г., когда разница по вариантам полевого опыта достигла 11–18% в зависимости от дозы внесения аммиачной селитры.

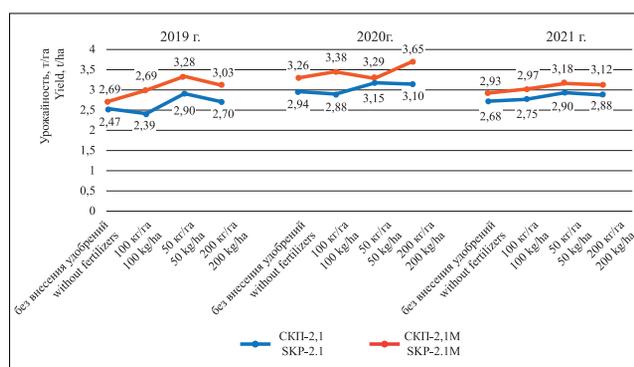


Рис. 5. Средняя урожайность в зависимости от способа и нормы внесения удобрения

Fig. 5. Average yield depending on the method and rate of fertilizer application

чем во всех вариантах проявлялось положительное влияние внесения аммиачной селитры в норме 150 и 200 кг/га.

Экономическую эффективность рассчитали по прибавке урожайности при различных нормах внесения удобрений (таблица). Затраты на переоборудование сеялки в расчетах не учитывали.

При сложившейся осенью 2021 г. в Омской области цене реализации зерна пшеницы 3 кл. (15318,18 руб./т) разноглубинный посев и внесение минеральных удобрений обеспечили положительный экономический эффект при всех нормах внесения аммиачной селитры. Увеличение нормы внесения аммиачной селитры до 200 кг/га снижает этот показатель.

По результатам трехлетнего опыта максимальный экономический эффект получен при норме внесения аммиачной селитры 150 кг/га, прибавка урожая составила 0,44 т/га, стоимость дополнительной продукции – 6740 руб./га. Увеличение нормы внесения удобрения влекло за собой незначительное снижение экономического эффекта.

Выводы. Выявили преимущества экспериментальной сеялки по отношению к серийной, особенно в условиях засушливой весны 2021 г., когда разница по вариантам полевого опыта полевой всхожести достигла 11–18% в зависимости от дозы внесения аммиачной селитры. Средняя ежегодная прибавка урожая зерна составила 16,3%, или 0,44 т/га.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ СЕЯЛКИ СКП-2,1М THE EFFECTIVENESS OF EXPERIMENTAL SKP-2.1M SEEDER				
Показатели Indicators	Без удобрений Without fertilizers	Внесение удобрений / Fertilizer application		
		100 кг/га 100 kg/ha	150 кг/га 150 kg/ha	200 кг/га 200 kg/ha
Средняя урожайность зерна за 3 года Average grain yield for 3 years: СКП-2,1(контроль) / SKP-2.1 (control) СКП-2,1М / SKP-2.1 M	2,69 2,96	2,67 3,11	2,98 3,22	2,89 3,27
Прибавка урожая, т/га Yield increase, t/ha	0,27	0,24	0,44	0,38
Дополнительная продукция руб./га Additional products, rub/ha	4135,91	3676,36	6740,0	5821,0

Урожайность рассчитывали по зерну 14%-ной влажности и 100%-ной чистоты (рис. 5).

Применение сеялки для разноглубинного посева зерновых и внесения минеральных удобрений может обеспечить среднюю ежегодную прибавку 9,2–13,9%. Лучший результат – в вариантах с одновременным внесением аммиачной селитры в количестве 150–200 кг/га. При этом на экспериментальных делянках удалось повысить урожайность по сравнению с контрольными на 16,3%, или 0,44 т/га.

Сравнение качественных характеристик зерна выявило преимущество разноглубинного посева по содержанию клейковины – 29,8% против 24,6%. При-

Содержание сырой клейковины в зерне яровой мягкой пшеницы Омская-36 на контрольных делянках составило в среднем по годам 24,6%, в то время как на разноглубинном посеве зерновых и внесения минеральных удобрений – 29,8%.

Максимальная урожайность и лучшие качественные характеристики зерна как на контрольных вариантах посева, так и на экспериментальных получены при внесении аммиачной селитры в норме 150 и 200 кг/га.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Измайлов А.Ю., Годжаев З.А., Гришин А.П., Гришин А.А., Дорохов А.С. Цифровое сельское хозяйство (обзор цифровых технологий сельхозназначения // *Инновации в сельском хозяйстве*. 2019. N2(31). С. 41-52.
2. Лачуга Ю.Ф., Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Шогенов Ю.Х. Интенсивные машинные технологии, роботизированная техника и цифровые системы для производства основных групп сельскохозяйственной продукции // *Техника и оборудование для села*. 2018. N7. С. 2-7.
3. Измайлов А.Ю., Смирнов И.Г., Ильченко С.Н., Гончаров Н.Т., Лужнова Е.С., Афонина И.И. Управление производственными процессами полеводческих предприятий с использованием информационных и цифровых технологий // *Инновации в сельском хозяйстве*. 2019. N1(30). С. 180-190.
4. Канаев М.А., Карпов О.В., Васильев С.А., Фатхудинов М.Р. Разработка системы автоматизации дифференцированного внесения удобрений при посеве // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. 2017. N1. С. 58-62.
5. Токарев И.В., Куваев А.Н., Дерепаскин А.И., Бобков С.И. Выбор системы дифференцированного внесения удобрений и результаты лабораторных испытаний в Северном Казахстане // *Тракторы и сельхозмашины*. 2020. N3. С. 28-35.
6. Храпцов И.Ф., Бойко В.С., Юшкевич Л.В. и др. Система адаптивного земледелия Омской области: Монография. Омск: Изд-во ИП Макшеевой Е.А. 2020. 522 с.
7. Абдулнатипов М.Г. Влияние способов внесения минеральных удобрений на рост и развитие растений // *Известия Дагестанского ГАУ*. 2019. N4(4). С. 65-67.
8. Rendov N., Gladkikh A., Nekrasova E. The influence of the cultivation technology elements on the economic performance of the bare barley grain production. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019. Vol. 395. 012011.
9. Ирмулатов Б.Р., Абдуллаев К.К., Комаров А.А., Якушев В.В. О перспективах прецизионного управления продуктивностью пшеницы в условиях северного Казахстана // *Сельскохозяйственная биология*. 2021. Т. 56. N1. С. 92-102.
10. Милюткин В.А., Буксман М.А., Канаев В.А. Высокоэффективная техника для энерго-, влаго-, ресурсосберегающих мировых технологий Mini-Till, No-Till в системе точного земледелия России: Монография. Кинель: РИО Самарской ГСХА. 2018. 182 с.
11. Демчук Е.В., Мяло В.В. Комбинированный сошник зерновой сеялки // *Вестник Омского государственного аграрного университета*. 2014. N1. С. 81-83.
12. Миних Д.Б., Малышев В.В., Гавар С.П. Сеялка с комбинированными сошниками для зерновых культур и локального внесения удобрений // *Научно-технический бюллетень ВАСХНИЛ. Сибирское отделение*. СибНИИСХ. 1988. Вып. 6. С. 3-7.
13. Aduov M., Nukusheva S., Esenalikaspakov E., Kazbekisenov K., Volodya K. Analysing the results field tests of an experimental seeder with separate introduction of seeds and fertilizers. *International journal of mechanical and production engineering research and development*. 2019. N9. 589-598.
14. Singh K., Agrawal K., Jat D., Kumar M. Design, development and evaluation of furrow opener for differential depth fertilizer application. *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 2016. N86(2). 250-255.
15. Aduov M., Nukusheva S., Kaspakov E., et al. The influence of random technological and control impacts on the process of seed sowing and mineral fertilizers. *Ecology, Environment and Conservation*. 2017. N23. 267-277.
16. Кем А.А., Чекусов М.С., Шмидт А.Н. Влияние работы комбинированного сошника на качество и урожайность зерна // *Тракторы и сельхозмашины*. 2020. N6. С. 72-77.
17. Кем А.А., Чекусов М.С., Шмидт А.Н. Комбинированный сошник для посева зерновых культур // *Сельский механизатор*. 2021. N3. С. 6-7.
18. Ахалая Б.Х., Ценч Ю.С., Квас С.А. Технология комбинированного способа посева и высевальные аппараты для его осуществления // *Вестник ВИЭСХ*. 2018. N4(33). С. 61-65.
19. Несмиян А.Ю., Ценч Ю.С. Тенденции и перспективы развития отечественной техники для посева зерновых культур // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2018. Т. 12. N3. С. 45-52.

REFERENCES

1. Izmaylov A.Yu., Godzhaev Z.A., Grishin A.P., Grishin A.A., Dorokhov A.S. Tsifrovoye sel'skoye khozyaystvo (obzor tsifrovoykh tekhnologiy sel'khoznaznacheniya) [Digital agriculture (review of agricultural digital technologies)]. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*. 2019. N2(31). 41-52 (In Russian).
2. Lachuga Yu.F., Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Shogonov Yu.Kh. Intensivnyye mashinnye tekhnologii, robotizirovannaya tekhnika i tsifrovyye sistemy dlya proizvodstva osnovnykh grupp sel'skokhozyaystvennoy produktsii [Intensive machine technologies, robotized equipment and digital systems for production of main groups of agricultural products]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2018. N7. 2-7 (In Russian).
3. Izmaylov A.Yu., Smirnov I.G., Il'chenko E.N., Goncharov N.T., Luzhnova E.S., Afonina I.I. Upravlenie proizvodstvennymi protsessami polevodcheskikh predpriyatiy s ispol'zovaniem informatsionnykh i tsifrovoykh tekhnologiy [Management of manufacturing processes of fielding enterprises with the use of information and digital technologies]. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*. 2019. N1(30). 180-190 (In Russian).
4. Kanaev M.A., Karpov O.V., Vasil'ev S.A., Fatkhudinov M.R. Razrabotka sistemy avtomatizatsii differentsirovannogo vneseeniya udobreniy pri poseve [Development of automation system of the fertilizers differentiated application]. *Izvestiya Samarskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2017. N1. 58-62 (In Russian).
5. Tokarev I.V., Kuvaev A.N., Derepaskin A.I., Bobkov S.I. Vybor sistemy differentsirovannogo vneseeniya udobreniy i rezul'taty laboratornykh ispytaniy v Severnom Kazakhstane [Selection of the optimal system of differentiated fertilizer application and the laboratory research results in northern Kazakhstan].

Traktory i sel'khoz mashiny. 2020. N3. 28-35 (In Russian).

6. Khrantsov I.F., Boyko V.S., Yushkevich L.V., et al. Sistema adaptivnogo zemledeliya Omskoy oblasti: Monografiya [The system of adaptive agriculture in Omsk region: Monograph]. Omsk: Izd-vo IP Maksheevoy E.A. 2020. 522 (In Russian).
7. Abdulnatipov M.G. Vliyanie sposobov vneseniya mineralnykh udobreniy na rost i razvitie rasteniy [Influence of methods for mineral fertilizers application on growth and development of plants]. *Izvestiya Dagestanskogo GAU*. 2019. N4(4). 65-67 (In Russian).
8. Rendov N., Gladkikh A., Nekrasova E. The influence of the cultivation technology elements on the economic performance of the bare barley grain production. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019. Vol. 395. 012011 (In English).
9. Irmulatov B.R., Abdullaev K.K., Komarov A.A., Yakushev V.V. O perspektivakh pretsizionnogo upravleniya produktivnost'yu pshenitsy v usloviyakh severnogo Kazakhstana [Prospects for precision management of wheat productivity in the conditions of northern Kazakhstan]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*. 2021. Vol. 56. N1. 92-102 (In Russian).
10. Milyutkin V.A., Buksman M.A., Kanaev V.A. Vysokoeffektivnaya tekhnika dlya energo-, vlogo-, resursosbergayushchikh mirovykh tekhnologiy Mini-Till, No-Till v sisteme tochnogo zemledeliya Rossii: Monografiya [High-technology equipment for world energy-, moisture-, resource-saving Mini-Till, No-Till technologies in the system of precision farming in Russia: Monograph]. Kinel': RIO Samarskoy GSKhA. 2018. 182 (In Russian).
11. Demchuk E.V., Myalo V.V. Kombinirovannyi soshnik zernovoy seyalki [Combined opener of grain seeders]. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2014. N1. 81-83 (In Russian).
12. Minikh D.B., Mal'tsev V.V., Gavar S.P. Seyalka s kombinirovannymi soshnikami dlya zernovykh kul'tur i lokal'no-go vneseniya udobreniy [Seeder with dual-level opener for grain crops and localized fertilization]. *Nauchno-tekhnicheskiiy byulleten' VASKhNIL. Sibirskoe otdelenie. SibNIISKH*. 1988. Iss. 6. 3-7 (In Russian).
13. Aduov M., Nukusheva S., Esenalikaspakov E., Kazbekisenov K., Volodya K. Analysing the results field tests of an experimental seeder with separate introduction of seeds and fertilizers. *International journal of mechanical and production engineering research and development*. 2019. N9. 589-598 (In English).
14. Singh K., Agrawal K., Jat D., Kumar M. Design, development and evaluation of furrow opener for differential depth fertilizer application. *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 2016. N86(2). 250-255 (In English).
15. Aduov M., Nukusheva S., Kaspakov E., et al. The influence of random technological and control impacts on the process of seed sowing and mineral fertilizers. *Ecology, Environment and Conservation*. 2017. N23. 267-277 (In English).
16. Kem A.A., Chekusov M.S., Shmidt A.N. Vliyanie raboty kombinirovannogo soshnika na kachestvo i urozhaynost' zerna [The influence of the combined coulter operation on the quality and yield of grain]. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2020. N6. 72-77 (In Russian).
17. Kem A.A., Chekusov M.S., Shmidt A.N. Kombinirovannyi soshnik dlya poseva zernovykh kul'tur [Combined opener for sowing grain crops]. *Sel'skiy mekhanizator*. 2021. N3. 6-7 (In Russian).
18. Ahalaya B.Kh., Tsench Yu.S., Kvas S.A. Tekhnologiya kombinirovannogo sposoba poseva i vysewayushchie apparaty dlya ego osushchestvleniya [Technology of the combined method of sowing and seeding machines for its implementation]. *Vestnik VIESH*. 2018. N4(33). 61-65 (In Russian).
19. Nesmiyan A.Yu., Tsench Yu.S. Tendentsii i perspektivy razvitiya otechestvennoy tekhniki dlya poseva zernovykh kul'tur [Trends and prospects of development of domestic equipment for sowing grain crops]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2018. Vol. 12. N3. 45-52 (In Russian).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Заявленный вклад соавторов:

Кем А.А. – формулирование основных направлений исследования, проведение научных исследований, формирование общих выводов, анализ результатов, обобщение литературы, итоговая переработка статьи;
 Михальцов Е.М. – проведение научных исследований, обработка данных полевого опыта, написание начального варианта статьи, анализ и обобщение данных исследований;
 Чекусов М.С. – научное руководство, формулирование основных направлений исследования, проведение научных исследований, формирование общих выводов;
 Шмидт А.Н. – проведение научных исследований, обработка лабораторных и полевых данных, литературный обзор.
 Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Coauthors' contribution:

Kem A.A. – research conceptualization, instigation, general conclusions, results analysis, literature review, manuscript preparation;
 Mikhaltsov E.M. – instigation, field experience data processing, original draft preparation, research findings analysis and summarizing;
 Chekusov M.S. – scientific supervision, research conceptualization, instigation, general conclusions;
 Schmidt A.N. – instigation, laboratory and field data processing, literature review.
 The authors read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию
 Статья принята к публикации

The paper was submitted to the Editorial Office on
 The paper was accepted for publication on

03.11.2021
 25.01.2022

Применение энергосберегающего ультрафиолетового электрооборудования в сельском хозяйстве

Леонид Юрьевич Юферов,

доктор технических наук,
главный научный сотрудник, заведующий отделом,
e-mail: leouf@ya.ru

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. Отметим, что оптическое излучение ультрафиолетового (УФ) диапазона имеет важную роль в сельскохозяйственном производстве, в частности, его недостаток ухудшает продуктивность животных. (*Цель исследования*) Обосновать параметры энергосберегающего сельскохозяйственного электрооборудования, работающего в УФ-диапазоне. (*Материалы и методы*) Показали возможность создания универсального терапевтического облучателя на светодиодах с длиной волны 310 нанометров. Привели методики расчета. Обосновали параметры УФ-установок для обеззараживания помещений. Выявили, что УФ-излучение повышает скорость полимеризации лакокрасочных покрытий, в том числе энергосберегающих оптических ловушек для насекомых. (*Результаты и обсуждение*) Привели примеры реализации разработанных нами энергосберегающих систем терапевтического облучения животных. Отметим сокращение расхода электроэнергии в 13 раз вследствие замены люминесцентных ламп ЛЭ-30 на светодиоды. Выявили, что применение бактерицидных облучателей в птицеводческих помещениях уменьшает не только концентрацию микроорганизмов, но и содержание углекислого газа и аммиака. Разработали облучатели фотохимической полимеризации лакокрасочных покрытий, сокращающие время затвердевания в 2 раза. Создали оптические ловушки для насекомых на основе светодиодов с длиной волны 385 нанометров и определили наилучшую частоту пульсаций источника света – 100 герц. (*Выводы*) Разработали оборудование и обосновали параметры облучателей, работающих в диапазоне 254-390 нанометров для различных применений в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: облучение в сельском хозяйстве, светодиоды, ультрафиолетовое электрооборудование, энергосбережение, фотохимическая полимеризация лакокрасочных покрытий.

Для цитирования: Юферов Л.Ю. Применение энергосберегающего ультрафиолетового электрооборудования в сельском хозяйстве // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022. Т. 16. №2. С. 69-75. DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-69-75. EDN DAVQRG.

The Use of Energy-Saving Ultraviolet Electrical Equipment in Agriculture

Leonid Yu. Yuferev,

Dr.Sc.(Eng.), chief researcher,
head of department, e-mail: leouf@ya.ru

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. It was noted that the optical radiation in the ultraviolet (UV) range plays an important role in agricultural production, and a lack of it leads to the deterioration of animal productivity. (*Research purpose*) The study aims to substantiate the parameters of energy-saving agricultural electrical equipment operating in the ultraviolet range. (*Materials and methods*) The study shows that it is possible to create a universal therapeutic irradiator based on LEDs with a wavelength of 310 nanometers. The calculation methods are given. The parameters of UV devices for premises disinfection are substantiated. It has been found out that UV radiation increases the polymerization rate of paint coatings and facilitates the creation of energy-saving optical insect traps. (*Results and discussion*) The paper provides some examples of own-developed energy-saving systems and their use for the therapeutic irradiation of animals. The replacement of LE-30 fluorescent lamps with LEDs has resulted in a 13-fold reduction in electricity consumption. It has been found out that the use of bactericidal irradiators in poultry houses reduces not only the concentration of microorganisms but also the content of carbon dioxide and ammonia. The use of own-developed irradiators for photochemical polymerization of paint coatings reduces the curing time by 2 times. Optical insect traps have been created based on

LEDs with a wavelength of 385 nanometers and the best pulsation frequency of the light source has been determined at 100 hertz. (Conclusions) The equipment has been developed and the parameters for irradiators operating in the range of 254-390 nanometers were substantiated for a variety of their applications in agriculture.

Keywords: irradiation in agriculture, LEDs, ultraviolet electrical equipment, energy saving, photochemical polymerization of paint coatings.

For citation: Yuferev L.Yu. Primenenie energosberegayushchego ul'trafiolotovogo elektrooborudovaniya v sel'skom hozyaystve [The use of energy-saving ultraviolet electrical equipment in agriculture]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2022. Vol.16. N2. 69-75 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-69-75. EDN DAVQRG.

Одно из условий обеспечения высокой продуктивности животных и птицы – предупреждение возникновения инфекционных болезней животных, особенно респираторных. В случае возникновения инфекции существует реальная угроза массового перезаражения поголовья, что наносит огромный экономический ущерб хозяйствам в результате гибели или снижения продуктивности животных [1, 2].

В этой связи первостепенной ветеринарно-санитарной задачей стало снижение концентрации микроорганизмов и пыли в воздухе внутри животноводческих помещений, а также предупреждение проникновения в помещения возбудителей инфекций по вентиляционным каналам.

В промышленных комплексах животные находятся круглый год в закрытых помещениях. Поэтому важно обеспечить их необходимым количеством витаминов, в частности витамином D [3]. Профилактическое УФ-облучение с этой целью рекомендовано для всех видов сельскохозяйственных и птицы.

Терапевтическое и тонизирующее (эритемное – 297 нм, витаминообразующее – 280 нм, пигментирующее – 340 нм) действие активизирует биохимические и обменные процессы организма, повышает уровень окислительно-восстановительных реакций, улучшает устойчивость к заболеваниям и обеспечивает лучшую сохранность и продуктивность [4, 5].

Инфекционные заболевания вызываются как правило ассоциацией ряда патогенных возбудителей. При этом средства специфической профилактики оказываются мало эффективными в краткосрочной перспективе, а средства химиотерапии, даже в форме аэрозолей, не могут быть применены по причине их высокой токсичности при перманентном распылении. Возбудители респираторных болезней распространяются главным образом через воздух [6, 7].

Наибольшее распространение для электрофизического обеззараживания воздуха и поверхностей получили бактерицидные лампы низкого давления с повышенной удельной мощностью. Коротковолновое УФ-излучение, имеющее большую энергию квантов, воздействуя на бактерии, приводит к коагуляции содержащихся в них белковых веществ и гибели патогенов [8, 9]. Совпадение спектра действия УФ-лучей

для подавления синтеза ДНК, РНК и белка со спектром поглощения нуклеиновых кислот дает основание допустить возможность одновременного повреждения ДНК и РНК. На основе известных данных составлен обобщенный спектр поглощения (рис. 1).

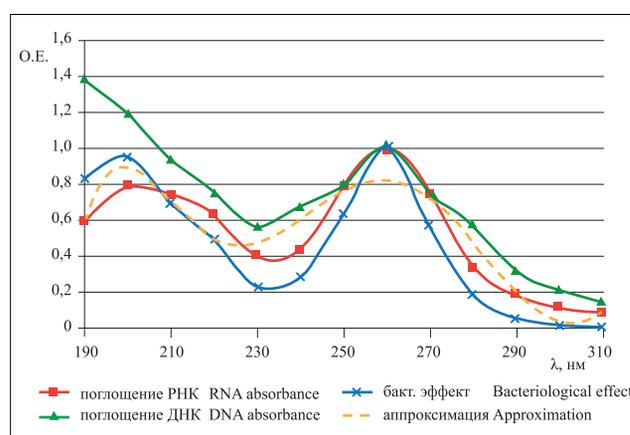


Рис. 1. Спектр поглощения РНК и ДНК (в относительных единицах) в зависимости от длины волны

Fig. 1. RNA and DNA absorbance spectrum (in relative units) depending on the wavelength

Одна из самых динамично развивающихся областей лакокрасочной промышленности – УФ-отверждение [10, 11]. Расширяется применение энергоэффективных излучателей совместно с экологичными и высокоэффективными лакокрасочными системами, поскольку потребляемая энергия невелика и отверждение происходит при комнатной температуре.

В помещениях можно уничтожить кровососущих насекомых при помощи оптического излучения и высокого напряжения.

Цель исследования – обосновать параметры энергосберегающего сельскохозяйственного электрооборудования, работающего в ультрафиолетовом диапазоне.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Мы разработали энергосберегающие ультрафиолетовые электроприборы для терапевтического облучения животных, обеззараживания помещений, УФ-полимеризации и уничтожения насекомых. Для изготовления приборов применяли светодиоды мощностью 0,5-10 Вт. Сравнили их с лампами ДРТ мощностью 125 Вт, ЛЭ-30.



Для изготовления приборов для обеззараживания помещений использовали бактерицидные лампы мощностью 8-100 Вт.

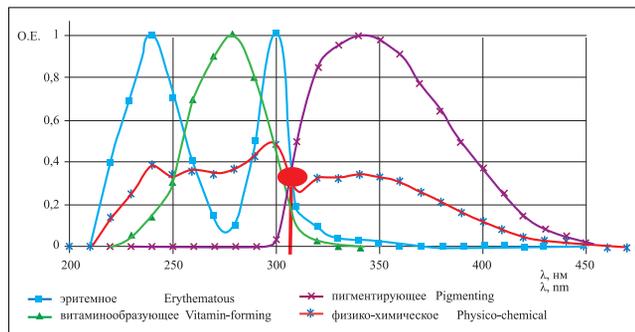


Рис. 2. Спектр терапевтического УФ-действия
Fig. 2. The spectrum of UV therapeutic effect

Появление УФ-светодиодов открывает новые перспективы в создании технических средств и способов УФ-облучения животных и птицы [12]. Универсальным терапевтическим оптическим прибором может стать светодиодный облучатель с длиной волны 310 нм (рис. 2) [1].

Известные рекомендуемые дозы эритемного облучения (290-305 нм) для большинства сельскохозяйственных животных составляют $D_x = 500-900 \text{ Вт}\cdot\text{с}/\text{м}^2$, для птицы – $75-150 \text{ Вт}\cdot\text{с}/\text{м}^2$. Воздействие на животных излучением 260-290 нм пока изучено мало, имеются только ориентировочные дозы $80-150 \text{ Вт}\cdot\text{с}/\text{м}^2$ при облученности до $0,135 \text{ Вт}/\text{м}^2$. При увеличении облученности в этом диапазоне в организме вырабатывается токсичный тахистерин.

Время облучения животных вычисляют по формуле:

$$t = D_x / E_T, \tag{1}$$

где t – время облучения, с;
 D_x – доза облучения, $\text{Вт}\cdot\text{с}/\text{м}^2$;
 E_T – облученность, $\text{Вт}/\text{м}^2$.

Облученность рассчитывается методом коэффициента использования:

$$E_T = \frac{\Phi_T \cdot N \cdot \eta_{\text{оу}}}{S \cdot z}, \tag{2}$$

где Φ_T – излучение, Вт;
 N – число облучателей;
 $\eta_{\text{оу}}$ – коэффициент использования потока излучения в долях единицы;
 S – облучаемая площадь (площадь расчетной поверхности), м^2 ;
 z – отношение $e_{\text{ср}}/e_{\text{мин}}$.

Бактерицидное воздействие УФ-излучения – распространенный метод обработки воздуха и поверхностей.

Основная величина, характеризующая мощность бактерицидного УФ-излучения – бактерицидный

поток, значение которого определяется выражением:

$$\Phi_{\text{БК}} = \sum_{240}^{280} \Phi_e(\lambda) S(\lambda) \Delta\lambda, \tag{3}$$

где $\Phi_{\text{БК}}$ – бактерицидный поток, Вт;
240...280 – диапазон длин волн бактерицидного излучения, нм;
 $\Phi_e(\lambda)$ – значение спектральной плотности потока излучения, $\text{Вт}/\text{нм}$;
 $S(\lambda)$ – значение относительной спектральной бактерицидной эффективности;
 λ – ширина участка спектра спектральной плотности потока излучения, нм.

Если положить, что облучение оптического источника продолжалось от начала отсчета времени до момента t , то к концу облучения относительная численность бактерий будет [1]:

$$\frac{N_t}{N_0} = e^{-kt(E_{4\pi})_{\text{БК}}} = e^{[b-I(1-e^{-I E_{p,\lambda}(\lambda)\sigma(\lambda)d})]t}, \tag{4}$$

где N_t – конечное число микроорганизмов, шт.;
 N_0 – начальное число микроорганизмов, шт.;
 $(E_{4\pi})_{\text{БК}}$ – средняя сферическая плотность бактерицидного излучения, $\text{Вт}/4\pi$;
 k – коэффициент сопротивляемости;
 t – время, с;
 $E_{p,\lambda}$ – фотонная облученность, $\text{Вт}/\lambda$;
 $\sigma(\lambda)$ – функция, характеризующую вероятность летального действия одного фотона с длиной волны λ на одну из бактерий популяции.

Бактерицидная облученность, достаточная для гибели бактерий, рассчитывается с учетом пропускания воздушной среды [1]:

$$E_{\delta} = \frac{k \cdot \ln \frac{N_0}{N_M}}{t \cdot e^{-\sigma l}}, \tag{5}$$

где E_{δ} – бактерицидная облученность, $\text{Вт}/\text{м}^2$;
 k – коэффициент сопротивляемости микроорганизмов бактерицидным лучами, $\text{Вт}_{\text{БК}}\cdot\text{с}/\text{м}^2$ ($\text{Дж}/\text{м}^2$);
 σ – коэффициент пропускания излучения средой (в птичниках около $0,3 \text{ м}^{-1}$, в сухих помещениях примерно $0,06 \text{ м}^{-1}$);
 l – расстояние от облучателя до поверхности, м;
 N_0, N_M – фактическое и предельно допустимое число микроорганизмов, шт.

Один из наиболее эффективных методов сушки лакокрасочных материалов (ЛКМ) – фотохимический, то есть отверждение под действием УФ-излучения. Его используют главным образом при получении покрытий из материалов, способных отверждаться в ходе реакции полимеризации. Принцип отверждения основан на способности УФ-лучей инициировать реакцию полимеризации олигомерных материалов определенной химической структуры. Энергия УФ-излучения достаточно высока – 3,1-12,4 эВ, что в 2-4 раза выше энергии лучей видимого света [13].

УФ-отверждение применяют главным образом для окраски плоских поверхностей, что во многом связано с ограниченными возможностями оборудования. На изделиях имеются недоступные для лучей УФ-лампы участки. Благодаря очевидным достоинствам светодиодов, таким как снижение теплового выделения, мгновенное включение и выключение, отсутствие движущихся частей, светодиодные УФ-системы имеют определенные преимущества, но и более высокую первоначальную стоимость и особенности их применения. Реальное преимущество светодиодных систем заключается в том, что они мгновенно включаются и выключаются, не требуя циклов разогрева и режима ожидания, характерных для дуговых ламп. Это значительно снижает потребление непроизводительной энергии и может сделать светодиоды привлекательной альтернативой с точки зрения энергосбережения [14].

Второй важный фактор – это эффективность затрат во время срока службы. Светодиоды потенциально работают больше 20 000 ч, что примерно в 7-10 раз дольше, чем у дуговой лампы.

В сравнении с широким спектральным излучением дуговых ламп светодиоды вырабатывают узкую полосу длиной УФ-волны высокой интенсивности. Она может проникать в плотные, высокопигментированные краски гораздо лучше, чем УФ-излучение дуговых ламп. В силу вышесказанного светодиоды более гибкие и приспособляемые к конкретным потребностям.

В результате массового нападения насекомых на животных заметно снижается продуктивность: удои – на 10-20%, жирность молока – до 0,1% и прирост живой массы – на 200-300 г в сутки. Кроме того, насекомые переносят возбудителей многих инфекционных и инвазионных заболеваний [15].

Профилактические мероприятия направлены на ликвидацию мест выплода мух на территории и в помещениях. Один из электрофизических способов борьбы – привлечение насекомых оптическим излучением с дальнейшим уничтожением электрическим разрядом.

При выборе оптического диапазона источника излучения необходимо учитывать воспринимаемый спектр животными и обслуживающим персоналом. На основе знаний о строении органов зрения и наличии чувствительных пигментов составлены спектральные характеристики воспринимаемого оптического излучения (рис. 3) [16-20]. Исходя из известных данных спектр, воспринимаемый только насекомыми, лежит в диапазоне 330-390 нм.

Кроме того, УФ-излучение может менять качество растений, применяться для выращивания пищевых дрожжей, использоваться для увеличения срока хранения продуктов, стимулировать птицу к размножению, озонировать воздух и пр.

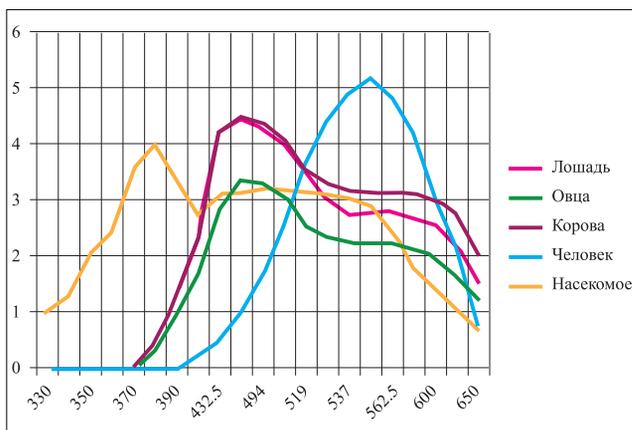


Рис. 3. Спектральная чувствительность органов зрения в зависимости от длины волны, нм

Fig.3. Vision organs spectral sensitivity depending on the wavelength, nm

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. На основе современных УФ-светодиодов мы разработали эритемные УФ-облучатели, превосходящие по энергоэффективности традиционные на основе ртутных люминесцентных ламп (рис. 4). Например, УФ-облучатель на основе люминесцентной лампы ЛЭ-30 и ее модификаций имеет полезный поток 0,75 Вт, а светодиодный облучатель мощностью 6 Вт – около 2 Вт [21].



Рис. 4. Эритемный УФ-облучатель на основе светодиодов
Fig 4. Erythema UV irradiator based on LEDs

Основные характеристики облучателя на УФ-светодиодах:

- габаритные размеры – 500×120×100 мм;
- масса – 2 кг;
- потребляемая мощность – 7 Вт;
- мощность полезного УФ-излучения – 2 Вт.

В результате ионизации воздуха УФ-излучением улучшаются физическое состояние воздуха, осаждаемые пылевых частиц и микроорганизмов, снижается выброс вредных веществ в атмосферу (таблица) [22].

Исходя из результатов проведенных производственных испытаний (рис. 5) разработана упрощенная методика расчета степени обеззараживания помещения с вероятностью 0,75, которая определяется уравнением [1]:

$$\frac{N_t}{N_0} = \frac{15,6\Phi_{\text{ок}}}{V} \cdot \zeta \cdot e^{-\sigma x}, \quad (6)$$

Изменение состава воздуха при испытании УФ-облучателей в помещении птичника CHANGES IN AIR COMPOSITION WHEN TESTING UV IRRADIATORS IN THE POULTRY HOUSE			
Показатели Indicators	ПДК maximum admissible limit (MAL)	Содержание птицы Poultry stock-keeping	
		с бактерицидными установками with bactericidal devices	контроль control
Температура, °С / Temperature, °C	min 18	24,9	23,5
Относительная влажность, % / Relative humidity, %	64	64,7	64,2
Аммиак, мг/м ³ / Ammonia, mg/m ³	20	12	23
Сероводород, мг/м ³ / Hydrogen sulfide, mg/m ³	1,5	0	0
Углекислый газ, % / Carbon dioxide, %	0,03	0,02	0,05
Озон, мг/м ³ / Ozone, mg/m ³	0,1	0,03	–
Скорость движения воздуха, м/с / Air velocity, m/s	0,2-0,4	0,20	0,25
Количество микроорганизмов в воздухе, тыс. шт./м ³ The number of microorganisms in the air, thousand pieces/m ³	240	272	1008

где V – объем помещения, м³;
 ζ – коэффициент обеззараживания.

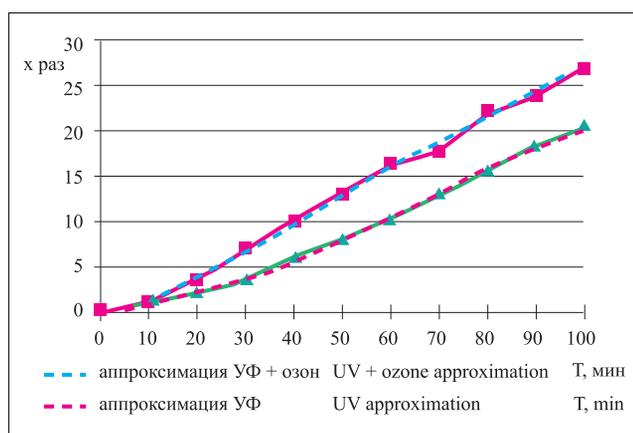


Рис. 5. Скорость обеззараживания в реальных помещениях ветеринарного надзора

Fig. 5. The speed of disinfection in the premises of veterinary supervision

Экспериментально доказано, что совместное действие озона и УФ-излучения может повышать эффективность обеззараживания на 25-40%. Кроме того, есть предположение, что излучение на длине волны 184,9 имеет дополнительный бактерицидный эффект (рис. 1). Для коэффициента обеззараживания среднестатистического помещения облучателями с озонобразующими лампами установлена зависимость:

$$\zeta = -1 \cdot 10^{-0,5} t^3 + 0,0024 t^2 + 0,1785 t - 0,3573, \quad (7)$$

где t – время, мин;
с безозонными лампами:

$$\zeta = -1 \cdot 10^{-0,5} t^3 + 0,003 t^2 + 0,0418 t + 0,1659. \quad (8)$$

В лабораторных условиях ВИЭСХ (ВИМ) изготовлен макет УФ-облучателей и проведен эксперимент по определению скорости сушки контейне-

ров для рассады, покрашенных эмалью ПФ-115. Для ускорения сушки использовали светодиодную лампу (360 нм) мощностью 6 Вт и эритемную (320 нм) – 30 Вт. Источники излучения установили на расстоянии 15-25 см (рис. 6) [14].



Рис. 6. Эксперимент по ускорению полимеризации эмали
Fig.6. Experiment aimed to accelerate enamel polymerization

В результате продолжительность сушки лакокрасочного покрытия типа ПФ-116 на прилипание сократилась в 2 раза, составив 10 ч вместо 20.

На основе УФ-светодиодов мощностью по 1 Вт с длиной волны 385 нм мы изготовили несколько экспериментальных образцов ловушек для насекомых. Суммарная мощность светодиодных источников в устройствах – 6 Вт [23]. Они могут работать как в постоянном, так и в пульсирующем режиме. Используя эту возможность, мы исследовали влияние частоты пульсаций на интенсивность привлечения насекомых. Выявили, что частота пульсаций 100 Гц наиболее привлекательна для насекомых.

Выводы. Разработали оборудование и обосновали параметры облучателей, работающих в диапазоне 254-390 нм, предназначенных для сельского хозяйства.

Предложили методики расчета облучателей для терапевтического облучения и определили длину волны для универсального облучения – 310 нм.

Обосновали длину волны светодиодной ловушки

для насекомых – 385 нм и частоту пульсаций источника света – 100 Гц.

Разработали светодиодные облучатели для фотополимеризации, работающие на длине волны 360 нм.

Подготовили методику расчета эффективности обеззараживания и создали облучатели на основе бактерицидных и озонобразующих ламп.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Юферев Л.Ю., Алферова Л.К. Светотехника в сельском хозяйстве. М.: ВИМ. 2016. 156 с.
2. Gardner A., Ghosh S., Dunowska M., Brightwell G. Virucidal efficacy of blue led and far-uv light disinfection against feline infectious peritonitis virus as a model for sars-cov-2. *Viruses*. 2021.N13(8). 1436.
3. Фалилеев Н.А. Проектирование облучательных установок в сельскохозяйственном производстве: Учебно-методическое пособие. Кострома: Костромская государственная сельскохозяйственная академия. 2003. 47 с.
4. Червинский Л.С., Радько И.П. Определение критерия эффективности биологического действия оптического излучения на животный организм // *Энергетика и автоматика*. 2015. N1(23). С. 14-23.
5. Алферова Л.К., Юферев Л.Ю., Юферева А.А. Искусственное освещение в помещениях для КРС // *Инновации в сельском хозяйстве*. 2015. N3(13). С. 70-73.
6. Юферев Л.Ю., Алферова Л.К., Баранов Д.А. Применение УФ-облучателя в помещениях для молодняка птицы // *Техника в сельском хозяйстве*. 2010. N1. С. 10-13.
7. Журавчук Е.В. Продуктивность цыплят-бройлеров при использовании ультрафиолетовых амальгамных ламп для обеззараживания воздуха // *Птицеводство*. 2019. N6. С. 52-55.
8. Al-Shamma'a A.I., Pandithas I., Lucas J. Low-pressure microwave plasma ultraviolet lamp for water purification and ozone applications. *Journal of Physics D: Applied Physics*. 2001. N34(18). 2775-2781.
9. Смирнов А.А., Довлатов И.М. Разработка УФ-облучательной установки для борьбы с вирусами IV группы // *Вестник НГИЭИ*. 2020. N12(115). С. 49-57.
10. Берест П.А. Биологическое действие ультрафиолетового излучения на организм животных // *Аллея науки*. 2019. Т. 1. N10(37). С. 43-46.
11. Chittavanich P., Miller K., Soucek M.D. A photo-curing study of a pigmented UV-curable alkyd. *Progress in Organic Coatings*. 2012. N73(4). 392-400
12. Кузьмичев А.В., Тихомиров Д.А. Модульная установка с использованием ИК- и УФ-облучателей // *Вестник ВИЭСХ*. 2015. N3 (20). С. 38-43.
13. Казаченко Н.Н., Бабкин О.Э. Функциональные полиуретановые покрытия УФ-отверждения // *Дизайн. Материалы. Технология*. 2014. N5(35). С. 34-37.
14. Юферев Л.Ю., Алферова Л.К. Возможность использования светодиодного УФ излучения при ремонтном окрашивании сельскохозяйственного оборудования // *Инновации в сельском хозяйстве*. 2018. N1(26). С. 102-107.
15. Дудина Д.Н., Юферев Л.Ю. Применение светодиодных источников света в энергосберегающих ловушках для насекомых // *Инновации в сельском хозяйстве*. 2015. N4(14). С. 39-42.
16. Глупов В. С точки зрения насекомого // *Наука и жизнь*. 2013. N5. С. 97-109
17. Тыщенко В.П. Физиология насекомых. М.: Высшая школа. 1986. 186 с.
18. Тихонова Г.Н., Феоктистова Н.Ю. Кто как видит: зрительный анализатор: от одноклеточных до человека. М.: Чистые пруды. 2006. 32 с.
19. Джейкобс Д., Натанс Д. Эволюция цветного зрения у приматов // *В мире науки*. 2009. Т. 6. С. 31-39.
20. Ременко С.Д. Цвет и зрение. Кишинев: Картеа Молдовеняскэ. 1982. 160 с.
21. Коваленко О.Ю., Чуваткина Т.А., Нестеркина Н.П., Микаева С.А., Журавлева Ю.А. Новое поколение эритемных ламп с повышенной эритемной эффективностью для облучения сельскохозяйственных животных // *Светотехника*. 2021. N5. С. 58-61.
22. Юферев Л.Ю., Алферова Л.К., Юферева А.А. Результаты испытаний УФ облучателей повышенной эффективности // *Инновации в сельском хозяйстве*. 2014. N1(6). С. 36-39.
23. Дудина Д.Н., Юферев Л.Ю. Предварительные испытания энергосберегающих ловушек для насекомых на основе светодиодных источников света // *Международный технико-экономический журнал*. 2018. N1. С. 67-73.

REFERENCES

1. Yuferev L.Yu., Alferova L.K. Svetotekhnika v sel'skom hozyaystve [Lighting technology in agriculture]. Moscow: VIM. 2016. 156 (In Russian).
2. Gardner A., Ghosh S., Dunowska M., Brightwell G. Virucidal efficacy of blue led and far-uv light disinfection against feline infectious peritonitis virus as a model for sars-cov-2. *Viruses*. 2021.N13(8). 1436 (In English).
3. Falileev N.A. Proektirovanie obluchatel'nykh ustanovok v sel'skokhozyaystvennom proizvodstve: Uchebno-metodicheskoe posobie [Designing irradiation facility in the farming industry: Study guide]. Kostroma: Kostromskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaystvennaya akademiya. 2003. 47 (In Russian).
4. Chervinskiy L.S., Rad'ko I.P. Opredelenie kriteriya effektivnosti biologicheskogo deystviya opticheskogo izlucheniya na zhitvotnyy organizm [Definition of performance criteria for



- biological action of optical radiation on the living organism]. *Energetika i avtomatika*. 2015. N1(23). 14-23 (In Russian).
5. Alferova L.K., Yuferev L.Yu., Yufereva A.A. Iskusstvennoe osveshchenie v pomeshcheniyakh dlya KRS [Artificial lighting in the premises for cattle]. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*. 2015. N3(13). 70-73 (In Russian).
 6. Yuferev L.Yu., Alferova L.K., Baranov D.A. Primenenie UF-obluchatelya v pomeshcheniyakh dlya molodnyaka ptitsy [Use of ultra-violet radiator in the rooms for young poultry]. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve*. 2010. N1. 10-13 (In Russian).
 7. Zhuravchuk E.V. Produktivnost' tsyplyat-broylerov pri ispol'zovanii ul'traioletovykh amal'gamnykh lamp dlya obezrazazhivaniya vozdukh [The productive performance in broiler chicks reared under amalgam ultraviolet lamps as air disinfectors]. *Ptitsevodstvo*. 2019. N6. 52-55 (In Russian).
 8. Al-Shamma'a A.I., Pandithas I., Lucas J. Low-pressure microwave plasma ultraviolet lamp for water purification and ozone applications. *Journal of Physics D: Applied Physics*. 2001. N34(18). 2775-2781 (In English).
 9. Smirnov A.A., Dovlatov I.M. Razrabotka UF-obluchatel'noy ustanovki dlya bor'by s virusami IV gruppy [Development of a UV-irradiation facility to combat group IV viruses]. *Vestnik NGIEI*. 2020. N12(115). 49-57 (In Russian).
 10. Berest P.A. Biologicheskoe deystvie ul'traioletovogo izlucheniya na organizm zhyvotnykh [The biological effect of ultraviolet radiation on the organism of animals]. *Alleya nauki*. 2019. Vol. 1. N10(37). 43-46 (In Russian).
 11. Chittavanich P., Miller K., Soucek M.D. A photo-curing study of a pigmented UV-curable alkyd. *Progress in Organic Coatings*. 2012. N73(4). 392-400 (In English).
 12. Kuz'michev A.V., Tikhomirov D.A. Modul'naya ustanovka s ispol'zovaniem IK- i UF-obluchateley [Modular unit with IR and UV irradiators]. *Vestnik VIESKH*. 2015. N3 (20). 38-43 (In Russian).
 13. Kazachenko N.N., Babkin O.E. Funktsional'nye poliuretanye pokrytiya UF-otverzhdeniya [Functional polyurethane UV coatings]. *Dizayn. Materialy. Tekhnologiya*. 2014. N5(35). 34-37 (In Russian).
 14. Yuferev L.Yu., Alferova L.K. Vozmozhnost' ispol'zovaniya svetodiodnogo UF izlucheniya pri remontnom okrashivani sel'skokhozyaystvennogo oborudovaniya [The possibility of using led UV radiation in repair and painting of agricultural equipment]. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*. 2018. N1(26). 102-107 (In Russian).
 15. Dudina D.N., Yuferev L.Yu. Primenenie svetodiodnykh istochnikov sveta v energosberegayushchikh lovushkakh dlya nasekomykh [Applying LED light sources in energy saving insect traps]. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*. 2015. N4(14). 39-42 (In Russian).
 16. Glupov V. S tochki zreniya nasekomogo [From an insect's point of view]. *Nauka i zhizn'*. 2013. N5. 97-109 (In Russian).
 17. Tyshchenko V.P. Fiziologiya nasekomykh [Physiology of insects]. Moscow: Vysshaya shkola. 1986. 186 (In Russian).
 18. Tikhonova G.N., Feoktistova N.Yu. Kto kak vidit: zritel'nyy analizator: ot odnokletochnykh do cheloveka [The way we see: visual analyzer: from the monocellular to human beings]. Moscow: Chistye prudy. 2006. 32 (In Russian).
 19. Dzheykobs D., Natans D. Evolyutsiya tsvetnogo zreniya u primatov [Evolution of color vision in primates]. *V mire nauki*. 2009. Vol. 6. 31-39 (In Russian).
 20. Remenko S.D. Tsvet i zrenie [Color and vision]. Kishinev: Karta Moldovenyaskie. 1982. 160 (In Russian).
 21. Kovalenko O.Yu., Chuvatkina T.A., Nesterkina N.P., Miskaeva S.A., Zhuravleva Yu.A. Novoe pokolenie eritemnykh lamp s povyshennoy eritemnoy effektivnost'yu dlya oblucheniya sel'skokhozyaystvennykh zhyvotnykh [New generation of erythema lamps with increased erythema efficiency for farm animals irradiation]. *Svetotekhnika*. 2021. N5. 58-61 (In Russian).
 22. Yuferev L.Yu., Alferova L.K., Yufereva A.A. Rezul'taty ispytaniy UF obluchateley povyshennoy effektivnosti [Test results for high efficiency UV irradiators]. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*. 2014. N1(6). 36-39 (In Russian).
 23. Dudina D.N., Yuferev L.Yu. Predvaritel'nye ispytaniya energosberegayushchikh lovushek dlya nasekomykh na osnove svetodiodnykh istochnikov sveta [Preliminary tests of energy-saving traps for insects on the basis of led light sources]. *Mezhdunarodnyy tekhniko-ekonomicheskyy zhurnal*. 2018. N1. 67-73 (In Russian).

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов. Автор прочитал и одобрил окончательный вариант.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest. The author read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию
Статья принята к публикации

The paper was submitted to the Editorial Office on
The paper was accepted for publication on

12.01.2022
03.02.2022

Блок-модуль для поверхностного внесения биопрепаратов на горные луга и пастбища

Сергей Майрамович Джбилов,
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник;

Людмила Романовна Гулуева,
научный сотрудник,
e-mail: luda_gulueva@mail.ru

Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства Владикавказского научного центра Российской академии наук, с. Михайловское, Республика Северная Осетия – Алания, Российская Федерация

Реферат. Показали, что постоянное использование горных лугов и пастбищ приводит к истощению и обеднению почвы. Отметим, что жидкие биопрепараты на основе микроорганизмов способствуют восстановлению плодородия почвы. Выявили отсутствие серийных образцов малогабаритных маневренных машин для мелкоконтурных участков, которые могут поверхностно вносить растворы биопрепаратов на горные луга и пастбища. (*Цель исследования*) Разработать и изготовить лабораторный образец агрегата для горной зоны на базе мини-трактора *Feng Shou 180*, обеспечивающий снижение деградационных процессов склоновых участков. (*Материалы и методы*) Обосновали и создали лабораторный образец машины, конструкция которой адаптирована для работ с деградированными почвами в горах, с уклоном обрабатываемых участков до 15 градусов. Испытания технологии проводили в горной зоне Республики Северная Осетия – Алания на высоте 1540 метров над уровнем моря. Осуществили техническую экспертизу лабораторного образца блок-модуля для поверхностного внесения биопрепаратов по принятым стандартам. (*Результаты и обсуждение*) Изготовили блок-модуль для поверхностного внесения биопрепаратов на горные луга и пастбища. Установили, что лабораторный образец агрегата соответствует агротехническим требованиям и техническому заданию. Рассчитали необходимые параметры: емкость цистерны – 300 литров, норма расхода препаратов – 0,109 литра в секунду, диаметр трубопроводов – 12 миллиметров. Определили, что применение блок-модуля повысило урожайность многолетних трав горной зоны за один год на 15-20 процентов, позволило укрепить дернину, что в дальнейшем будет препятствовать развитию водной и ветровой эрозии.

Ключевые слова: почвенная деградация, горные склоны, эрозия склоновых участков, мини-трактор, поверхностное внесение биопрепаратов, влагообеспечение.

Для цитирования: Джбилов С.М., Гулуева Л.Р. Блок-модуль для поверхностного внесения биопрепаратов на горные луга и пастбища // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022. Т. 16. №2. С. 76-81. DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-76-81. EDN DFZUYK.

Block-Module for the Surface Application of Biologies to Mountain Meadows and Pastures

Sergey M. Dzhibilov,
Ph.D.(Eng.), senior researcher;

Lyudmila R. Gulueva,
researcher, e-mail: luda_gulueva@mail.ru

North Caucasus Research Institute of Mountain and Foothill Agriculture of the Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Mikhailovskoe, the Republic of North Ossetia–Alania, Russian Federation

Abstract. It was shown that the constant use of mountain meadows and pastures leads to soil depletion and deterioration. Liquid microorganisms-based biologies are considered to contribute to the soil fertility restoration. It has been revealed that there is a lack of serial samples of small-sized maneuverable machines for small contour areas, which could superficially apply solutions of biologies to mountain meadows and pastures. (*Research purpose*) To develop and manufacture a laboratory model of the unit for the mountainous area based on the Feng Shou 180 mini-tractor, which could reduce the slope areas degradation processes. (*Materials and methods*) A laboratory sample of the machine has been substantiated and developed. Its design is adapted to work with degraded soils in the mountains with a slope of cultivated areas up to 15 degrees. The technology was tested in the mountainous zone of the Republic of North Ossetia-Alania at an altitude of 1540 meters above sea level. A technical examination of a laboratory sample of a block module for biologies surface application was carried out according to the adopted standards.

(Results and discussion) A block-module has been developed for biological surface application to mountain meadows and pastures. It was identified that the unit laboratory sample complies with the agrotechnical requirements and the terms of reference. The following necessary parameters were calculated: tank capacity is 300 liters, application rate is 0.109 liters per second, pipeline diameter is 12 millimeters. It was determined that the use of the block-module increased the yield of perennial grasses in the mountain zone by 15-20 percent in one year, made it possible to strengthen the turf, which will prevent the development of water and wind erosion in the future.

Keywords: soil degradation, mountain slopes, slope erosion, mini-tractor, surface application of biologicals, moisture supply.

For citation: Dzhobilov S.M., Gulueva L.R. Blok-modul' dlya poverkhnostnogo vneseniya biopreparatov na gornye luga i pastbishcha [Block-module for the surface application of biologicals to mountain meadows and pastures]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2022. Vol. 16. N2. 76-81 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-76-81. EDN DFZUYK.

Постоянное использование горных лугов и пастбищ приводит к истощению и обеднению почвы. Для восстановления плодородия почвы используют современные технологии, например применяют жидкие биопрепараты на основе микроорганизмов [1].

Биопрепараты, в состав которых входят живые полезные микроорганизмы, оказывают благотворное влияние на связь почвы и растений. У растений увеличивается устойчивость к различным бактериальным и вирусным заболеваниям, они меньше поражаются вредителями. Одновременно происходит санация почвы при частом выращивании культур на одном участке. Применение биопрепаратов улучшает всхожесть семян и энергию их прорастания. При высадке рассады и саженцев уменьшается воздействие на них стрессовой составляющей, что способствует быстрейшему корнеобразованию. Снижается содержание токсичных химических элементов и нитратов в растениях, повышается урожайность. Укрепляются травостой и дернина, что препятствует водной и ветровой эрозии склоновых лугов и пастбищ [2, 3]. Закон об органическом сельском хозяйстве, вступивший в силу в 2021 г., а также биологизация аграрного производства предусматривают отказ от минеральных удобрений и химических пестицидов и использование вместо них специальных препаратов, включенных в особый перечень.

Однако в регионе нет серийных образцов малогабаритных маневренных (для мелкоконтурных участков) машин, которые могут поверхностно вносить растворы биопрепаратов на горные луга и пастбища. Поэтому для горной и предгорной зон актуально создание такого блок-модуля [4, 5].

Сотрудники Северо-Кавказского НИИ горного и предгорного сельского хозяйства спроектировали и изготовили лабораторный образец блок-модуля для внесения биопрепаратов на поверхность деградированных участков горной зоны с уклоном до 15°, на базе мини-трактора. Отмечены повышение производительности труда и продуктивности горных кормовых угодий на 15-20%, экологической устойчивости

склоновых участков к водной и ветровой эрозии [6, 7].

Цель исследования – разработать и изготовить лабораторный образец блок-модуля для поверхностного внесения биопрепаратов на деградированные горные луга и пастбища на базе мини-трактора *Feng Shou 180*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Объектом исследования стали патентная и научная литература, эскизный проект. Создали лабораторный образец блок-модуля для поверхностного внесения биопрепаратов на деградированные горные луга и пастбища с уклоном обрабатываемых участков до 15° [8, 9].

Агрегат должен обеспечивать работу на почвах при влажности 60-80% и твердости до 3,5 МПа. Максимальная конструктивная ширина захвата – 2,8 м, рабочая скорость – 5-7 км/ч. Предусмотрена наработка на горных склонах не менее 300 га в сезон, производительность – не менее 1,5 га/ч.

Разработали конструкцию и технологическую схему работы лабораторного образца, техническое задание, технические условия на изготовление, агротехнические требования [10-13]. Выполнили эскизный проект на лабораторный образец, скомплектовали узлы и детали машины. Провели стендовые и полевые испытания блок-модуля. В ходе технической экспертизы руководствовались требованиями ОСТ 10 6.1.-2000 «Стандарт отрасли, испытание сельскохозяйственной техники. Опрыскиватели и машины для приготовления рабочей жидкости. Методы оценки функциональных показателей» и ГОСТ 33686-2015 «Машины для транспортирования и внесения жидких удобрений. Методы испытаний».

Лабораторный образец спроектирован на базе китайского мини-трактора *Feng Shou 180* (возможен вариант агрегатирования на тракторах подобного класса) [14, 15]. Блок-модуль состоит из прямоугольной сварной рамы, устройства, обеспечивающего полуавтоматическое присоединение устройства к трактору, двух опорных колес для регулировки хода [16].

Равномерность подачи рабочей жидкости и надежность в работе обеспечивает перепад рабочей жидкости в емкости и распылителях (рис. 1). Подача

рабочего раствора к распределителям обеспечивает электрическими клапанами, которыми тракторист управляет из кабины [17].

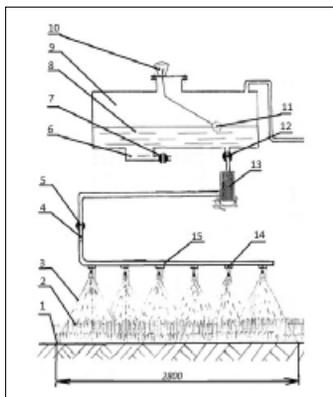


Рис. 1. Технологическая схема лабораторного образца блок-модуля для поверхностного внесения биопрепаратов на горные луга и пастбища: 1 – почва; 2 – травостой; 3 – факел распыла; 4 – шланг; 5 – кран регулировочный; 6 – отстойник; 7 – кран отстойника; 8 – раствор; 9 – цистерна; 10 – указатель уровня; 11 – поплавок; 12 – главный кран, подающий раствор; 13 – фильтр; 14 – распылитель; 15 – коллектор распылителей

Fig. 1. Technological scheme of a laboratory sample of a block module for biological surface application to mountain meadows and pastures: 1 – soil; 2 – herbage; 3 – spray torch; 4 – hose; 5 – adjusting tap; 6 – sump; 7 – sump tap; 8 – solution; 9 – tank; 10 – level indicator; 11 – float; 12 – main tap feeding solution; 13 – filter; 14 – sprayer; 15 – spray collector

Объем бочки обеспечивает надежную работу агрегата на гонах до 1 км и на площади до 10 га, при расходе рабочего раствора 10 л/га.



Рис. 2. Лабораторный образец агрегата для горной зоны на базе мини-трактора Feng Shou 180

Fig. 2. Laboratory sample of the unit for the mountain zone based on the Feng Shou 180 minitractor

Опытный образец может агрегатироваться посредством автосцепки с мини-трактором *Feng Shou 180* и его аналогами (рис. 2). Основные узлы агрегата представлены цистерной для рабочего раствора с уровнем, коллектором распылителей, краном регулировочным, самотечной магистралью с фильтром и краном. Цистерна крепится на раме блок-модуля хо-

мутами [18]. Распределительная штанга состоит из трубы, штуцеров и ультрамалообъемных распылителей.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Расчет емкости цистерны приводим из условия нормы внесения (10 л/га) и требования обеспечить работу агрегата без заправки рабочего раствора не менее 1 ч.

Часовая производительность агрегата равна, га/ч:

$$W_{\text{час}} = \text{Ш} \cdot V_p \cdot k \cdot 0,1,$$

где Ш – рабочая ширина захвата машины, Ш = 2,8 м;
 V_p – рабочая скорость движения машины, $V = 7,0$ км/ч;

k – коэффициент использования рабочего времени (принимается $k = 0,8$);

0,1 – коэффициент перевода гектара, м²;

$$W_{\text{час}} = 2,8 \cdot 7,0 \cdot 0,8 \cdot 0,1 = 1,57 \text{ га/ч.}$$

Емкость цистерны можно определить из выражения:

$$E_{\text{ц}} = \frac{W_{\text{час}} \cdot N}{n \cdot \rho} \cdot K,$$

где $E_{\text{ц}}$ – емкость цистерны, м³;

$W_{\text{час}}$ – часовая производительность агрегата, га/ч;

N – норма внесения жидких удобрений л/га (принимается 200 л/га)

K – коэффициент запаса емкости (принимается $K = 1,2$)

n – количество емкостей для жидких удобрений (принимается $n = 1$, согласно технологической схеме);

ρ – плотность жидких удобрений (принимается

$\rho = 1000$ кг/м³).

Подставив значения, имеем:

$$E_{\text{ц}} = \frac{1,57 \cdot 200}{1 \cdot 1000} \cdot 1,2 = 0,314 \text{ м}^3.$$

Для опытного образца агрегата принимаем емкость цистерны $E_{\text{ц}} = 300$ л.

Расход раствора через один распылитель определяется по формуле, л/мин:

$$q = \frac{B \cdot V \cdot Q}{600 \cdot z},$$

где V – скорость движения агрегата, $V = 7,0$ км/ч;

B – ширина захвата, м;

z – число распылителей на штанге, $z = 6$;

Q – планируемая норма внесения раствора, л/га.

Принимаем для распыления стандартное капельное устройство, обеспечивающее расход рабочей жидкости 10 л/га по расходу жидкости q :

$$q = \frac{2,8 \cdot 7,0 \cdot 200}{600 \cdot 6} = 1,09 \text{ л/мин.}$$

Расход жидкости всеми распылителями равен:

$$Q_{\text{раб}} = qz = 1,09 \cdot 6 = 6,53 \text{ л/мин} = 0,109 \text{ л/с.}$$

Вычислим толщину стенок трубопровода, м:

$$S = \frac{P_{\text{max}} \cdot d_{\text{вн}}}{2 \cdot [\sigma]_p},$$



где P_{max} – испытательное давление в системе, равное 10 МПа;

$d_{вн}$ – внутренний диаметр труб, $d_{вн} = 12$ мм (согласно ГОСТ 8737-75);

$[\sigma_p]$ – допускаемые напряжения растяжения Ст 30, $[\sigma_p] = 200$ МПа.

$$\text{Отсюда: } S = \frac{10 \cdot 12,0 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 200} = 0,0003 \text{ м.}$$

Для определения нормы внесения растворов биопрепаратов устанавливаем распылители с диаметром отверстий 1,2 мм. Под каждый распылитель ставим ванночку и в течение 1 мин выдаем раствор в ванночки, взвешиваем и корректируем расход по данным таблицы.

Таблица		Table		
КОНТРОЛЬ РАСХОДА РАСТВОРА (ШИРИНА ЗАХВАТА 2,8 м), л/МИН SOLUTION FLOW CONTROL (WIDTH 2.8 м), L/MIN				
Передача Transmission	Скорость агрегата, км/ч Unit speed, km/h	Норма расхода, л/га Application rate l/ha		
		200	300	350
II	3,30	3,1	4,6	6,2
III	5,66	5,1	7,6	10,2
IV	7,00	6,3	9,5	12,6

В технологическое оборудование блок-модуля входят узлы:

- емкость для раствора биопрепарата;
- штанга с наконечниками и распылителями;
- несущая рама;
- шланги, соединяющие рабочие органы;
- компрессор трактора, создающий давление в резервуаре;
- устройство для включения и отключения блок-модуля.

Жидкость под давлением воздуха от компрессора должна поступать к распылителям через кран, которым управляет оператор из кабины трактора.

Движение – поперек склона, сверху вниз челночным способом [19, 20].

Выводы. Впервые на базе мини-трактора *Feng Shou 180* создан лабораторный образец блок-модуля для поверхностного внесения биопрепаратов на деградированные горные луга и пастбища с уклоном до 15°. Лабораторный образец агрегата соответствует агротехническим требованиям и техническому заданию (что было этапом разработки 2020-2021 гг.). Поверхностное внесение биопрепаратов осуществляется согласно нормам внесения. Применение блок-модуля в дальнейшем будет препятствовать развитию водной и ветровой эрозии. Испытания и обработка данных результатов работы лабораторного образца агрегата по влиянию на снижение деградационных процессов склоновых участков, повышение урожайности и качества травостоя запланированы на ближайшие два года (2022-2023 г.).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зотов А.А., Агафонова Л.И., Шамсутдинов З.Ш., Головин В.П., Шамсутдинов Н.З. Энергоэкономическая оценка естественных пастбищных экосистем России // *Нетрадиционное экорастениеводство, селекция, генетика и биоземледелие. Охрана биосферы и космология. Философия естествознания и экообразования в триединстве экономики, экологии и здоровья: труды XXVIII международного научного симпозиума. Алушта.* 2019. С. 62-73.
2. Zhang Zh., Yu K., Siddique K., Nan Zh. Phenology and sowing time affect water use in four annual herbs of the warm season under semi-arid conditions. *Agricultural and Forest Meteorology.* 2019. Vol. 269. 257-269.
3. Кутузова А.А., Шапов А.С., Косолапов В.М. и др. Состояние и перспективы развития кормопроизводства в Нечерноземной зоне РФ // *Кормопроизводство.* 2021. N2. С. 3-9.
4. Мамиев Д.М. Перспективы развития биологического земледелия в РСО – Алания // *Научная жизнь.* 2019. Т. 14. N9(97). С. 1396-1402.
5. Джибилов С.М., Гулуева Л.Р., Коробейник И.А. Агрегат для сгребания камней с одновременным автоматическим подсевом трав на горные луга и пастбища Северного Кавказа // *Известия Горского государственного аграрного университета.* 2018. Т. 55. N1. С. 106-112.
6. Trofimov I.A., Kosolapov V.M., Trofimova L.S., et al. Geobotanical indication of flooding and salinization of lands the Volga region and western Kazakhstan. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* 2021. 012026.
7. Кутузова А.А., Тебердиев Д.М., Родионова А.В. и др. Экономическая эффективность усовершенствованных технологий создания и использования сеяных сенокосов // *Кормопроизводство.* 2020. N3. С. 3-8.
8. Солдатова И.Э., Солдатов Э.Д. Создание высокопродуктивных сенокосов и пастбищ в горной зоне Северного Кавказа // *Известия Горского государственного аграрного университета.* 2017. Т. 54. N3. С. 9-14.
9. Савченко И.В. Ресурсосберегающее экологически чистое растениеводство для получения продукции высокого качества // *Вестник Российской академии наук.* 2019. Т. 89. N5. С. 527-531.
10. Солдатова И.Э., Джибилов С.М., Солдатов Э.Д., Гулуева Л.Р. Средства механизации и технологические приемы восстановления деградированных горных агроландшафтов // *Аграрный вестник Урала.* 2021. N3(206). С. 38-45.
11. Завалин А.А., Соколов О.А., Шмырева Н.Я. Экология азотфиксации. Саратов: Амрит. 2019. 252 с.

12. Kyul E.V., Apazhev A.K., Kudzaev A.B., Borisova N.A. Influence of anthropogenic activity on transformation of landscapes by natural hazards. *Indian Journal of Ecology*. 2017. Vol. 44. N2. 239-243.
13. Кудзаев А.Б., Уртаев Т.А., Цгоев А.Э., Коробейник И.А. Адаптивный энергосберегающий культиватор // *Сельский механизатор*. 2019. N2. С. 8-9.
14. Kudzaev A.B., Urtaev T.A., Tsgoev A.E., Korobeynik I.A., Tsgoev D.V. Adaptive energy-saving cultivator equipped with the simultaneous adjuster of sections for working stony soils. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*. 2017. Vol. 8. N11. 714-720.
15. Kudzaev A.B., Urtaev T.A., Tsgoev A.E., Korobeynik I.A., Tsgoev D.V. Study of elastic composite rods for creating fuses of tilters. *International Journal of Civil Engineering and Technology*. 2017. Vol. 8. N11. 658-666.
16. Джибилов С.М., Гулуева Л.Р. Усовершенствованная технология улучшения деградированных склоновых участков горной и предгорной зон // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2021. Т. 15. N1. С. 57-62.
17. Джибилов С.М., Гулуева Л.Р. Многофункциональный агрегат для улучшения горных лугов и пастбищ // *Известия Горского государственного аграрного университета*. 2016. Т. 53. N3. С. 103-111.
18. Солдатова И.Э., Солдатов Э.Д. Биологические основы восстановления бросовых земель горных агроландшафтов // *Плодородие*. 2018. N6(105). С. 63-65.
19. Солдатов Э.Д., Солдатова И.Э. Влияние лугопастбищных фитоценозов на экологическое состояние экосистем горной зоны Центрального Кавказа // *Горное сельское хозяйство*. 2018. N3. С. 65-67.
20. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Сизов О.А., Ахалая Б.Х. Агротехническое и экологическое обоснование эффективности (целесообразности) использования биоактивных технологических способов обработки залежей и запущенных угодий. В сборнике: Система технологий и машин для инновационного развития АПК России. Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции, посвященной 145-летию со дня рождения основоположника земледельческой механики академика В.П. Горячкина. Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства. 2013. С. 127-130.

REFERENCES

1. Zotov A.A., Agafonova L.I., Shamsutdinov Z.Sh., Golovin V.P., Shamsutdinov N.Z. Energoekonomicheskaya otsenka estestvennykh pastbishchnykh ekosistem Rossii [Energy-economic assessment of natural pasture ecosystems in Russia]. *Netraditsionnoe ekorastenievodstvo, selektsiya, genetika i biozemledelie. Okhrana bionoosfery i kosmologiya. Filosofiya estestvoznaniya i ekoobrazovanie v triedinstve ekonomiki, ekologii i zdorov'ya: trudy XXVIII mezhdunarodnogo nauchnogo simpoziuma. Alushta*. 2019. 62-73 (In Russian).
2. Zhang Zh., Yu K., Siddique K., Nan Zh. Phenology and sowing time affect water use in four annual herbs of the warm season under semi-arid conditions. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2019. Vol. 269. 257-269 (In English).
3. Kutuzova A.A., Shpakov A.S., Kosolapov V.M., et al. Sostoyaniye i perspektivy razvitiya kormoproizvodstva v Nechernozemnoy zone RF [Current state and potential of forage production in the non-chernozem region]. *Kormoproizvodstvo*. 2021. N2. 3-9 (In Russian).
4. Mamiev D.M. Perspektivy razvitiya biologicheskogo zemledeliya v RSO – Alaniya [Prospects for the development of biological agriculture in RSO – Alania]. *Nauchnaya zhizn'*. 2019. Vol. 14. N9(97). 1396-1402 (In Russian).
5. Dzhibilov S.M., Gulueva L.R., Korobeynik I.A. Agregat dlya sgrebaniya kamney s odnovremennym avtomaticheskim podsevom trav na gornye luga i pastbishcha Severnogo Kavkaza [Plant for raking stones with synchronous automatic seeding of grasses on mountain meadows and pastures in the north caucasus]. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2018. Vol. 55. N1. 106-112 (In Russian).
6. Trofimov I.A., Kosolapov V.M., Trofimova L.S., et al. Geobotanical indication of flooding and salinization of lands the Volga region and western Kazakhstan. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. 012026 (In English).
7. Kutuzova A.A., Teberdiev D.M., Rodionova A.V., et al. Ekonomicheskaya effektivnost' usovershenstvovannykh tekhnologiy sozdaniya i ispol'zovaniya seyanykh senokosov [Economic effectiveness of improved cultivation techniques for man-made hayfields]. *Kormoproizvodstvo*. 2020. N3. 3-8 (In Russian).
8. Soldatova I.E., Soldatov E.D. Sozdanie vysokoproduktivnykh senokosov i pastbishch v gornoy zone Severnogo Kavkaza [Development of high-productive hay meadows and pastures in the mountain zone of the north caucasus]. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2017. Vol. 54. N3. 9-14 (In Russian).
9. Savchenko I.V. Resursosberegayushchee ekologicheskoye chistoe rastenievodstvo dlya polucheniya produktsii vysokogo kachestva [Conservation agriculture in high quality food production]. *Vestnik Rossiyskoy akademii nauk*. 2019. Vol. 89. N5. 527-531 (In Russian).
10. Soldatova I.E., Dzhibilov S.M., Soldatov E.D., Gulueva L.R. Sredstva mekhanizatsii i tekhnologicheskie priemy vosstanovleniya degradirovannykh gornykh agrolandshaftov [Means of mechanization and technological methods for the restoration of degraded mountain agricultural landscapes]. *Agrarnyy vestnik Urala*. 2021. N3(206). 38-45 (In Russian).
11. Zavalin A.A., Sokolov O.A., Shmyreva N.Ya. Ekologiya azotfiksatsii [Ecology of nitrogen fixation]. Saratov: Amrit. 2019. 252 (In Russian).



12. Kyul E.V., Apazhev A.K., Kudzaev A.B., Borisova N.A. Influence of anthropogenic activity on transformation of landscapes by natural hazards. *Indian Journal of Ecology*. 2017. Vol. 44. N2. 239-243 (In English).
13. Kudzaev A.B., Urtaev T.A., Tsgoev A.E., Korobeynik I.A. Adaptivnyy energosberegayushchiy kultivator [Adaptive energy-saving cultivator]. *Sel'skiy mekhanizator*. 2019. N2. 8-9 (In Russian).
14. Kudzaev A.B., Urtaev T.A., Tsgoev A.E., Korobeynik I.A., Tsgoev D.V. Adaptive energy-saving cultivator equipped with the simultaneous adjuster of sections for working stony soils. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*. 2017. Vol. 8. N11. 714-720 (In English).
15. Kudzaev A.B., Urtaev T.A., Tsgoev A.E., Korobeynik I.A., Tsgoev D.V. Study of elastic composite rods for creating fuses of tilthers. *International Journal of Civil Engineering and Technology*. 2017. Vol. 8. N11. 658-666 (In English).
16. Dzhibilov S.M., Gulueva L.R. Uovershenstvovannaya tekhnologiya uluchsheniya degradirovannykh sklonovykh uchastkov gornoy i predgornoy zon [Advanced technology for improving degraded slopes in mountainous and foothill zones]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2021. Vol. 15. N1. 57-62 (In Russian).
17. Dzhibilov S.M., Gulueva L.R. Mnogofunktional'nyy agregat dlya uluchsheniya gornyykh lugov i pastbishch [Multi-functional aggregate for the mountain meadows and pastures improvement]. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2016. Vol. 53. N3. 103-111 (In Russian).
18. Soldatova I.E., Soldatov E.D. Biologicheskie osnovy vosstanovleniya brosovykh zemel' gornyykh agrolandschaftov [Biological fundamentals of the restoration of waster lands of mountain agrolandscapes]. *Plodorodie*. 2018. N6(105). 63-65 (In Russian).
19. Soldatov E.D., Soldatova I.E. Vliyaniye lugopastbishchnykh fitotsenozov na ekologicheskoye sostoyaniye ekosistem gornoy zony Tsentral'nogo Kavkaza [Influence of meadows and pastures phytocenoses on ecological state of ecosystems of the mountain zone of the central caucasus]. *Gornoe sel'skoe khozyaystvo*. 2018. N3. 65-67 (In Russian).
20. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Sizov O.A., Akhailaya B.Kh. Agrotekhnicheskoye i ekologicheskoye obosnovaniye effektivnosti (tselesoobraznosti) ispol'zovaniya bioaktivnykh tekhnologicheskikh sposobov obrabotki zalezhey i zapushcheknykh ugodiy [Agrotechnical and ecological justification of the effectiveness (expediency) of the use of bioactive technological methods of processing deposits and neglected lands]. V sbornike: Sistema tekhnologii i mashin dlya innovatsionnogo razvitiya APK Rossii. Sbornik nauchnykh dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, posvyashchennoy 145-letiyu so dnya rozhdeniya osnovopolozhnika zemledel'cheskoy mekhaniki akademika V.P. Goryachkina. Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut mekhanizatsii sel'skogo khozyaystva. 2013. 127-130 (In Russian).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Заявленный вклад соавторов:

Джибилов С.М. – научное руководство, формулирование основных направлений исследования, разработка теоретических предпосылок, формирование общих выводов.
 Гулуева Л.Р. – написание и доработка текста, литературный анализ, разработка эскизов, обработка результатов исследований, визуализация.
 Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Coauthors' contribution:

Dzhibilov S.M. – scientific supervision, formulation of the research main directions, development of theoretical premises, development of general conclusions.
 Gulueva L.R. – writing and finalizing the manuscript, literature review, development of sketches, processing of research results, visualization.
 The authors read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию
 Статья принята к публикации

The paper was submitted to the Editorial Office on
 The paper was accepted for publication on

14.01.2022
 19.04.2022

Обоснование типовых сельскохозяйственных территорий для разработки региональных систем машин

Эдуард Викторович Жалнин,
доктор технических наук, профессор,
главный научный сотрудник;

Валерия Александровна Зубина,
кандидат технических наук, старший научный
сотрудник, e-mail: lera_zubina@mail.ru

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. Показали, что при разработке региональных систем технологий и машин важно учесть все природные агро-климатические условия и производственные возможности в аграрном секторе каждого региона. (*Цель исследования*) Разработать методику обоснования типовых сельскохозяйственных территорий в каждом регионе аграрного производства с тем, чтобы потом полученные для этой территории расчетные результаты обобщить на весь регион. (*Материалы и методы*) Провели мониторинг производственного потенциала региона, статистическую обработку базовых критериев и выбор типовых сельскохозяйственных территорий по минимуму отклонения частных значений показателей для областей от средневзвешенных значений по региону. Все области региона группировали в однородные выборки по минимуму дисперсии показателей. Предложили алгоритм последовательности расчетных и логических операций. Оценили территории по трем критериям типичности: минимуму суммы рангов за приоритетность каждого базового критерия, количеству приоритетных базовых критериев, сравнительной значимости производственного потенциала каждой области. Для типичных объектов предложили выполнять компьютерные расчеты различных вариантов технического обеспечения. (*Результаты и обсуждение*) Выполнили расчеты для Центрального региона Нечерноземной зоны России. Установили базовые критерии производственных ресурсов областей: общая площадь пашни, количество тракторов, тракторооснащенность, количество сельхозорганизаций, площади под посев зерновых культур, овощей, посадку картофеля. При мониторинге показателей производственных ресурсов выявили неравномерность их распределения по региону и связанную с ней необходимость определить две-три сельскохозяйственные территории, претендующие на типовые. (*Выводы*) Предложили алгоритм выбора типовых территорий и сельхозорганизаций в регионе на примере Центральной Нечерноземной зоны России. В пределах этой зоны идентифицировали как типовые Костромскую, Ивановскую, Брянскую и Ярославскую области. **Ключевые слова:** мониторинг производственного потенциала региона, сельскохозяйственная территория, ранжирование областей, базовые критерии производственных ресурсов, выбор типовых территорий и сельхозорганизаций.

Для цитирования: Жалнин Э.В., Зубина В.А. Обоснование типовых сельскохозяйственных территорий для разработки региональных систем машин // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022. Т. 16. №2. С. 82-89. DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-82-89. EDN DNGOWE.

Substantiation of Typical Agricultural Areas As a Methodological Basis for the Development of Regional Machine Systems

Eduard V. Zhalnin,
Dr.Sc.(Eng.), chief researcher;

Valeria A. Zubina,
Ph.D.(Eng.), senior researcher,
e-mail: lera_zubina@mail.ru

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. It was shown that when developing regional systems of technologies and machines, it is important to take into account all natural agro-climatic conditions and production capabilities in each region's agricultural sector. (*Research purpose*) To develop a methodology for substantiating typical agricultural territories in each agricultural region so that the calculation results obtained for this territory are then generalized for the entire region. (*Materials and methods*) The production potential of the region was monitored, the basic assessment criteria were statistically processed and typical agricultural territories were selected according to the minimum deviation of the criteria particular values for the individual regions from the average weighted values for the whole region. All target territories within the region were grouped into homogeneous samples according to the minimum criteria variance. An algorithm for the sequence of computational and logical operations was proposed. The territories were assessed

according to three uniformity criteria: the minimum sum of ranks for the priority of each basic criterion, the number of priority basic criteria, and the comparative significance of each region production potential. For typical areas, it was proposed to perform computer calculations of technical support options. (*Results and discussion*) The calculations were performed for the Central Non-Black Earth Zone of the Russian Federation. The following basic criteria for the production resources of the regions were adopted: the total arable land, the number of tractors, tractor availability and capability, the number of agricultural organizations in the region, the area for sowing grain crops, vegetables, and planting potatoes. The monitoring of the production resources criteria revealed their uneven distribution across the region and the subsequent necessity to identify two or three typical agricultural territories. (*Conclusions*) An algorithm was proposed for selecting typical territories and agricultural organizations in the region based on the case of the Central Non-Black Earth Zone of the Russian Federation. Within this zone, Kostroma, Ivanovo, Bryansk, and Yaroslavl regions were identified as typical ones.

Keywords: monitoring of the region production potential, agricultural territory, ranking of regions, basic criteria for production resources, selection of typical territories and agricultural organizations.

For citation: Zhalnin E.V., Zubina V.A. Obosnovanie tipovykh sel'skokhozyaystvennykh territoriy dlya razrabotki regional'nykh sistem mashin [Substantiation of typical agricultural areas as a methodological basis for the development of regional machine systems]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2022. Vol. 16. N2. 82-89 (In Russian) DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-82-89. EDN DNGOWE.

Цифровизация сельскохозяйственного производства усиливает значение общефедеральной системы технологий и машин, потребность в оперативной стратегии развития технического обеспечения с формированием региональных систем технологий. В связи с этим необходимо обосновать типовые сельскохозяйственные территории в каждом регионе РФ и расположенные на них типовые сельскохозяйственные организации (СХО). Не вдаваясь в полемику по проблеме разработки и реализации общефедеральной «Системы технологий и машин», надо признать, что в этом документе представлена обобщенная общественно-производственная система взглядов на динамику технического обеспечения аграрного производства, объединяющая интересы агропромышленных организаций, сельхозтоваропроизводителей, руководящих органов власти, а также образовательных и научных организаций [1-3].

Создатели техники видят в ней социальный заказ общества на технику:

- для сельхозтоваропроизводителей – это справочное пособие для выбора нужной техники;
- для руководящих лиц – это база для формирования и реализации технической политики в своем агросекторе;
- вузы применяют ее для обучения и познания состояния развития АПК;
- НИИ используют для контроля ее эффективности и определения новых научно-исследовательских задач по механизации сельского хозяйства.

Современный рынок сельхозтехники настолько насыщен разнообразными машинами, что из этого изобилия невозможно выбрать их оптимальное сочетание для конкретной территории сельскохозяйственной организации. Специалисты и эксперты предлагают несколько альтернативных решений, эффективность которых можно проверить только экспери-

ментально, что влечет за собой большие финансовые затраты [4].

Выявляется необходимость в системном анализе многовариантных решений по техническому обеспечению производства сельскохозяйственной продукции. Решение этой проблемы возможно с помощью многоуровневых компьютерных программно-вычислительных комплексов, например программ ЭВМ, разработанных в ФНАЦ ВИМ [5-7].

Однако современное аграрное производство представлено сотнями крупных агрохолдингов и тысячами СХО, включая фермерские, расположенными в 85 регионах страны, отличающимися между собой по многим природным и производственным ресурсам. Для каждого из них целесообразно выполнить индивидуальные расчеты по наиболее эффективному техническому обеспечению, но по временным, кадровым, организационным и финансовым причинам это мало осуществимо. Только по обоснованию оптимального машинно-тракторного парка исходная (базовая) статистическая информация содержит около 1500 показателей. Тем не менее такая возможность есть, если принять за основу концепцию типовых решений для типовых территорий и СХО.

Цель исследования – разработать методику выбора типовых областей в регионах на основе анализа имеющихся у них производственных ресурсов.

Материалы и методы. Проведены мониторинг производственного потенциала региона, статистическая обработка базовых показателей ресурсного обеспечения и выбор типовых сельскохозяйственных территорий по минимуму отклонения частных значений показателей для областей от средневзвешенных значений по региону и конечный выбор по трем критериям типичности.

В качестве базовых методических предпосылок приняты следующие:

1. Реализуемое направление производственной деятельности любых регионов и расположенных в них СХО, структура посевных площадей и технологии производства определены исторически, в основном под влиянием четырех факторов: агроклиматических особенностей региона, традиционной направленности сельскохозяйственного труда, финансовых и кадровых ресурсов производственных сельскохозяйственных организаций.

2. Базовые критерии производственного потенциала региона – размеры площадей (в этом числе пашни), объемы сельхозпродукции, типы севооборотов и наборы культур, логистика продукции, а также степень технической оснащенности.

3. Типичность территорий и СХО – это статистическая категория, определяется степенью близости частных базовых производственных критериев к среднестатистическим по региону: чем ближе к средней величине показателей, тем типичнее территория и СХО.

В соответствии с принятыми предпосылками предложен алгоритм обоснования типовой территории как последовательность расчетных и логических операций.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Любой конкретный регион имеет свои специфические отличия от других, но внутри него можно выделить ряд территорий и СХО, которые по своему производственному потенциалу имеют много общего. Их можно объединить в группу потенциально типовых для региона. Для этой типовой группы территорий и СХО вполне реально выполнить индивидуальные расчеты, к примеру машинно-тракторного парка (МТП), и выдать наилучшее решение. Однако в этом случае назвать решения оптимальными в строго математическом смысле уже нельзя, так как классический оптимум предполагает максимум или минимум какого-то одного критерия, что для МТП не приемлемо. Так, оптимальный МТП по критерию «минимум расхода топлива» будет отличаться от оптимального парка по минимуму трудозатрат и тем более по максимуму получаемой продукции и т.п. Поэтому в данном случае рекомендуем применить другую концепцию, введя новое понятие – гармоничный МТП, который более гибко соответствует имеющимся и потенциально возможным ресурсам всех видов в конкретных агроклиматических условиях. Из базовых показателей выделяем приоритетные для конкретного региона и, применив метод приемлемых уступок по другим критериям, формируем гармоничный МТП [8].

Самое главное требование при этом – эффективно использовать имеющиеся агроклиматические и производственные ресурсы для стабильного увеличения производства сельскохозяйственной продукции [9].

В литературе мы не нашли методик или хотя бы рекомендаций по формированию типовых террито-

рий в регионе и, соответственно, типовых СХО. Ранее это делалось из общих соображений или по рекомендации машиноиспытательных станций. Поэтому можно считать, что математическая формализация выбора методики типичной территории выполнена впервые [10-12].

Для сельскохозяйственных территорий предложены следующие базовые производственные показатели:

- общая площадь пашни;
- посевные площади под каждую профилирующую в регионе сельскохозяйственную культуру;
- количество СХО на территории, производящих сельхозпродукцию;
- количество тракторов;
- тракторооснащенность на 1000 га пашни.

Для определения типовых СХО приняты эти же показатели за исключением количества СХО.

Мониторинг базовых показателей за последние 3-5 лет по всем областям Центральной Нечерноземной зоны (ЦНЗ) проведен на основе общедокументальных и региональных статистических справочников, сборников и других информационных источников.

Статистическая обработка полученных данных проведена по каждому показателю отдельно с определением средневзвешенного значения, то есть с учетом долевого участия каждого критерия \bar{x}_i , среднеквадратического отклонения σ и коэффициента вариации V_x .

Для каждого базового показателя установлен доверительный интервал и сформирована статистическая однородная выборка. Гипотеза об однородности выборки принята при коэффициенте вариации не более 20%.

По каждому базовому показателю определена разница между средневзвешенным значением базового критерия и частным его значением для каждой области: $\Delta = \bar{x}_i - x_i$. При этом делаем допущение, что все значения критериев являются нормально-распределенными по всей выборке.

Из всей выборки выделены те показатели, для которых разница Δ не превышает 20%. Если для всех производственных показателей в выборке $\Delta \leq 20\%$, то все области региона включаются в определение типовой сельскохозяйственной территории. Если ряд областей не укладывается в эту норму, то они образуют другую группу, для которой по той же методике определены новые статистические характеристики.

По каждому базовому показателю в каждой области региона выявляется ряд значений Δ : от минимального до максимального. Каждому значению Δ присваивается определенный ранг. Под номером 1 обозначен базовый показатель, для которого значение Δ минимально, номер 2 больше минимального, 3 больше предыдущего значения Δ и т.д.

Оценка типичности территорий проведена по



трехкритериальной системе. Это повышает достоверность выбора типовой территории.

Первый критерий типичности k_1 – критерий-распределитель, формирующий все области на группы как статистически однородные выборки с общим числом рангов в каждой группе. Все ранги базовых показателей P_i складываются, и критерий определяется по минимальной сумме рангов. Таким образом, всю генеральную совокупность из областей регионов он распределяет на статистически однородные выборки группы областей:

$$k_1 = \sum P_i. \quad (1)$$

Распределение областей по группам как однородным статистическим выборкам выявило необходимость формирования типовых территорий (областей) по каждой группе в соответствии с их производственным потенциалом по каждому базовому показателю. Тогда минимальная сумма рангов выявляет типовую территорию в группе однородных выборок. Это будет первый этап выбора типовой территории. Первая группа областей имеет самый меньший производственный ресурс, вторая группа – средний, а третья – больше второго и т.д.

Второй критерий типичности k_2 – критерий представительства области по группам. Он показывает, насколько масштабно представлена та или иная территория в своей группе по имеющимся у нее производственным ресурсам. К примеру, какая-то область может получить минимальный ранг (первый критерий) по какому-либо одному базовому производственному показателю. Но вряд ли она будет типичной для всего региона. Мы выбрали 7 базовых показателей, значит максимальное количество рангов тоже 7. И только та область может претендовать на типичность, у которой этот ранг максимален, то есть она имеет представительство по многим видам производственных ресурсов. Данный критерий типичности определяет степень представительства области по дифференцированному количеству базовых показателей:

$$k_2 = \sum D_{\text{пр}} \rightarrow \min. \quad (2)$$

Предельное значение $k_2=7$. Но вряд ли возможно, чтобы по всем производственным показателям ресурсов какая-либо из областей имела минимальный ранг, то есть ее среднее значение приближалось к средневзвешенному по всему региону. Поэтому k_2 не выделяет области, которые имеют максимальное представительство в выборе производственных показателей, а устанавливает количество базовых производственных показателей, по которым каждая область участвует в выборе типовой. Но само значение базовых показателей он не учитывает. Поэтому какая-либо область может набрать высокий рейтинг по важным, но сопутствующим показателям. Например,

она не может быть типовой для региона только по размерам площадей под посадку картофеля или овощей. Для исключения такого случая вводится третий критерий.

Третий критерий оценки типичности k_3 – это коэффициент значимости производственного ресурса области в общем ресурсе региона, который можно выразить формулой:

$$k_3 = \frac{\sum PX_i}{\sum PX_{(i-N)}}, \quad (3)$$

где $\sum PX_i$ – количество базовых показателей с минимальным рангом, по которым оценивается область (от 1 до N);

$\sum PX_{(i-N)}$ – общее количество рангов, которые имеет та или иная область в своей однородной группе и по всем базовым показателям. Область, которая имеет максимальный коэффициент, может претендовать на типовую. Но при этом важно учитывать количество базовых показателей, в которых должны участвовать те или иные территории со своим производственным потенциалом. К примеру, предлагается не менее половины от общего числа выбранных базовых критериев. В рассматриваемом случае PX_i должно быть не менее 4. На этом основании выполнены расчеты коэффициента k_3 ;

N – количество базовых показателей.

По предложенной методике проведены расчеты для Центрального федерального округа агрозона 1.1, которая включает в себя 12 областей и Москву.

Анализ фактической выборки по областям ЦФЗ показывает, что ни по одному базовому критерию все 13 территорий не могут представлять собой однородную выборку из-за большой разницы значений базовых критериев, что отразилось в больших значениях их коэффициентов вариации – от 37,4 до 86,8%. Это послужило методическим основанием для распределения всех областей на группы с близким значением базовых критериев в соответствии с принятыми критериями. Соответственно, по каждому базовому критерию определилось разное количество групп. Приведены коэффициенты типичности областей для каждой группы областей. Оказывается, что в первой группе типовой территорией могут считаться Костромская и Ивановская области ($k_3=0,8$), во второй группе – Костромская ($k_3=0,67$), в третьей – Тульская области ($k_3=0,67$) (таблица).

После выбора типовой сельскохозяйственной территории в регионе необходимо выявить расположенную на ней типовую СХО. Критериев выбора также должно быть несколько, в основном отражающих производственные ресурсы.

Методика расчетов каждого базового критерия по СХО применена та же, что и при выборе типовой сельскохозяйственной территории. В результате расчетов выявилось, что типовыми СХО по всем 7 базовым показателям ресурсов могут быть следующие:

Таблица		Table			
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТЕЙ ЦНЗ ПО КОЛИЧЕСТВУ РАНГОВ И КОЭФФИЦИЕНТУ ДО УЧАСТИЯ ПО СВОИМ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ПОТЕНЦИАЛАМ DISTRIBUTION BY PRODUCTION POTENTIAL OF THE CENTRAL NON-BLACK EARTH ZONE REGIONS BY THE NUMBER OF RANKS AND THE COEFFICIENT BEFORE PARTICIPATION					
№ группы Group No.	Состав группы по областям Composition of the group by regions	Количество рангов по всем базовым показателям $\sum PX_{(i-7)}$ The number of ranks for all basic indicators	Количество базовых показателей, по которым оценивается область $\sum PX_i$ The number of basic indicators used for area assessment	Коэффициент долевого участия $k_3 = \frac{\sum PX_i}{\sum PX_{(1-7)}}$ Equity Ratio	Типовая территория (область) Typical territory (region)
I	Смоленская / Smolensk	5	3	0,60	Костромская Kostroma Ивановская Ivanovo
	Калужская / Kaluga	9	5	0,56	
	Костромская / Kostroma	5	4	0,80	
	Ивановская / Ivanovo	5	4	0,80	
	Ярославская / Yaroslavl	4	2	0,50	
	Орловская / Orel	4	2	0,50	
	Владимирская / Vladimir	4	2	0,50	
II	Тверская / Tver	4	2	0,50	Костромская Kostroma
	Тверская / Tver	11	4	0,36	
	Тульская / Tula	6	3	0,50	
	Ярославская / Yaroslavl	5	3	0,60	
	Владимирская / Vladimir	6	2	0,33	
	Костромская / Kostroma	3	2	0,67	
	Ивановская / Ivanovo	5	3	0,60	
	Смоленская / Smolensk	7	3	0,43	
	Брянская / Bryansk	1	1	–	
	Московская / Moscow	4	2	0,50	
	Калужская / Kaluga	2	1	0,50	
III	Орловская / Orel	2	1	0,50	Тульская Tula
	Рязанская / Ryazan	2	1	0,50	
	Брянская / Bryansk	8	4	0,50	
	Орловская / Orel	8	4	0,50	
	Московская / Moscow	10	3	0,30	
	Рязанская / Ryazan	9	4	0,44	
	Смоленская / Smolensk	2	1	0,50	
	Тульская / Tula	3	2	0,67	
Тверская / Tver	2	1	0,50		
Владимирская / Vladimir	5	3	0,60		
Костромская / Kostroma	4	1	0,25		

- ООО «Монастырское подворье» – Калужская область;

- ОАО «АгроВолга» – Ярославская область;

- ООО «Первомайский» – Костромская область.

Для расчета структуры МТП для этих типовых СХО их производственные ресурсы по базовым показателям необходимо дополнить информацией по применяемому севообороту, агросрокам выполнения сельхозработ и операций, объемам работ, графиком годового машиноиспользования, среднестатистической производительности машин на разных видах

работ и другим зональным особенностям производства сельхозпродукции. Затем по специальным программно-вычислительным компьютерным комплексам, основанным на экономико-математических моделях, делаются многовариантные расчеты технологической потребности в технике с распределением на классы по силе тяги, ширине захвата полевых агрегатов и т.п. Тем самым формируется гармоничный МТП по минимуму эксплуатационных затрат с учетом потерь и качества продукции.

Программно-вычислительные комплексы позво-



ляют реализовать идею вычислительного эксперимента, выявить различные варианты комплектации МТП и выбрать наилучшее решение.

Полученный количественный и качественный состав МТП пропорционально распространяется на весь регион, что обеспечивает разработку региональной системы машин с учетом всех его агропромышленных и производственных особенностей, которые характерны для типовой сельскохозяйственной территории [13-15].

Подобный анализ по предложенной методике можно провести и для остальных регионов России.

При выборе типовой территории в регионе участвуют все три критерия типичности. Так, Тверская область имеет по первому критерию достаточно высокий ранг 11, но по второму критерию – низкий ранг 4. В совокупности третий критерий – критерий значимости потенциала низкий – 0,36, а у Смоленской области первый критерий – 7, второй – 3, общий – 0,43.

Для расчета структуры МТП для типовых СХО целесообразно использовать специальные программно-вычислительные компьютерные комплексы, основанные на адекватных экономико-математических моделях [16-18].

Подобный выбор типовых территорий и СХО по предложенной методике можно провести и для остальных регионов России [19-21].

Выводы

1. Ввиду невозможности рассчитать эффективную структуру машинно-тракторного парка для каждого хозяйства и сформировать региональную систему машин из-за больших финансовых и организационных затрат предложена концепция обоснования типовых территорий в регионе и типовых хозяйств.

2. Разработана методика обоснования типовых территорий и хозяйств по трем расчетным критериям: k_1 – критерий-распределитель, формирующий все области на группы как статистически однородные выборки с общим числом рангов в каждой группе рангов, k_2 – критерий представительства области по группам, определяющий по скольким базовым показателям та или иная область претендует на типичность, k_3 – критерий значимости производственного потенциала области.

3. Расчеты по Центральной Нечерноземной зоне показали, что в первой группе областей типовыми могут считаться Костромская и Ивановская области, во второй – Костромская область, в третьей – Тульская. Типовыми СХО могут быть «Монастырское подворье» в Калужской области, ОАО «АгроВолга» в Ярославской области и ООО «Первомайский» в Костромской области.

4. Гармоничность машинно-тракторного парка основана на сочетании оптимальности одних критериев и допустимой рациональности других.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Измайлов А.Ю., Елизаров В.П., Артюшин А.А., Лобачевский Я.П. и др. Система машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства на период до 2020 года. Том I. Растениеводство. М.: ВИМ. 2012. 303 с.
- Абрашкина Е.Д., Агирбов Ю.И., Андреев О.П. и др. Агропромышленный комплекс России: Agriculture 4.0: Монография в 2 томах. Т. 2. Современные технологии в агропромышленном комплексе России и зарубежных стран. Сельское хозяйство 4.0. Цифровизация АПК. М.: Ай Пи Ар Медиа. 2021. 379 с.
- Жалнин Э.В., Хорт Д.О. Мировые направления технического прогресса в ВИМ // *Аграрное обозрение*. 2016. N3. С. 28-38.
- Paraforos D.S., Vassiliadis V., Kortenbruck D., Stamkopoulos K., Ziogas V., Sapounas A.A., Griepentrog H.W. Multi-level automation of farm management information systems. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2017. Vol. 142. Part B. 504-514.
- Левшин А.Г., Скороходов А.Н., Киселев С.Н., Верещагин Н.И., Майстренко Н.А. Технологии механизированных работ в растениеводстве. М.: 2018. 336 с.
- Зангиев А.А., Скороходов А.Н. Практикум по эксплуатации машинно-тракторного парка // *Санкт-Петербургский политологический журнал*. 2018. С. 446.
- Paraforos D.S., Vassiliadis V., Kortenbruck D., Stamkopoulos K., Ziogas V., Sapounas A.A., Griepentrog H.W. A Farm Management Information System Using Future Internet Technologies. *IFAC-PapersOnLine*. 2016. N49(16). 324-329.
- Зубина В.А., Жалнин Э.В. Гармоничность машинно-тракторного парка как основа повышения эффективности его работы // *Новости науки в АПК*. 2019. N3(12). С. 303-308.
- Zubina V.A. Justification of priority factors affecting the efficiency of the tractor fleet. *MATEC Web of Conferences. International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment: Mechanical Engineering and Materials Science*. 2020. Vol. 329. 01024.
- Альт В.В., Балушкина Е.А., Исакова С.П. Алгоритм выбора агротехнологий и технических средств при производстве продукции растениеводства // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2021. Т. 51. N4. С. 93-100.
- Альт В.В., Исакова С.П., Лапченко Е.А., Елкин О.В. Структурная схема по выбору технологий и технических средств в растениеводстве // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2019. Т. 49. N3. С. 87-93.
- Кононова Н.Н., Улезько А.В. Техничко-технологическая модернизация сельского хозяйства: условия и перспективы: Монография. Воронеж: Воронежский ГАУ. 2021. 195 с.

13. Кононова Н.Н., Улезько А.В. Тенденции развития технико-технологической базы сельского хозяйства // *Экономика сельского хозяйства России*. 2020. №6. С. 37-43.
14. Докин Б.Д., Раднаев Д.Н. Многоуровневая декомпозиция процессов технологического проектирования // *Вестник ИргСХА*. 2011. №47. С. 77-82.
15. Khort D., Smirnov I., Kutyrav A. Development of an automated weather complex for managing agricultural technologies in horticulture. *E3S Web of Conferences*. 2020. 193.
16. Khort D., Kutyrav A., Smirnov I., Voronkov I. Automated System for Designing and Management of Agricultural Technologies in Horticulture. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2021. N15(2). 61-68.
17. Нечаев А.И. Структура информационно-управляющей системы возделывания зерновых культур // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2021. Т. 51. №2. С. 96-106.
18. Жукова М.А., Улезько А.В., Реймер В.В. Функции механизма цифровой трансформации сельскохозяйственных производителей // *Экономика сельского хозяйства России*. 2021. №3. С. 7-13-24.
19. Годжаев З.Д., Шевцов В.Г., Лавров А.В., Ценч Ю.С., Зубина В.А. Стратегия машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России до 2030 года (Прогноз) // *Технический сервис машин*. 2019. №4(137). С. 220-229.
20. Лобачевский Я.П., Ценч Ю.С., Бейлис В.М. Создание и развитие систем машин и технологий для комплексной механизации технологических процессов в растениеводстве // *История науки и техники*. 2019. №12. С. 46-55.
21. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Бейлис В.М., Ценч Ю.С. Инновационная система машинно-технологического обеспечения предприятий агропромышленного комплекса. Ч. 1. Инновационная система машинно-технологического обеспечения сельскохозяйственных предприятий на длительную перспективу. М.: 2019. 228 с.

REFERENCES

1. Izmaylov A.Yu., Elizarov V.P., Artyushin A.A., Lobachevskiy Ya.P., et al. Sistema mashin i tekhnologiy dlya kompleksnoy mekhanizatsii i avtomatizatsii sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva na period do 2020 goda [System of machines and technologies for integrated mechanization and automation of agricultural production for the period up to 2020]. Vol. 1. Rasteniyevodstvo. Moscow: VIM. 2012. 303 (In Russian).
2. Abrashkina E.D., Agirbov Yu.I., Andreev O.P., et al. Agropromyshlennyy kompleks Rossii: Agriculture 4.0: Monografiya v 2 tomakh. Vol. 2. Sovremennyye tekhnologii v agropromyshlennom komplekse Rossii i zarubezhnykh stran. Sel'skoe hozyaystvo 4.0. Tsifrovizatsiya APK [Agro-industrial complex of Russia: Agriculture 4.0: Monograph in 2 volumes. Vol. 2. Modern technologies in the agro-industrial complex of Russia and foreign countries. Agriculture 4.0. Digitalization of the agro-industrial complex]. Moscow: IPR Media. 2021. 379 (In Russian).
3. Zhalnin E.V., Hort D.O. Mirovye napravleniya tekhnicheskogo progressa v VIM [World directions of technical progress in VIM]. *Agrarnoe obozrenie*. 2016. №3. 28-38 (In Russian).
4. Paraforos D.S., Vassiliadis V., Kortenbruck D., Stamkopoulos K., Ziogas V., Sapounas A.A., Griepentrog H.W. Multi-level automation of farm management information systems. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2017. Vol. 142. Part B. 504-514 (In English).
5. Levshin A.G., Skorokhodov A.N., Kiselev S.N., Vereshchagin N.I., Maystrenko N.A. Tekhnologii mekhanizirovannykh rabot v rasteniyevodstve [Technologies of mechanized work in crop production]. Moscow: 2018. 336 (In Russian).
6. Zangiev A.A., Skorokhodov A.N. Praktikum po ekspluatatsii mashinno-traktornogo parka [Guidelines on the operation of the machine and tractor fleet]. *Sankt-Peterburgskiy politologicheskyy zhurnal*. 2018. 446 (In Russian).
7. Paraforos D.S., Vassiliadis V., Kortenbruck D., Stamkopoulos K., Ziogas V., Sapounas A.A., Griepentrog H.W. A Farm Management Information System Using Future Internet Technologies. *IFAC-PapersOnLine*. 2016. N49(16). 324-329 (In English).
8. Zubina V.A., Zhalnin E.V. Garmonichnost' mashinno-traktornogo parka kak osnova povysheniya effektivnosti ego raboty [Harmony of the machine and tractor fleet as the basis for increasing the efficiency of its work]. *Novosti nauki v APK*. 2019. №3(12). 303-308 (In Russian).
9. Zubina V.A. Justification of priority factors affecting the efficiency of the tractor fleet. *MATEC Web of Conferences. International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment: Mechanical Engineering and Materials Science*. 2020. Vol. 329. 01024 (In English).
10. Al't V.V., Balushkina E.A., Isakova S.P. Algoritm vybora agrotekhnologiy i tekhnicheskikh sredstv pri proizvodstve produktsii rasteniyevodstva [Algorithm for choosing agrotechnologies and technical means in the production of crops]. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki*. 2021. Vol. 51. №4. 93-100 (In Russian).
11. Al't V.V., Isakova S.P., Lapchenko E.A., Elkin O.V. Strukturnaya skhema po vyboru tekhnologiy i tekhnicheskikh sredstv v rasteniyevodstve [Structural scheme for the choice of technologies and technical means in plant growing]. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki*. 2019. Vol. 49. №3. 87-93 (In Russian).
12. Kononova N.N., Ulez'ko A.V. Tekhniko-tekhnologicheskaya modernizatsiya sel'skogo khozyaystva: usloviya i perspektivy: Monografiya [Technical and technological modernization of agriculture: conditions and prospects: Monograph.]. Voronezh: Voronezhskiy GAU. 2021. 195 (In Russian).
13. Kononova N.N., Ulez'ko A.V. Tendentsii razvitiya tekhn-

- niko-tekhnologicheskoy bazy sel'skogo khozyaystva [The trends in the development of technical and technological basis of agriculture]. *Ekonomika sel'skogo khozyaystva Rossii*. 2020. N6. 37-43 (In Russian).
14. Dokin B.D., Radnaev D.N. Mnogourovnevaya dekompozitsiya protsessov tekhnologicheskogo proektirovaniya [Multilevel decomposition of technological design processes]. *Vestnik IrGSKHA*. 2011. N47. 77-82 (In Russian).
 15. Khort D., Smirnov I., Kutyrav A. Development of an automated weather complex for managing agricultural technologies in horticulture. *E3S Web of Conferences*. 2020. 193 (In English).
 16. Khort D., Kutyrav A., Smirnov I., Voronkov I. Automated System for Designing and Management of Agricultural Technologies in Horticulture. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2021. N15(2). 61-68 (In English).
 17. Nechaev A.I. Struktura informatsionno-upravlyayushchey sistemy vozdeleyvaniya zernovykh kul'tur [Structure of the information management system of cereal crops cultivation]. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki*. 2021. Vol. 51. N2. 96-106 (In Russian).
 18. Zhukova M.A., Ulez'ko A.V., Reymer V.V. Funktsii mekhanizma tsifrovoy transformatsii sel'skokhozyaystvennykh proizvoditeley [Functions of the digital transformation mechanism of agricultural producers]. *Ekonomika sel'skogo khozyaystva Rossii*. 2021. N3. 7-13 (In Russian).
 19. Godzhaev Z.D., Shevtsov V.G., Lavrov A.V., Tsench Yu.S., Zubina V.A. Strategiya mashinno-tekhnologicheskoy modernizatsii sel'skogo khozyaystva Rossii do 2030 goda (Prognoz) [Strategy of machine-technological modernization of agriculture in Russia until 2030 (Forecast)]. *Tekhnicheskii servis mashin*. 2019. N4(137). 220-229 (In Russian).
 20. Lobachevskiy Ya.P., Tsench Yu.S., Beylis V.M. Sozdanie i razvitie sistem mashin i tekhnologiy dlya kompleksnoy mekhanizatsii tekhnologicheskikh protsessov v rastenievodstve [Creation and development of machine systems and technologies for complex mechanization of technological processes in crop production]. *Istoriya nauki i tekhniki*. 2019. N12. 46-55 (In Russian).
 21. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Beylis V.M., Tsench Yu.S. Innovatsionnaya sistema mashinno-tekhnologicheskogo obespecheniya predpriyatiy agropromyshlennogo kompleksa [Innovative system of machine and technological support of agro-industrial enterprises]. Part. 1. *Innovatsionnaya sistema mashinno-tekhnologicheskogo obespecheniya sel'skokhozyaystvennykh predpriyatiy na dlitel'nyuyu perspektivu*. Moscow: 2019. 228 (In Russian).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Заявленный вклад соавторов

Жалнин Э.В. – общая постановка проблемы, определение критериев типичности, анализ материалов и методов, выводы, редактирование текста;

Зубина В.А. – сбор и обработка статистических данных по областям региона, выбор типичных сельскохозяйственных организаций, расчет полученных данных, подготовка текста к печати.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Coauthors' contribution:

Zhalnin E.V. – general problem statement, definition of typical criteria, analysis of materials and methods, conclusions, text editing;

Zubina V.A. – collecting and processing statistical data by regions, selecting typical agricultural organizations, and calculating the data obtained, preparing the manuscript for printing.

The authors read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию

Статья принята к публикации

The paper was submitted to the Editorial Office on

The paper was accepted for publication on

03.02.2022

12.04.2022

Принципы формирования инновационной системы для АПК России: создание основы коммерциализации научно-технических разработок

Валерий Михайлович Коротченя,

кандидат экономических наук,
ведущий научный сотрудник,
e-mail: valor99@gmail.com

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. На основе систематизации знаний в области инноваций сформулировали принципы организации инновационной системы для агропромышленного комплекса (АПК) России. В указанных принципах в качестве ключевых установили следующие понятия: инновационная система, модель тройной спирали инноваций, инновационный процесс (в том числе трансфер технологий из сектора науки в сектор бизнеса и сопутствующая проблема долины смерти инноваций), комплексная классификация групп технологий и видов радикальных инноваций с точки зрения технологической парадигмы отрасли, внедрение инноваций. (*Цель исследования*) Разработать принципы организации (формирования) инновационной системы для АПК России и раскрыть через них внутреннее содержание понятия «инновационная система». (*Материалы и методы*) Применили нормативный подход к экономическому анализу и системный метод. (*Результаты и обсуждение*) Показали, что успешная инновационная система АПК базируется на эффективном взаимодействии сельскохозяйственной науки, агробизнеса и государства: три институциональных участника при разработке и внедрении инноваций исходят из заранее согласованного общего понимания концепции инновационного процесса, включая необходимость преодоления долины смерти инноваций. При этом первоначальная инициатива выдвижения того или иного инновационного проекта может исходить от любого сектора, а роль государства признается критической и миссия-ориентированной. Предложили критерии потенциала внедрения научно-технической разработки на ее начальной стадии, на уровне идеи. Привели пример анализа критериев для технологии в области обработки почвы. (*Выводы*) Предложили принципы организации инновационной системы для АПК России. Показали, что секрет успеха инновационной системы кроется в объединении усилий участников инновационного процесса – российской сельскохозяйственной науки, агробизнеса и государства. Подчеркнули необходимость своевременных реальных действий, практических шагов по организации инновационной системы.

Ключевые слова: инновационная система, принципы формирования инновационной системы, модель тройной спирали инноваций, агропромышленный комплекс России, уровни готовности технологий, критерии потенциала внедрения научно-технической разработки, долина смерти инноваций, классификация групп технологий и видов радикальных инноваций.

Для цитирования: Коротченя В.М. Принципы формирования инновационной системы для АПК России: создание основы коммерциализации научно-технических разработок // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022. Т. 16. №2. С. 90-97. DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-90-97. EDN ETVKIR.

Principles of Building an Innovation System for the Agro-Industrial Complex of Russia: Creating the Basis for the Commercialization of Scientific and Technical Projects

Valeriy M. Korotchenya,

Ph.D.(Eng.), leading researcher,
e-mail: valor99@gmail.com

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. Based on the systematization of the existing knowledge in the field of innovation, the article formulates the principles of organizing an innovation system for the agro-industrial complex of Russia. Within these principles, the following concepts became the key ones: an innovation system, a triple helix model of innovation, an innovation process (including the transfer of technologies



from the science sector to the business sector and the accompanying problem of the innovation death valley), a comprehensive classification of technology groups and radical innovation types from the point of view of the industry's technological paradigm, and innovation implementation. (*Research purpose*) To develop the principles of organizing (building) an innovation system for the agro-industrial complex of Russia and to reveal through them the inner content of the "innovation system" concept. (*Materials and methods*) A normative approach to economic analysis and a systematic method were applied. (*Results and discussion*) A successful innovation system of the agro-industrial complex is shown to depend on the effective interaction of agricultural science, agribusiness and the state: the three institutional participants in the innovation development and implementation act based on a pre-agreed mutual understanding of the innovation process concept, including the need to overcome the innovation death valley. At the same time, an innovative project proposal can be initiated by any sector, and the role of the state is recognized as critical and mission-oriented. The article presents the criteria for the potential of the new technology implementation at its initial stage, at the level of an idea. An example of the analysis of tillage technology criteria was provided. (*Conclusions*) The principles of organizing an innovation system for the agro-industrial complex of Russia were proposed. The secret of the innovation system success is shown to be based on the integrated efforts of the innovation process participants – Russian agricultural science, agribusiness and the state. The article highlights the need for timely real actions, practical steps to build an innovation system.

Keywords: innovation system, principles of innovation system formation, triple helix model of innovation, agro-industrial complex of Russia, technology readiness levels, criteria for the potential of the new technology implementation, innovation death valley, classification of technology groups and radical innovation types.

For citation: Korotchenya V.M. Printsipy formirovaniya innovatsionnoy sistemy dlya APK Rossii: sozдание osnovy kommersializatsii nauchno-tekhnicheskikh razrabotok [Principles of building an innovation system for the agro-industrial complex of Russia: creating the basis for the commercialization of scientific and technical projects]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2022. Vol.16. N2. 90-97 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-90-97. EDN ETVKIR.

Создание эффективной инновационной системы в секторе АПК имеет большее значение по сравнению с собственно инновациями, поскольку последние вытекают из первой. В настоящей статье излагается авторское понимание вопроса формирования секторальной инновационной системы применительно к АПК России.

Главная особенность предлагаемого подхода – установка на достижение маленьких побед, а не разработка предложений по обеспечению лидерства сельскохозяйственных технологий России на глобальном рынке. Последнее практически невозможно в обозримом будущем, так как у нас нет отечественных компаний, сельскохозяйственная техника которых была бы широко представлена в мировой экономике.

Под маленькими победами понимается внедрение отечественных разработок в области АПК на своем, российском, рынке, пусть даже без особого потенциала для экспортных продаж. Самое главное, чтобы процесс коммерциализации нововведений работал эффективно в рамках осознанно созданной инновационной системы. Рано или поздно за маленькими победами придут большие, и амбиции на мировое лидерство станут приобретать все более реальный характер.

При этом сам факт наличия эффективной инновационной системы представляет собой не маленькое, а знаковое достижение, поскольку именно внутреннее (национальные) инновации становятся основой эндогенного экономического роста. Один из самых

наглядных примеров успешной региональной инновационной системы – это Кремниевая долина (США).

Задачу создания инновационной системы для АПК России можно рассматривать в рамках достижения одной из целей – «Цифровой трансформации агропромышленного комплекса» – Стратегии развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года (утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 12.04.2020 N 993-р). Ведь для эффективного взаимодействия секторов науки, бизнеса и государства по вопросам организации и выполнения инновационных проектов необходимо наличие цифровой платформы, такой как национальная платформа цифрового государственного управления сельским хозяйством «Цифровое сельское хозяйство» (ведомственный проект Минсельхоза России «Цифровое сельское хозяйство», 2019, срок реализации: 2019-2024 гг.).

Стратегической проблемой, решением которой должна заниматься инновационная система АПК России, выступает преобладание зарубежной сельхозтехники на внутреннем рынке и, соответственно, слабые позиции отечественных производителей сельхозмашин на территории нашей страны [1, 2]. Существует риск еще большего проникновения иностранных технологий в российский аграрный сектор, особенно на фоне создания фирмой *Deere & Company* (США) полностью автономного трактора, а также бурного развития в западных странах цифрового сельского хозяйства в целом.

В научной литературе существуют различия в понимании категории инновационной системы и близких к ней понятий, таких как инновационная экосистема [3], тройная спираль инноваций [4] (имеется также модель с четверной спиралью [5] и даже *N*-звенной) и др. Одним из часто встречающихся терминов в рамках рассматриваемой темы стало понятие «национальная инновационная система». Подробный обзор литературы по проблематике национальной инновационной системы представлен в монографии [6]. В настоящей статье проведен определенный синтез (систематизация) знаний по предмету инноваций и инновационных систем, в том числе касательно национальной инновационной системы и тройной спирали инноваций.

Цель исследования – разработка принципов организации (формирования) инновационной системы для АПК России и раскрытие через них внутреннего содержания понятия «инновационная система».

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Методологической основой исследования стали нормативный подход к экономическому анализу и системный метод, применяемые для систематизации знаний об инновационной системе, которые в дальнейшем используются для проектирования инновационной системы АПК России [21-22].

Систематизация знаний в области изучения инновационных систем осуществляется следующим образом:

1) для определения понятия инновационной системы применяется функциональный подход, где акцент делается на выполняемой системой функции: процесс создания социальных систем можно начать с установления главной функции (миссии, цели, роли, предназначения) соответствующей системы, а затем под эту миссию подбирается соответствующая онтология, которая будет отражать субстанциональный аспект проектируемой системы. Попутно отметим, что Бел Банати, специалист теории систем Рассела Акоффа, в качестве отправной точки дизайна социальных систем устанавливает именно формулировку миссии соответствующей системы [7]. В соответствии с принятым подходом главной функцией (миссией) инновационной системы считается реализация инновационных процессов, то есть разработка и диффузия (внедрение) инноваций [8];

2) онтологией инновационной системы выступают институциональные участники инновационного процесса и принципы организации данной системы;

3) состав институциональных участников определен как наука, бизнес и государство, что заимствовано из модели тройной спирали инноваций (сектор науки включает в себя как сугубо научные учреждения, так и высшие учебные заведения) [4];

4) принципы организации инновационной системы, приведенные в следующем разделе, представля-

ют собой авторское изложение содержания инновационной системы применительно к АПК.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Существо проектируемой инновационной системы АПК России раскрывается через принципы ее организации:

- ядром инновационной системы выступают основанные на взаимовыгодном сотрудничестве трех- и двусторонние отношения между секторами сельскохозяйственной науки, бизнеса в сфере АПК и государства, согласно модели тройной спирали инноваций (*рисунок*) [4]. С помощью пересечения сфер диаграмма Венна демонстрирует возникающие отношения между государством, сельскохозяйственной наукой и агробизнесом. На *рисунке* показаны как двусторонние, так и трехсторонние отношения, но при этом возможны различные варианты в плане степени взаимодействия. Так, крайними случаями будут отсутствие какого-либо взаимодействия (здесь каждая сфера не будет пересекаться с двумя другими) и полное совпадение сфер, когда все вопросы в области инновационной деятельности находятся в плоскости сотрудничества трех секторов. При этом взаимодействие науки и бизнеса строится на основе парадигмы открытых инноваций, когда предполагается взаимный обмен знаниями в целях ускорения инновационного процесса [9];

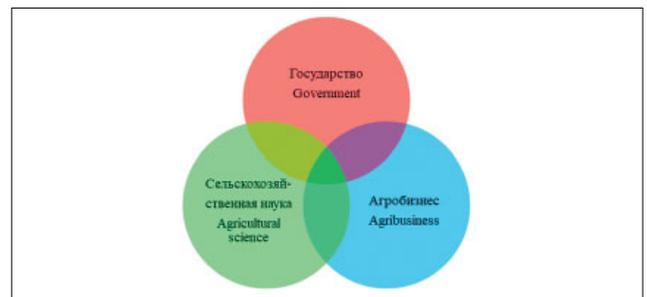


Рис. Модель тройной спирали инноваций для АПК

Fig. Triple helix innovation model for the agro-industrial complex

- об открытых инновациях обычно говорят, когда имеют в виду совместную разработку инновации несколькими фирмами, но в общем смысле они означают сотрудничество нескольких сторон, включая различные фирмы, научные институты и даже группы будущих потребителей; применительно к сельхозтехнике такое широкое взаимодействие будет выступать определенной гарантией сбыта произведенной инновационной техники;

- для облегчения трех- и двустороннего взаимодействия секторы сельскохозяйственной науки, профильного бизнеса и государства разрабатывают общее понимание концепции инновационного процесса. Для этого предлагаем использовать следующие категории:

а) система уровней готовности разрабатываемых технологий (*technology readiness levels, TRLs*, перво-



начально разработаны в *NASA*, поэтому необходима адаптация системы уровней под нужды АПК), в рамках которой изучаются:

- критерии потенциала внедрения научно-технической разработки на ее начальной стадии – на уровне идеи, *TRL 1* (представлены ниже);

- проблема так называемой долины смерти (*valley of death*) в ходе трансфера разрабатываемых технологий из сектора науки в сектор бизнеса. В научной литературе данный термин упоминается в связи с огромной сложностью коммерциализации результатов НИОКР, полученных в секторе науки, поскольку их внедрение происходит в секторе бизнеса (взаимодействие науки и бизнеса не всегда эффективно, поэтому возникает опасность гибели новых технологий);

б) комплексная классификация групп технологий и видов радикальных инноваций с точки зрения технологической парадигмы отрасли, где технологии и инновации сгруппированы следующим образом [10]:

I – технологической парадигме отрасли соответствуют революционные инновации и поддерживающие инновации [11];

II – потенциальные революционные технологии включают потенциальные революционные инновации;

III – альтернативные технологии представлены альтернативными радикальными инновациями (в пределах или за пределами технологий текущей технологической парадигмы);

IV – неиспользуемые технологии: внедренные ранее (включают устаревшие радикальные инновации, неудачные радикальные инновации) и невнедренные технологии (погибшие в долине смерти, когда попытки внедрения предпринимались; погибшие в силу разомкнутой цепи, когда попытки внедрения не предпринимались);

цель классификации – установить возможные пути внедрения инноваций. Например, для полной смены технологической парадигмы необходимо, чтобы альтернативная радикальная инновация за пределами технологий текущей технологической парадигмы стала потенциально революционной, а затем уже революционной;

в) совместно выполняемые функции секторов сельскохозяйственной науки, занятого в АПК бизнеса и государства:

- определение приоритетных направлений развития сельскохозяйственных технологий и соответствующей актуальности финансирования тех или иных инновационных проектов (наука, бизнес, государство);

- учреждение цифровой платформы для совместного обмена информацией и координации деятельности в ходе реализации инновационных проектов в сфере АПК (наука, бизнес, государство);

- разработка инноваций для сельского хозяйства

(наука и бизнес – проведение НИОКР; государство и бизнес – финансирование НИОКР; создание системы трансфера разрабатываемых технологий из сектора науки в сектор бизнеса, включая преодоление долины смерти – наука, бизнес, государство (государство может оказать финансовую поддержку предприятиям, внедряющим отечественные разработки) [12]; вовлечение науки в сектор бизнеса обычно называют академическим предпринимательством [13];

- диффузия сельскохозяйственных инноваций (преимущественно бизнес; наука и государство могут оказать содействие распространению инноваций путем организации эффективной системы трансфера технологий);

- роль системного интегратора (координатора) может принадлежать любому из трех секторов (в зависимости от конкретного инновационного проекта). Если системным интегратором выступает сельскохозяйственная наука, то такая инновационная система тяготеет к модели тройной спирали инноваций [4]. А если данную роль играет агробизнес, то имеет место подход национальной инновационной системы в духе одного из соавторов данного понятия Бенгт-Оке Лундвалла [4, 6]. Системообразующая роль государства настолько велика, что заслуживает двух отдельных пунктов;

- участие государства в разработке особо важных радикальных инноваций может быть просто критическим, поскольку, выступая заказчиком, оно берет на себя главный риск, связанный с разработкой инновации, что помогает участникам инновационного процесса справиться с неизмеримой неопределенностью Найта [14];

- инновационная политика государства рассматривается как миссия-ориентированная [15]. Миссия – создание эффективной системы разработки и внедрения российских инноваций, прежде всего на собственном рынке. Большим общественным вызовом здесь остается доминирование на российском рынке сельскохозяйственных машин зарубежных производителей.

Уровни готовности технологий также скрывают в себе интересный момент (в дополнение к понятию долины смерти): уже даже на уровне *TRL 1* можно и нужно ставить вопрос о коммерциализации будущего продукта. Для этого введем критерии потенциала внедрения научно-технической разработки (технической системы) на ее начальной стадии – на уровне идеи, *TRL 1*:

- возможность реализации идеи на практике, включая непротиворечивость законам природы;

- мировая новизна идеи;

- предполагаемые существенные преимущества;

- радикальность идеи;

- ожидаемая невысокая стоимость массового производства;

- наличие эффективной инновационной системы;
- наличие рынка потенциальных потребителей.

Первые три критерия предложены исходя из уровня готовности технологий *TRL 1*, четвертый – на основе деления инноваций на радикальные и инкрементальные, пятый был «вдохновлен» трудностями внедрения графеновых технологий по причине дороговизны производства графена, шестой олицетворяет собой необходимость преодоления долины смерти, седьмой получен из маркетинга.

Приведем пример анализа указанных критериев для разрабатываемой в Федеральном научном агроинженерном центре ВИМ технологии рыхления почвы посредством воздействия на нее импульсами сжатого воздуха (традиционные рабочие органы машин не применяются).

Для данной идеи критерии потенциала внедрения будут следующими:

1) теоретическая возможность реализации идеи существует; трудность практического воплощения состоит в создании системы контроля за движением

сжатого воздуха в почве, чтобы обеспечить необходимые требования к качеству обработки почвы;

2) идея обладает мировой новизной;

3) в случае реализации технология будет обладать преимуществами: сохранение почвы, снижение энергоемкости, удешевление почвообработки;

4) идея является радикальной; если она будет внедрена, то станет альтернативной радикальной инновацией за пределами технологий текущей технологической парадигмы; в случае большого успеха произойдет революция в области почвообрабатывающих технологий – смена парадигмы (таблица);

5) ожидается, что машины с новой технологией обработки почвы будут дешевле по сравнению с традиционной техникой;

6) эффективная инновационная система отсутствует (нет системного взаимодействия между секторами науки и бизнеса);

7) рынок потенциальных потребителей новых машин имеется в наличии.

Главная трудность на пути внедрения указанной

Таблица		Table
Пути внедрения радикальных инноваций за пределами технологий текущей технологической парадигмы отрасли WAYS OF INTRODUCING RADICAL INNOVATIONS BEYOND THE TECHNOLOGIES OF THE CURRENT TECHNOLOGICAL PARADIGM OF THE INDUSTRY		
Пути внедрения Ways of introduction	Диффузия на последней стадии процесса Diffusion at the last stage of the process	
1. Макет разрабатываемой технической системы → невнедренная технология (погибла в силу разомкнутой цепи, то есть попыток внедрения не было) The model of the technical system being developed → non-implemented technology (failed due to an open circuit, i.e. there were no attempts to introduce it)	нулевая zero	
2. Лабораторный образец → невнедренная технология (погибла, не преодолев долину смерти; попытки внедрения предпринимались) Laboratory sample → non-implemented technology (failed before crossing the valley of death; implementation attempts were made)	нулевая zero	
3. Лабораторный образец → промышленное внедрение → неудачная радикальная инновация (в случае неудачи внедрения) Laboratory sample → industrial implementation → failed radical innovation (in case of implementation failure)	нулевая или совершенно незначительная zero or insignificant	
4. Лабораторный образец → промышленное внедрение → альтернативная радикальная инновация Laboratory sample → industrial implementation → alternative radical innovation	низкая low	
5. Лабораторный образец → промышленное внедрение → альтернативная радикальная инновация → потенциальная революционная инновация Laboratory prototype → industrial implementation → alternative radical innovation → potential breakthrough innovation	низкая, но предполагается с течением времени высокая low, but expected to be high over time	
6. Лабораторный образец → промышленное внедрение → альтернативная радикальная инновация → потенциальная революционная инновация → альтернативная радикальная инновация (в случае неудачи потенциальной революционной инновации) Laboratory sample → industrial implementation → alternative radical innovation → potential breakthrough innovation → alternative radical innovation (if the potential breakthrough innovation fails)	низкая low	
7. Лабораторный образец → промышленное внедрение → альтернативная радикальная инновация → потенциальная революционная инновация → революционная инновация (изменение технологической парадигмы) Laboratory sample → industrial implementation → alternative radical innovation → potential breakthrough innovation → breakthrough innovation (technological paradigm shift)	высокая high	
<p>Примечание. Идея рыхления почвы с помощью импульсов сжатого воздуха (см. пример анализа критериев потенциала внедрения выше) в случае большого успеха приведет к смене технологической парадигмы отрасли (путь 7 согласно таблице).</p> <p>Note. The idea of soil loosening with compressed air pulses (see the analysis of implementation potential criteria above), if successful, will lead to a change in the industry technological paradigm (way 7 according to the table).</p>		



идеи в России – это отсутствие эффективной инновационной системы (проблема разомкнутой цепи, то есть попытки внедрения не делаются). Решение проблемы состоит в создании службы трансфера технологий и развитии академического предпринимательства.

Попытки предложить принципы формирования инновационной системы для российского АПК или России в целом предпринимались многими авторами [16-18]. Настоящая статья отличается от других работ прежде всего тем, что она подготовлена в научном центре, который сам занимается разработкой новых технических средств, и поэтому сразу же видны общие проблемы, которые характерны для многих российских научных институтов (слабая связь науки с предприятиями и др.).

Сформулированные принципы подразумевают, что успех инновационной системы зависит от эффективности взаимодействия трех секторов – сельскохозяйственной науки, агробизнеса и государства. В рыночных условиях такое сотрудничество строится на добровольной основе, поэтому инновационную систему как таковую можно считать системой систем [19]. При этом инициатива разработки той или иной инновации может исходить от любого сектора, что вписывается в нелинейную модель инноваций [4]. Все это говорит о сложной природе инновационных процессов.

Внедрение у себя того, что было разработано отечественной наукой для АПК, мы называем маленькой победой. Однако если этот вид деятельности ведется в рамках специально созданной инновационной системы, то систематическая последовательность таких небольших достижений становится большой победой, поскольку через них проявляется эффективность самой инновационной системы АПК. Отечественные инновации необходимо поставить на поток.

Следует отметить важность уровня готовности технологий *TRL 1*, поскольку на уровне идеи будущей инновации уже виден потенциал и пути (проблемы) ее внедрения. Критерии потенциала внедрения идей должны стать объектом изучения в последующих работах, ввиду того что часто имеют место иллюзорные ожидания относительно предполагаемой технологической революции, а одержимость стремлением создать новое отвлекает внимание инженеров от действительно важной работы [20].

Существенным барьером для коммерциализации научных разработок может стать тот факт, что академическое предпринимательство не типично для России, в отличие от западных стран, где профессора технических специальностей часто выступают соучредителями компаний для продвижения на рынок собственных разработок. Проблемой может быть также неподготовленность российской нормативно-правовой базы к осуществлению коммерческой деятельности государственными научными (образовательными) учреждениями.

В связи с этим важным направлением для будущих исследований станет интегрирование инновационной системы в АПК России согласно модели четверной спирали инноваций [5]. Четвертая спираль представлена гражданским обществом, определяющим культуру, в контексте которой осуществляется инновационная деятельность. Особый интерес представляет также изучение правовых вопросов коммерциализации научно-технических разработок государственными научно-исследовательскими и образовательными организациями в России.

Выводы. В настоящей статье на основе систематизации имеющихся знаний в области инноваций предложены принципы организации инновационной системы для АПК России.

Лейтмотивом работы выступает необходимость обеспечения внедрения отечественных разработок на собственном рынке. Чтобы уйти от чрезмерно большой зависимости от импортных машин и технологий в сельском хозяйстве, России необходима опора на национальные инновации. В этом плане создание эффективно работающей инновационной системы аграрного сектора имеет первостепенное значение, особенно с учетом быстрого развития цифрового сельского хозяйства в странах с развитой экономикой, когда конкурировать с западными компаниями становится все труднее.

Секрет успеха инновационной системы кроется в объединении усилий участников инновационного процесса – российской сельскохозяйственной науки, агробизнеса и государства. Роль государства здесь является критической и миссия-ориентированной. Необходимы своевременные реальные действия, практические шаги по организации инновационной системы, а не просто обсуждение насущных проблем сельского хозяйства России.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Смирнов М.А., Лавров А.В., Шевцов В.Г. О необходимости восстановления механизированного сельскохозяйственного производства в России // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. 2018. Т. 14. №1. С. 48-61.
2. Годжаев З.А., Шевцов В.Г., Лавров А.В., Ценч Ю.С., Зубина В.А. Стратегия машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России до 2030 года (прогноз) // *Технический сервис машин*. 2019. №4(137). С. 220-229.
3. Granstrand O., Holgersson M. Innovation ecosystems: A conceptual review and a new definition. *Technovation*. 2020.

- Vol. 90-91. February-March. N102098.
4. Etzkowitz H., Zhou Ch. The triple helix: University–industry–government innovation and entrepreneurship. 2nd ed. London. New York: Routledge. 2018. 328.
 5. Carayannis E.G., Campbell D.F.J. Mode 3 Knowledge Production in Quadruple Helix Innovation Systems: 21st-Century Democracy, Innovation, and Entrepreneurship for Development. New York: Springer. 2012. 63.
 6. Chaminade C., Lundvall B.-Å., Haneef Sh. Advanced Introduction to National Innovation Systems. Cheltenham, Northampton: Edward Elgar Publishing. 2018. 175.
 7. Banathy B.H. Designing social systems in a changing world. New York: Springer Science+Business Media. 1996. 372.
 8. Borrás S., Edquist Ch. Holistic Innovation Policy: Theoretical Foundations, Policy Problems, and Instrument Choices. Oxford, New York: Oxford University Press. 2019. 295.
 9. Chesbrough H., Vanhaverbeke W., West J. New Frontiers in Open Innovation. Oxford, New York: Oxford University Press. 2014. 344.
 10. Коротченя В.М. История технологического развития сельского хозяйства (растениеводства) // *Экономика сельского хозяйства России*. 2019. N7. С. 28-33.
 11. Dosi G. Technological paradigms and technological trajectories: A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Research Policy*. 1982. Vol. 11. N3. 147-162.
 12. Hockaday T. University Technology Transfer: What It Is and How to Do It. Baltimore: [Johns Hopkins University Press. 2020. 340.
 13. Barth T.D., Schlegelmilch W. Academic Entrepreneur, Academic Entrepreneurship. *Encyclopedia of Creativity, Invention, Innovation and Entrepreneurship Cham*. Springer. 2020. 1-8.
 14. Mazzucato M. The entrepreneurial state: Debunking public vs. private sector myths. New York: PublicAffairs. 2015. 260.
 15. Mazzucato M. Mission-oriented innovation policies: Challenges and opportunities. *Industrial and Corporate Change*. 2018. Vol. 27. N5. 803-815.
 16. Чистякова О.В. Принципы формирования национальной и региональных инновационных систем в России // *Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки*. 2017. Т. 10. N3. С. 101-111.
 17. Полтерович В. Принципы формирования национальной инновационной системы // *Проблемы теории и практики управления*. 2008. N11. С. 8-19.
 18. Реймер В.В., Улезько А.В. Концептуальные и методологические подходы к формированию инновационной системы агропродовольственного комплекса // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2015. N4. С. 196-207.
 19. Walden D.D., Roedler G.J., Forsberg K.J., Hamelin R.D., Shortell T.M. International Council on Systems Engineering. *Systems engineering handbook: A guide for system life cycle processes and activities*. USA: Wiley. 2015. 290.
 20. Vinsel L., Russell A.L. The Innovation Delusion: How Our Obsession with the New Has Disrupted the Work That Matters Most. New York: Currency. 2020. 260.
 21. Годжаев З.Д., Шевцов В.Г., Лавров А.В., Ценч Ю.С., Зубина В.А. Стратегия машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России до 2030 года (Прогноз) // *Технический сервис машин*. 2019. N4(137). С. 220-229.
 22. Лобачевский Я.П., Ценч Ю.С., Бейлис В.М. Создание и развитие систем машин и технологий для комплексной механизации технологических процессов в растениеводстве // *История науки и техники*. 2019. N12. С. 46-55.

REFERENCES

1. Smirnov M.A., Lavrov A.V., Shevtsov V.G. O neobkhodimosti vosstanovleniya mekhanizirovannogo sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva v Rossii [On the need to recover mechanized farming in Russia]. *National Interests: Priorities and Security*. 2018. Vol. 14. N1. 48-61 (In Russian).
2. Godzhaev Z.A., Shevtsov V.G., Lavrov A.V., Tsench Yu.S., Zubina V.A. Strategiya mashinno-tekhnologicheskoy modernizatsii sel'skogo khozyaistva Rossii do 2030 goda (prognoz) [Strategy of Russian agricultural machinery modernization until 2030 (forecast)]. *Tekhnicheskii servis mashin*. 2019. N4(137). 220-229 (In Russian).
3. Granstrand O., Holgersson M. Innovation ecosystems: A conceptual review and a new definition. *Technovation*. 2020. Vol. 90-91. February-March. N102098 (In English).
4. Etzkowitz H., Zhou Ch. The triple helix: University–industry–government innovation and entrepreneurship. 2nd ed. London. New York: Routledge. 2018. 328 (In English).
5. Carayannis E.G., Campbell D.F.J. Mode 3 knowledge production in quadruple helix innovation systems: 21st-century democracy, innovation, and entrepreneurship for development. New York: Springer. 2012. 63 (In English).
6. Chaminade C., Lundvall B.-Å., Haneef Sh. Advanced introduction to national innovation systems. Cheltenham, UK; Northampton, MA, USA: Edward Elgar Publishing. 2018. 175 (In English).
7. Banathy B.H. Designing social systems in a changing world. New York: Springer Science+Business Media. 1996. 372 (In English).
8. Borrás S., Edquist Ch. Holistic innovation policy: Theoretical foundations, policy problems, and instrument choices. Oxford, New York: Oxford University Press. 2019. 295 (In English).
9. Chesbrough H., Vanhaverbeke W., West J. (Eds.) New frontiers in open innovation. Oxford, New York: Oxford University Press. 2014. 344 (In English).
10. Korotchenya V.M. Istoriya tekhnologicheskogo razvitiya sel'skogo khozyaistva (rasteniyevodstva) [History of technological development of agriculture (crop production)].

- Ekonomika sel'skogo khozyaystva Rossii*. 2019. N7. 28-33 (In Russian).
11. Dosi G. Technological paradigms and technological trajectories: A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Research Policy*. 1982. Vol. 11. N3. 147-162 (In English).
 12. Hockaday T. University technology transfer: What it is and how to do it. Baltimore: Johns Hopkins University Press. 2020. 340 (In English).
 13. Barth T.D., Schlegelmilch W. Academic entrepreneur, academic entrepreneurship. In: Carayannis E.G., ed. *Encyclopedia of creativity, invention, innovation and entrepreneurship*. 2nd ed. Cham: Springer. 2020. 1-8 (In English).
 14. Mazzucato M. The entrepreneurial state: Debunking public vs. private sector myths. New York: PublicAffairs. 2015. 260 (In English).
 15. Mazzucato M. Mission-oriented innovation policies: Challenges and opportunities. *Industrial and Corporate Change*. 2018. Vol. 27. N5. 803-815 (In English).
 16. Chistyakova O.V. Printsipy formirovaniya natsional'noy i regional'nykh innovatsionnykh sistem v Rossii [The principles of forming the national and regional innovation systems in Russia]. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*. 2017. Vol. 10. N3. 101-111 (In Russian).
 17. Polterovich V. Printsipy formirovaniya natsional'noy innovatsionnoy sistemy [National innovation system formation principles]. *Problemy teorii i praktiki upravleniya*. 2008. N11. 8-19 (In Russian).
 18. Reimer V.V., Ulez'ko A.V. Kontseptual'nye i metodologicheskie podkhody k formirovaniyu innovatsionnoy sistemy agroproduktov'stvennogo kompleksa [Conceptual and methodological approaches to the formation of innovation system of the agro-industrial complex]. *Vestnik of Voronezh state agrarian university*. 2015. N4. 196-207 (In Russian).
 19. International Council on Systems Engineering. *Systems engineering handbook: A guide for system life cycle processes and activities*. 4th ed. Hoboken, NJ, USA: Wiley. 2015. 290 (In English).
 20. Vinsel L., Russell A.L. *The Innovation Delusion: How Our Obsession with the New Has Disrupted the Work That Matters Most*. New York: Currency. 2020. 260 (In English)
 21. Godzhaev Z.D., Shevtsov V.G., Lavrov A.V., Tsench Yu.S., Zubina V.A. Strategiya mashinno-tehnologicheskoy modernizatsii sel'skogo khozyaystva Rossii do 2030 goda (Prognoz) [Strategy of machine-technological modernization of agriculture in Russia until 2030 (Forecast)]. *Tekhnicheskij servis mashin*. 2019. N4(137). 220-229 (In Russian).
 22. Lobachevskiy Ya.P., Tsench Yu.S., Beylis V.M. Sozdanie i razvitie sistem mashin i tekhnologiy dlya kompleksnoy mekhanizatsii tekhnologicheskikh protsessov v rasteniyevodstve [Creation and development of machine systems and technologies for complex mechanization of technological processes in crop production]. *Istoriya nauki i tekhniki*. 2019. N12. 46-55 (In Russian)..

Конфликт интересов.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.
Автор прочитал и одобрил окончательный вариант.

Conflict of interest.

The author declares no conflict of interest.
The author read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию
Статья принята к публикации

The paper was submitted to the Editorial Office on
The paper was accepted for publication on

11.01.2022
08.02.2022

Подписку на журнал
можно оформить в агентстве «Урал-Пресс»
на сайте: www.ural-press.ru,
а также в редакции журнала.

Индекс издания **35825**

КОНТАКТЫ:

Тел.: 8 (499) 174-88-11, 8 (499) 174-89-01
www.vimsmit.com e-mail: smit@vim.ru