

ВЕСТНИК

**ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина»**

Научный журнал**№ 6 (94) /2019**

**Учредитель и издатель:
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА
имени К.А. Тимирязева**

Свидетельство о регистрации средства
массовой информации ПИ № ФС 77-60739
от 09 февраля 2015 г.

Основан в 2003 году**Периодичность:** 6 номеров в год

**Журнал включен в перечень
изданий, рекомендованных ВАК РФ
для публикации трудов соискателей
учёных степеней кандидата
и доктора наук, в систему РИНЦ,
Crossref, DataCite, AGRIS (Agricultural
Research Information System)**

Полнотекстовые версии доступны на сайте
<http://elibrary.ru>

Редактор – *И.В. Мельникова*
Литературная обработка текста – *И.В. Бугаёва*
Компьютерный набор и верстка – *А.С. Лаверова*
Перевод на английский язык – *А.Ю. Алипичев*

Адрес редакции: 127550, Москва,
Тимирязевская ул., 58, к.336
Тел.: (499) 976-07-27
E-mail: vestnik@rgau-msha.ru
<http://www.timacad.ru/about/struktura-universiteta/izdaniia/vestnik-mgau>

Отпечатано в типографии
ООО «ЭйПиСиПабблишинг»
127550, г. Москва,
Дмитровское ш., д. 45, корп. 1, оф. 8
Тел.: 8 (499) 976-51-84, 8 (985) 109-44-19

Подписано в печать 20.12.2019 г.
Формат 60 84/8
Тираж 500 экз.

© ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА
имени К.А. Тимирязева, 2019

Главный научный редактор

Ерохин М.Н. – академик РАН, д-р техн. наук, профессор,
РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (г. Москва, Российская Федерация)

Заместители главного научного редактора

Дорохов А.С. – чл.-корр. РАН, д-р техн. наук, доцент, заместитель директора
по научно-организационной работе, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (г. Москва, Российская Федерация)
Водяников В.Т. – д-р экон. наук, профессор, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
(г. Москва, Российская Федерация)
Кубрушко П.Ф. – чл.-корр. РАО, д-р пед. наук, профессор, заместитель главного научного
редактора, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (г. Москва, Российская Федерация)

Члены редакционного совета

Алдошин Н.В. – д-р техн. наук, профессор, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
(г. Москва, Российская Федерация)
Балабанов В.И. – д-р техн. наук, профессор, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
(г. Москва, Российская Федерация)
Бердышев В.Е. – д-р техн. наук, профессор, руководитель Центра
учебно-методического обеспечения подготовки кадров для АПК,
РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (г. Москва, Российская Федерация)
Девянин С.Н. – д-р техн. наук, профессор, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
(г. Москва, Российская Федерация)
Загинайлов В.И. – д-р техн. наук, профессор, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
(г. Москва, Российская Федерация)
Казанцев С.П. – д-р техн. наук, профессор, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
(г. Москва, Российская Федерация)
Кобозева Т.П. – д-р с.-х. наук, профессор, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
(г. Москва, Российская Федерация)
Кошелев В.М. – д-р экон. наук, профессор, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
(г. Москва, Российская Федерация)
Краваченко И.Н. – д-р техн. наук, профессор, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
(г. Москва, Российская Федерация)
Левшин А.Г. – д-р техн. наук, профессор, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
(г. Москва, Российская Федерация)
Назарова Л.И., канд. пед. наук, доцент, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
(г. Москва, Российская Федерация)
Скорородов А.Н. – д-р техн. наук, профессор, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
(г. Москва, Российская Федерация)
Судник Ю.А. – д-р техн. наук, профессор, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
Худякова Е.В. – д-р экон. наук, профессор, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
(г. Москва, Российская Федерация)
Чумаков В.Л. – канд. техн. наук, профессор, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
(г. Москва, Российская Федерация)
Чутчева Ю.В. – д-р экон. наук, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
(г. Москва, Российская Федерация)
Шичков Л.П. – д-р техн. наук, проф., ФГБОУ РГАЗУ (г. Балашиха, Московская область)
Шогенов Ю.Х. – чл.-корр. РАН, д-р техн. наук, старший научный сотрудник,
зав. сектором механизации, электрификации и автоматизации ОСХН РАН,
ФГБУ «Российская академия наук» (г. Москва, Российская Федерация)

Иностранные члены редакционного совета

Абдыров А.М., д-р пед. наук, проф., Казахский агротехнический университет
им. С. Сейфуллина, Казахстан
Баффингтон Д., д-р наук, проф., Департамент сельскохозяйственной техники,
Университет Штата Пенсильвания, США
Билек Мартин, канд. пед. наук, профессор университета в г. Крелов, Чехия
Божков С.И., канд. техн. наук, проф., Сельскохозяйственная академия, София, Болгария
Букман В.Э., канд. техн. наук, Amazonen Werke H. Dreyer GmbH & Co.KG, Германия
Кандева-Иванова М.К., канд. техн. наук проф., Южно-Уральский государственный
университет, Челябинск; Технический университет Софии, Болгария
Куанто Ф., проф., Высший национальный институт аграрных наук, продовольствия
и окружающей среды, АгроСюп, Дижон, Франция
Кумхала Ф., проф., член бюро Чешской академии сельскохозяйственных наук,
Университет естественных наук, Прага, Чешская Республика

VESTNIK

OF FEDERAL STATE EDUCATIONAL INSTITUTION OF HIGHER PROFESSIONAL EDUCATION
 “Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin”

[Vestnik FGOU VPO «Moskovskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet imeni V.P. Goryachkina»]

Scientific Journal

No. 6 (94) /2019

Founder and Publisher:
Russian Timiryazev State
Agrarian University

The mass media registration certificate
 ПИ No. ФС 77-60739 of the 9th of February, 2015

Founded in 2003

Publication Frequency: 6 issues per year

The journal is included in the list of publications recommended by Higher Attestation Commission of the Russian Federation for publishing papers of those seeking PhD and DSc scientific degrees. The issue is listed in the Russian Science Citation Index, Crossref, DataCite, AGRIS (Agricultural Research Information System)

Full versions are posted on the site
<http://elibrary.ru>

EXECUTIVE EDITORS:

Melnikova I.V.
Bugaeva I.V.
Lavrova A.S.
Alipichev A. Yu.

Editors office's address:
 Timiryazevskaya str., 58, Moscow, 127550
 Tel.: 8 (499) 976-07-27;
 E-mail: vestnik@rgau-msha.ru
<http://www.timacad.ru/about/struktura-universiteta/izdaniia/vestnik-mgau>

Printed in the printing office
 of “APCPublishing”
 127550, Moscow,
 Dmitrovskoe shosse, 45, 1, of. 8
 Tel.: 8 (499) 976-51-84, 8 (985) 109-44-19

Passed for printing 20.12.2019
 The format is 60 84/8
 The circulation is 500 copies.

© Federal State Budgetary Establishment
 of Higher Education – Russian State
 Agrarian University – Moscow Agricultural
 Academy named after K.A. Timiryazev, 2019

Scientific Editor-in-Chief

Erokhin M.N., Academician of the Russian Academy of Sciences, DSc (Eng), professor, Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, the Russian Federation

Editorial council

Dorokhov A.S., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, DSc (Eng), professor, Deputy Scientific Editor-in-Chief, Federal State Budgetary Research Establishment – Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, the Russian Federation
Vodyannikov V.T., DSc (Econ), professor, Deputy Scientific Editor-in-Chief, Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, the Russian Federation
Kubrushko P.F., Corresponding Member of the Russian Academy of Education, DSc (Ed), Deputy Scientific Editor-in-Chief, Russian Timiryazev State Agrarian University (Moscow, the Russian Federation)

Editorial council

Aldoshin N.V., DSc (Eng), professor, Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, the Russian Federation
Balabanov V.I., DSc (Eng), professor, Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, the Russian Federation
Berdyshev V.Ye., DSc (Eng), professor, Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, the Russian Federation
Devyanin S.N., DSc (Eng), professor, Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, the Russian Federation
Zaginailov V.I., DSc (Eng), professor, Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, the Russian Federation
Kazantsev S.P., DSc (Eng), professor, Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, the Russian Federation
Kobozeva T.P., DSc (Agr), professor, Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, the Russian Federation
Koshelev V.M., DSc (Econ), professor, Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, the Russian Federation
Kravchenko I.N., DSc (Eng), professor, Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, the Russian Federation
Levshin A.G., DSc (Eng), professor, Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, the Russian Federation
Nazarova L.I., PhD (Ed), Associate professor, Russian Timiryazev State Agrarian University (Moscow, the Russian Federation)
Skorokhodov A.N., DSc (Eng), professor, Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, the Russian Federation
Sudnik Yu.A., DSc (Eng), professor, Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, the Russian Federation
Khudyakova Ye.V., DSc (Econ), professor, Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, the Russian Federation
Chumakov V.L., PhD (Eng), professor, Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, the Russian Federation
Chutcheva Yu.V., DSc (Econ), Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, the Russian Federation
Shichkov L.P., DSc (Eng), professor, Russian State Agrarian Correspondence University, Balashikha, the Moscow region
Shogenov Yu.Kh., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, DSc (Eng) Department of Agricultural Sciences, Federal State Budgetary Institution – the Russian Academy of Sciences, Moscow, the Russian Federation

International members of editorial council

Abdyrov A.M., DSc (Ed), Professor, S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, Kazakhstan
Bilek Martin, PhD (Ed), Professor of the Kralov University, Czech Republic
Bozhkov Snezhan I., PhD (Eng), professor, Agricultural Academy, Sofia, Bulgaria
Buffington Denis, professor, DSc, Department of Agricultural Engineering, the Pennsylvania State University, the USA
Buxmann Viktor E., PhD (Eng), Director of Exports Department in Russia, Amazonen Werke H. Dreyer GmbH & Co.KG, Germany
Kandeva-Ivanova Mara Krumova, PhD (Eng), professor, Technical University of Sofia, Bulgaria; South Ural State University, Chelyabinsk
Cointault Frederick – professor, Higher National Institute of Agricultural Sciences, Food and Environment (Agrosup, Dijon), France
Kumhala Frantisek, professor, Chairman of the Agricultural Machinery and Construction Division of the Czech Academy of Agricultural Sciences, the Bureau Member of the Czech Academy of Agricultural Sciences, Head of the Department of Agricultural Machines of Czech University of Life Sciences, Prague, Czech Republic

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ АПК

Павлов П.И., Дзюбан И.Л., Везилов А.О. Обоснование параметров шнекового погрузчика-смесителя органоминерального компоста	4
Ли А., Алдошин Н.В., Пляка В.И. Моделирование работы диэлектрического сортировочного устройства при очистке семян люцерны.....	10
Гаспарян И.Н., Левшин А.Г., Ивашова О.Н., Бутузов А.Е., Дыйканова М.Е. Органическая технология возделывания экологически чистого картофеля раннего.....	14
Шевченко В.А., Губин В.К., Кудрявцева Л.В. Подпочвенное орошение виноградников Крыма опреснённым конденсатом морской и солёной озёрной воды ...	19
Улюкина Е.А. Особенности применения биотоплива в сельскохозяйственном производстве.....	23
Широков Ю.А., Смирнов Г.Н. Организация рабочего места и трудового процесса тракториста-машиниста в современных мобильных машинах для сельского хозяйства	28

ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В АПК

Серов А.В., Серов Н.В., Бурак П.И., Соколова В.М. Методика назначения оптимальных режимов электроконтактной приварки.....	35
Игнаткин И.Ю., Дроздов А.В. Способ восстановления изношенной поверхности вала редуктора в соединении «вал-манжета» с применением ремонтной втулки и полимерных материалов.....	40

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В АПК

Голубев А.В. Что тормозит инновационное и технологическое развитие русского АПК	46
--	----

ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Стребков Д.С., Шогенов А.Х., Шогенов Ю.Х. Перспективы применения электротехнологии в садоводстве	53
---	----

ТЕОРИЯ И МЕТОДИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Кубрушко П.Ф., Назарова Л.И. Методология высшего аграрного образования: полипарадигмальный подход	60
Белопухов С.Л., Григорьева М.В. Формирование познавательного интереса у студентов аграрного вуза при выполнении курсовых проектов.....	65

CONTENTS

FARM MACHINERY AND TECHNOLOGIES

Pavel I. Pavlov, Ivan L. Dzyuban, Aleksandr O. Vezirov Determining the parameters of a auger loading mixer of activated compost.....	4
Afanasiy Li, Nikolai V. Aldoshin, Valery I. Plyaka Modeling the operation of a dielectric sorting device for the purification of alfalfa seeds	10
Irina N. Gasparyan, Aleksandr G. Levshin, Olga N. Ivashova, Anton Ye. Butuzov, Marina Ye. Dyikanova Organic cultivation technology of ecologically pure potatoes of early varieties	14
Viktor A. Shevchenko, Vladimir K. Gubin, Lidia V. Kudryavtseva Subsoil irrigation of Crimean vineyards with desalinated condensate of sea and salt lake water	19
Yelena A. Ulyukina Features of biofuel application in agricultural production	23
Yuriy A. Shirokov, Georgiy N. Smirnov Organization of workplace and labor process of tractor driver in modern mobile machines used in agriculture	28

TECHNICAL SERVICE IN AGRICULTURE

Anton V. Serov, Nikita V. Serov, Pavel I. Burak, Vera M. Sokolova Technique of selecting the optimum modes of electrocontact welding	35
Ivan Yu. Ignatkin, Andrei V. Drozdov Method of restoring the worn surface of a reduction gear shaft in a 'shaft-to-collar' connection using a repair bushing and polymeric materials.....	40

ECONOMY AND ORGANIZATION OF AGRICULTURAL ENGINEERING SYSTEMS

Aleksei V. Golubev Obstacles to innovative and technological development of russian agriculture	46
--	----

POWER SUPPLY AND AUTOMATION OF AGRICULTURAL PRODUCTION

Dmitry S. Strebkov, Aslanbek Kh. Shogenov, Yurii Kh. Shogenov Prospects of applying electrotechnology in gardening	53
--	----

THEORY AND METHODOLOGY OF PROFESSIONAL EDUCATION

Petr F. Kubrushko, Liudmila I. Nazarova Methodology of higher agricultural education: polyparadigmatic approach.....	60
Sergey L. Belopukhov, Marina V. Grigorieva Increasing cognitive motivation of agricultural university students in the implementation of course projects	65

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ АПК / FARM MACHINERY AND TECHNOLOGIES

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 631. 371

DOI: 10.34677/1728-7936-2019-6-4-9

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ШНЕКОВОГО ПОГРУЗЧИКА-СМЕСИТЕЛЯ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО КОМПОСТА

ПАВЛОВ ПАВЕЛ ИВАНОВИЧ, докт. техн. наук, профессор

ДЗЮБАН ИВАН ЛЕОНИДОВИЧ, канд. техн. наук, инженер

ВЕЗИРОВ АЛЕКСАНДР ОЛЕГОВИЧ, канд. техн. наук, инженер

E-mail: vezirov2008@mail.ru

Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова; 410012, Российская Федерация, г. Саратов, Театральная площадь, 1

Качество смешивания органоминерального компоста определяется параметрами рабочих органов используемых технических средств. Представлена конструкция погрузчика-смесителя органоминерального компоста с ленточным шнеком и бункером-дозатором для минеральных удобрений. Приведены результаты теоретических исследований процесса взаимодействия шнекового рабочего органа с компостом. Обоснованы основные конструктивные параметры и режимы работы исследуемых рабочих органов. Получены формулы, позволяющие определить оптимальную величину поступательной скорости погрузчика-смесителя органоминерального компоста, частоту вращения и диаметр по отделяющим зубьям шнекового рабочего органа, а также количество зубьев. Установлена зависимость производительности отделения части груза от основного массива шнековым рабочим органом от скорости его вращения и диаметра, а также зависимость производительности транспортировки от коэффициента, обусловленного сопротивлением стоек, на которых установлены зубья, движению груза. Результаты экспериментальных исследований позволяют констатировать, что наилучшее значение коэффициента смешивания, равное 0,96, достигается при поступательной скорости движения погрузчика 0,05 м/с и частоте вращения шнекового рабочего органа 175...215 мин⁻¹, а максимальное значение производительности 39 кг/с при поступательной скорости 0,05 м/с и угловой скорости вращения шнека 175...15 мин⁻¹.

Ключевые слова: погрузчик-смеситель; органоминеральный компост; качество смешивания; коэффициент смешивания; шнековый рабочий орган, защищенный грунт, почвенная смесь.

Формат цитирования: Павлов П.И., Дзюбан И.Л., Везилов А.О. Обоснование параметров шнекового погрузчика-смесителя органоминерального компоста // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2019. № 6(94). С. 4-9. DOI: 10.34677/1728-7936-2019-6-4-9.

DETERMINING THE PARAMETERS OF A AUGER LOADING MIXER OF ACTIVATED COMPOST

PAVEL I. PAVLOV, DSc (Eng), Professor

IVAN L. DZYUBAN, PhD (Eng), Engineer

ALEKSANDR O. VEZIROV, PhD (Eng), Engineer

E-mail: vezirov2008@mail.ru

Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov; 410012, Russian Federation, Saratov, Teatralnaya Sq., 1

The mixing quality of activated compost is determined by the operating parameters of working elements. The paper presents a design of an activated compost loading mixer equipped with a belt auger and a metering hopper for mineral fertilizers. The authors provide basic research results on interaction process of the auger with a compost mixture and determine the basic design and operating conditions of the considered actuating elements. They obtained formulas to determine the optimal travel speed of the activated compost loading mixer; the rotational speed and diameter of the separating teeth of the auger, as well as the number of teeth. The study proved the relationship between the auger capability of separating a portion of material from the main mass and its rotational speed and diameter, as well as the relationship between the transportation rate and the factor determined by the resistance of racks holding the teeth. The experimental study results have proved that the best mixing ratio value of 0.96 is achieved at a loader travel speed of 0.05 m/s and a rotational speed of the auger of 175...215 min⁻¹, and the maximum performance value amounts to 39 kg/s at a travel speed of 0.05 m/s and an angular speed of the auger of 175...15 min⁻¹.

Key words: loading mixer; activated compost; mixing quality; mixing ratio; auger, protected ground, soil mixture.

For citation: Pavlov P.I., Dzyuban I.L., Vezirov A.O. Determining the parameters of a auger loading mixer of activated compost. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*. 2019; 6(94): 4-9. DOI: 10.34677/1728-7936-2019-6-4-9 (In Rus.).

Введение. Существующие машины и оборудование для приготовления компоста не обеспечивают достаточного значения коэффициента степени смешивания исходных компонентов при оптимальной производительности, и к тому же существующие методы приготовления органоминеральных компостов требуют дополнительного комплекса машин и оборудования [1-5].

Цель исследования – теоретическое обоснование производительности и оптимальных конструктивных и режимных параметров шнекового рабочего органа (ленточного транспортёра с отделяющими зубьями) для приготовления органоминерального компоста.

Материал и методы. Основой для разработки конструктивно-технологической схемы смесителя-погрузчика органоминерального компоста [6-8] (рис. 1) послужили данные, полученные при анализе ряда источников [9-11].

Основными параметрами шнекового рабочего органа погрузчика-смесителя органоминерального компоста, наряду с конструктивными, являются технологические – частота вращения n , мин⁻¹, угловая скорость ленточного шнека $\omega_{ш}$, рад/с, поступательная скорость погрузчика $v_{п.с}$, м/с (рис. 2).

К конструктивным параметрам относятся также формы и размеры режущих зубьев.

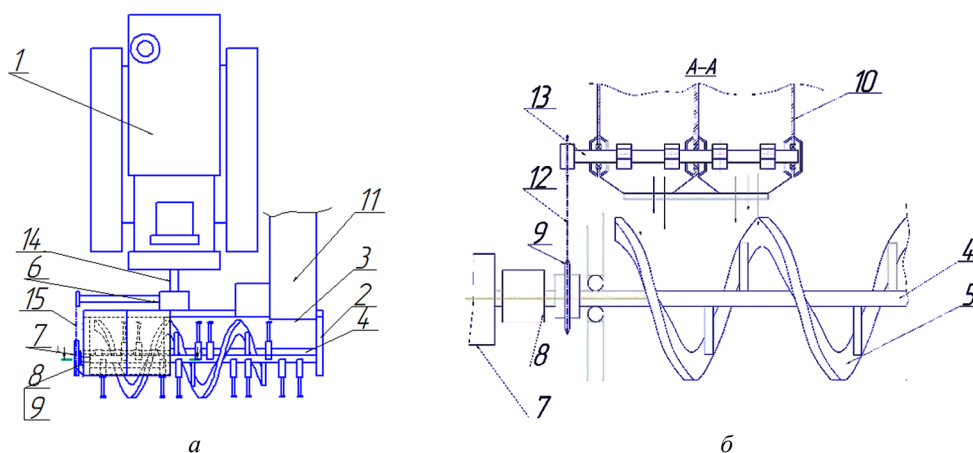


Рис. 1. Схема предлагаемого погрузчика-смесителя органоминерального компоста (а) и его рабочих органов (б):
 1 – базовая машина; 2 – рама; 3 – отгрузочное окно; 4 – вал; 5 – ленточный шнек; 6 – редуктор; 7 – цепь; 8 – муфта; 9 – шестерня; 10 – бункер-дозатор; 11 – отгрузочный транспортер; 12 – цепь; 13 – дозирующий вал; 14 – вал отбора мощности; 15 – цепь

Fig. 1. Scheme of the proposed loader-mixer of organomineral compost (a) and its working elements (b):
 1 – a base machine; 2 – a frame; 3 – a unloading opening; 4 – a shaft; 5 – a belt auger; 6 – a reduction gear; 7 – a chain; 8 – a coupling; 9 – a gear; 10 – a metering hopper; 11 – an unloading conveyor; 12 – a chain; 13 – a metering shaft; 14 – a power take-off shaft; 15 – a chain

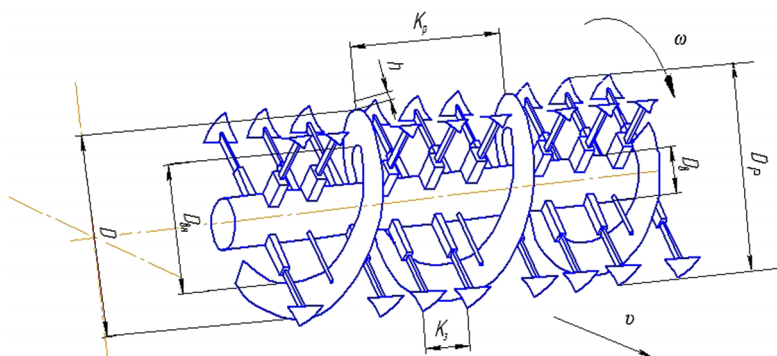


Рис. 2. Основные параметры шнекового рабочего органа погрузчика-смесителя:
 D – диаметр шнека по наружной кромке винтовой поверхности, м; D_p – диаметр по режущим зубьям; h – высота зубьев по отношению к наружной кромке винтовых поверхностей, м; $D_{вн}$ – диаметр шнека по внутренней кромке винтовой поверхности, м; $D_в$ – диаметр вала, м; K_p – шаг винтовой линии шнека; $K_з$ – шаг зубьев

Fig. 2. Main parameters of the auger of a loader-mixer:
 D – diameter of the auger along the outer edge of the auger surface, m; D_p – the diameter of cutting teeth; h – the height of the teeth relative to the outer edge of helical surfaces, m; $D_{вн}$ – the auger diameter along the inner edge of the auger surface, m; $D_в$ – the shaft diameter, m; K_p – the auger helix pitch; $K_з$ – the tooth pitch

Эффективность работы погрузчика органоминерального компоста определяется качеством смешивания и производительностью. Коэффициент смешивания зависит от конструктивных и технологических параметров шнекового рабочего органа [12].

Большое значение для приготовления органоминерального компоста имеют технологические свойства. Одним из основных – качество смешивания компонентов, характеризуемое коэффициентом смешивания K .

Коэффициент смешивания K показывает равномерность смешивания компонентов, т.е. равномерность содержания компонентов в различных точках готовой смеси. Существуют различные методики определения качества смешивания. Наиболее эффективный способ – экспериментальный. В процессе приготовления смеси назначают «ключевой компонент» (маркер) и производится выборка заданного количества проб. Далее, маркер выделяется из пробы и взвешивается. Затем определяется процентное содержание маркера в каждой отдельной пробе, производится оценка полученного практического значения его содержания в смеси и сравнение с теоретически возможным. Смесь считается однородной, когда содержание компонентов в любой части её объёма совпадает заданному составу смеси. Если какой-либо компонент распределён в смеси равномерно, то и другие компоненты так же распределены равномерно.

Теоретически возможная равномерность распределения определяется как:

$$K_r = M_k / M,$$

где M_k – масса «ключевого компонента», вносимого в смесь; M – полная масса смеси.

После определения разницы между практическим и теоретическим значениями в каждой точке замера вычисляется коэффициент вариации K_v .

Коэффициент смешивания K показывает количественное содержание «ключевого компонента» в различных точках готовой смеси по отношению к возможному содержанию при теоретическом распределении K_r , т.е.

$$K = 1 - K_v.$$

Захват груза шнековый рабочий орган осуществляет в процессе вращательного движения. Его внедрение в массив исходных компонентов органоминерального компоста происходит за счёт поступательного движения, одновременно с погрузчиком. Таким образом, шнековый рабочий орган является движущейся механической системой. Движение каждой точки осуществляется в плоской (двухмерной) системе координат (рис. 3) и описывается следующей системой параметрических уравнений:

$$\begin{cases} X = \frac{D_r}{2} \cos(\varphi_0 + \omega t) + v_{н.с} t; \\ Y = \frac{D_r}{2} \sin(\varphi_0 + \omega t), \end{cases} \quad (1)$$

где D_r – диаметр окружности, описываемой рассматриваемой точкой, м; φ_0 – начальный угол поворота точки; ω – угловая скорость вращения рабочего органа, рад/с; $v_{н.с}$ – поступательная скорость рабочего органа (погрузчика), м/с; t – время, с.

Траектория движения точки имеет вид циклоидальной кривой ввиду того, что скорость вращения рабочего органа выше поступательной скорости.

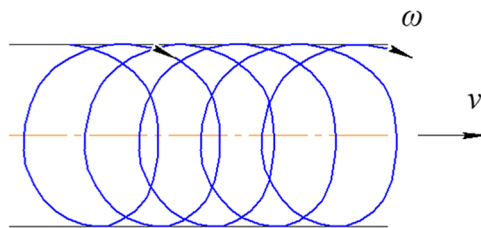


Рис. 3. Траектория движения точки рабочего органа
Fig. 3. Motion trajectory of a working tool point

Объём сегмента, отделяемого каждым зубом в результате суммирования движений, указанных выше, можно определить, как криволинейный цилиндр (рис. 4), ограниченный двумя витками траектории движения (см. рис. 3).

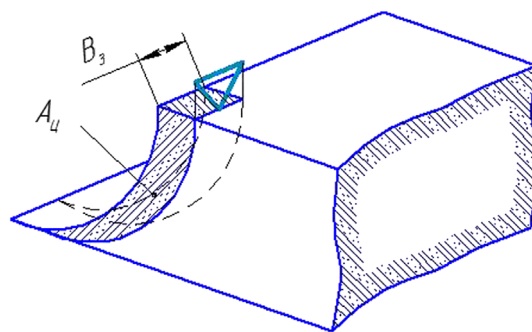


Рис. 4. Криволинейный цилиндр, отделяемый каждым зубом

Fig. 4. Curved cylinder separated by each tooth

Объём криволинейного цилиндра $V_{ц}$ можно определить, как произведение ширины зуба $B_з$ на площадь проекции $A_{ц}$ отделяемого цилиндра на плоскость, перпендикулярную оси вращения рабочего органа:

$$V_{ц} = B_з A_{ц}. \quad (2)$$

На основании имеющейся системы параметрических уравнений (1) площадь проекции $A_{ц}$ определяем по выражению:

$$A = \pm \int_0^T Y(t) X'(t) dt, \quad (3)$$

где $X'(t)$ – первая производная от координаты X по времени. Знак «+» выбирается в случае, если кривая положительно ориентирована, т.е. при обходе кривой область остаётся слева, знак «-» в другом случае.

Для системы (1) и в соответствии с рисунком 4 решение интеграла (3) будет иметь следующий вид:

$$A_{ц} = D_r^2 \frac{\omega t}{4} - \frac{D_r^2}{16} \sin(2\omega t) + \frac{v_{н.с} D_r}{2\omega} \cos(\omega t). \quad (4)$$

Время t находится в диапазоне $0 < t < \frac{1}{2n}$, где n – частота вращения, с⁻¹.

Такое ограничение связано с тем, что работающей является не более чем половина витка циклоиды.

Таким образом, объём криволинейного цилиндра, отделяемого зубом, будет определяться:

$$V_{\text{ц}} = [D_p^2 \frac{\omega t}{4} - \frac{D_p^2}{16} \sin(2\omega t) + \frac{v_{\text{н.с.}} D_p}{2\omega} \cos(\omega t)] B_3. \quad (5)$$

Используя выражение (5) можем определить значения конструктивных параметров, входящих в его состав.

Результаты и обсуждение. Шнековый рабочий орган отгружает суммарную массу компонентов, которая подаёт в него за счёт поступательного движения погрузчика-смесителя и из бункера. Производительность смешивания (кг/с) – это масса компоста, состоящая из перемешанных компонентов и отгружаемых рабочим органом в единицу времени.

Производительность подачи за счёт поступательного движения погрузчика-смесителя:

$$Q_{\text{п}} = \rho_{\text{к}} A_{\text{к}} v_{\text{н.с.}}, \quad (6)$$

где $\rho_{\text{к}}$ – средняя плотность компоста, кг/м³; $A_{\text{к}}$ – площадь поперечного сечения бурта компоста, м²; $v_{\text{н.с.}}$ – поступательная скорость погрузчика-смесителя, м/с.

Для отгрузки рабочий орган, совершая вращательное движение, перемещает поступившую массу компоста к транспортеру. Зубья рабочего органа производят отделение частей компоста от бурта и подают их к винтовой поверхности шнекового рабочего органа.

Производительность отделения массы компоста одним зубом определяют следующим образом:

$$Q_{\text{з}} = V_{\text{з}} \rho_{\text{к}} / t, \quad (7)$$

где t – время, за которое осуществляется отделение массы компоста одним зубом, с.

Подставляя значение объема $V_{\text{з}}$, получим:

$$Q_{\text{з}} = \rho_{\text{к}} [D_p^2 \frac{\omega t}{4} - \frac{D_p^2}{16} \sin(2\omega t) + \frac{v_{\text{н.с.}} D_p}{2\omega} \cos(\omega t)] B_3 / t. \quad (8)$$

При высоте бурта компоста, равной диаметру шнека, время отделения составит:

$$t = 1 / (2n) = \pi / \omega, \quad (9)$$

где n – частота вращения шнека, с⁻¹.

При меньшей высоте бурта компоста время отделения будет определяться величиной центрального угла ψ , рад, сторонами которого будут являться радиусы, проведённые через верхнюю и нижнюю точки бурта. Общую производительность отделения массы компоста определяют с учётом количества зубьев $z_{\text{з}}$, одновременно участвующих в процессе:

$$Q = z_{\text{з}} \rho_{\text{к}} [D_p^2 \frac{\omega t}{4} - \frac{D_p^2}{16} \sin(2\omega t) + \frac{v_{\text{н.с.}} D_p}{2\omega} \cos(\omega t)] B_3 (\omega / \pi). \quad (10)$$

Общая производительность отделения должна быть равна производительности подачи компоста:

$$\rho_{\text{к}} A_{\text{к}} v_{\text{н.с.}} = z_{\text{з}} \rho_{\text{к}} [D_p^2 \frac{\omega t}{4} - \frac{D_p^2}{16} \sin(2\omega t) + \frac{v_{\text{н.с.}} D_p}{2\omega} \cos(\omega t)] B_3 (\omega / \pi). \quad (11)$$

Анализ выражения (11) показывает, что обе части содержат плотность компоста $\rho_{\text{к}}$. Сокращая плотности,

можно сделать вывод, что для обоснования режимов работы необходимо обеспечить равенство объёмов компоста, поступающего за счет скорости погрузчика-смесителя, и объёма, отделяемого зубьями рабочего органа:

$$A_{\text{к}} v_{\text{н.с.}} = z_{\text{з}} [D_p^2 \frac{\omega t}{4} - \frac{D_p^2}{16} \sin(2\omega t) + \frac{v_{\text{н.с.}} D_p}{2\omega} \cos(\omega t)] (B_3 / t). \quad (12)$$

Выражения (11) и (12) связывают между собой диаметр рабочего органа по отделяющим зубьям, поступательную скорость погрузчика и угловую скорость шнекового рабочего органа, а также позволяют обосновать данные параметры. Решение данного уравнения относительно поступательной скорости погрузчика-смесителя имеет вид:

$$v_{\text{н.с.}} = \frac{z_{\text{з}} B_3 t \left(D_p^2 \frac{\omega t}{4} - \frac{D_p^2}{16} \sin(2\omega t) \right)}{A_{\text{к}} - \frac{D_p}{2\omega} \cos(\omega t) z_{\text{з}} B_3 t}. \quad (13)$$

Аналогично, преобразуя выражение (10), выражая время через угловую скорость, можно получить выражение для обоснования угловой скорости:

$$\frac{Q_{\text{п}}}{z_{\text{з}} B_3 \rho_{\text{к}}} = D_p^2 \frac{\omega^2 t}{4} - \frac{D_p^2 \omega}{16} \sin(2\omega t) + \frac{v D_p}{2} \cos(\omega t). \quad (14)$$

Анализ выражения (14) показывает, что производительность и угловая скорость связаны квадратным уравнением. Однако наличие тригонометрических функций, также зависящих от угловой скорости, позволяет решать данное уравнение численными методами.

Производительность процесса транспортирования отделённой массы компоста винтовой поверхностью шнекового рабочего органа, возможно рассмотреть, как работу винтового конвейера. Данная задача решена в ряде работ [13, 14]. В этом случае винтовая поверхность шнекового рабочего органа должна обеспечивать транспортирование всей поступившей на неё массы компоста. Анализ выше указанных работ показывает, что при частоте вращения рабочего органа, соответствующей рабочим режимам отделения, винтовая поверхность шнекового рабочего органа полностью отгружает поступившую массу.

В выражении для производительности процесса транспортирования необходимо учесть снижение пропускной способности шнека от стоек зубьев:

$$Q = k_{\text{с}} \rho \frac{\pi (D^2 - D_{\text{вн.г}}^2)}{4} \cdot k_{\text{н}} \frac{p n}{60} = k_{\text{с}} \rho \frac{D^3}{8} k_{\text{р}} k_{\text{пп}} \omega, \quad (15)$$

где $k_{\text{с}}$ – коэффициент, учитывающий сопротивление движению груза от стоек, на которых установлены зубья; $D_{\text{вн.г}}$ – внутренний диаметр поперечного сечения потока груза, м; $k_{\text{н}}$ – коэффициент скорости, характеризующий отставание груза от теоретической скорости движения винтовой поверхности (это происходит из-за действия центробежной силы, которая отбрасывает частицы груза от винта, прижимая к стенкам кожуха. Силами трения о стенки кожуха груз притормаживается и отстаёт в своём движении от винтовой поверхности, т.е. вращается с меньшей угловой скоростью, чем угловая скорость винта, значение коэффициента определяют экспериментально); $k_{\text{пп}}$ – коэффициент производительности, равный произведению коэффициентов заполнения межвиткового пространства $k_{\text{в}}$ и скорости $k_{\text{н}}$

(физическая сущность коэффициента заполнения заключается в определении соотношения между теоретическим объёмом межвиткового пространства шнекового рабочего органа и практическим его заполнением при работе шнека. Теоретическое определение k_v очень сложно, поэтому по аналогии со шнеками для зерна (по В.В. Красникову) его определяют экспериментально).

Сущность нового коэффициента k_c заключается в том, что стойки, на которых установлены зубья, перекрывают свободное сечение шнека и создают сопротивление перемещению компоста винтовой поверхностью. Величина этого коэффициента может быть представлена как отношение площади поперечного сечения потока компоста в шнеке $A_{ш}$, м², к площади, занимаемой в поперечном сечении стойками A_c , м²:

$$k_c = \frac{A_{ш}}{A_c} = \frac{0,25\pi(D^2 - D_{вн.г}^2)}{z_c(D - D_{вн.г})b_c}, \quad (16)$$

где z_c и b_c – количество и ширина стоек в данном сечении.

Проведённые теоретические исследования позволили установить зависимости для определения основных конструктивных и технологических параметров рабочего органа погрузчика-смесителя органоминерального компоста: диаметр по внешним зубьям, поступательную скорость погрузчика, угловую скорость вращения шнекового рабочего органа, количество зубьев. Получены зависимости для определения производительности транспортирования и подачи.

На основании теоретических данных был изготовлен опытный образец погрузчика-смесителя органоминерального компоста, который проходил испытания в полевых условиях и подтвердил теоретические расчеты по обоснованию оптимальных конструктивных и режимных параметров рабочих органов [15, 16].

Выводы

Экспериментально установлено, что максимальная производительность, равная 39 кг/с, обеспечивается при поступательной скорости погрузчика-смесителя 0,05 м/с, высоте зубьев над наружной кромкой шнека 40...50 мм и частоте вращения шнека 175...215 мин⁻¹, что соответствует кинематическому параметру $\lambda = 360...440$. Максимальное значение коэффициента смешивания, равное 0,96, определяется диапазоном частоты вращения 225...250 мин⁻¹ и поступательной скоростью 0,05 м/с.

Библиографический список

1. Pavlov P.I., Demin E.E., Khakimzyanov R.R., Levchenko G.V., Vezirov A.O. Mechanization of soil preparation for greenhouses. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*. 2018; 9(3): 1023-1030.
2. Линник Н.К. Совершенствование технологии приготовления органических удобрений // Техника в сельском хозяйстве. 1995. № 6. С. 22-23.
3. Ajeet Kumar Rai, Sarfarajahamadidrisi and Shahbaz Ahmad, An Experimental Study of Forced Convection Green House Drying. *International Journal of Advanced Research in Engineering & Technology (IJARET)*. 2013; 4(5): 10-16

4. Ansari Md. Asif Md Riyasat Prof. J.G. Rana, Ms Vijayshree A More Dr. S.A. Naveed, Green House Monitoring Based on Zigbe. *International journal of Computer Engineering & Technology (IJCET)*. 2012; 3(3): 147-154.

5. Ерохин М.Н., Казанцев С.П., Демин Е.Е. Подъёмно-транспортные машины. М.: Колос-С, 2010. 335 с.

6. Павлов П.И., Медведев С.Л., Везилов А.О. Погрузчик-смеситель почвы для теплиц // Сельский механизатор. 2013. № 9. С. 40.

7. Рабочий орган погрузчика-смесителя: патент РФ № 117906, МПК В65G 67/24, В65G 65/22 / П.И. Павлов, Г.В. Левченко, А.О. Везилов, И.Л. Дзюбан; № 2012114293/11; заявл. 05.03.2012; опубл. 10.07.2012, бюл. № 19. 1 с.

8. Погрузчик-смеситель органоминерального компоста: патент РФ № 119337, МПК В65G 65/22, А01С 3/04 / А.О. Везилов, И.Л. Дзюбан, П.И. Павлов; № 2012114293/11; заявл. 11.04.2012; опубл. 20.08.2012, бюл. № 23. 2 с.

9. Дубинин В.Ф., Павлов П.И., Хитрова Н.В. Шнекофрезерный питатель погрузчика органических удобрений // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2000. № 10. С. 14-15.

10. Павлов П.И., Хакимзянов Р.Р. Погрузчик органических удобрений // Сельский механизатор. 2001. № 2. С. 48.

11. Артюшин А.А., Пуговкина Н.П., Малыгина Л.М. Предпосылки оценки системы «навоз – органическое удобрение – поле» // Техника в сельском хозяйстве. 1990. № 2. С. 59-65.

12. Везилов А.О. Повышение эффективности технологического процесса приготовления почвенных смесей путём обоснования конструктивно-режимных параметров погрузчика-смесителя: дис. ... канд. техн. наук. Саратов, 2013. 126 с.

13. Листопад Г.Е. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. М.: Агропромиздат, 1986. 688 с.

14. Хитрова Н.В. Повышение эффективности погрузки органических удобрений погрузчиком непрерывного действия и обоснование параметров шнекофрезерного питателя: дис. ... канд. техн. наук. Саратов, 1997. 156 с.

15. Дзюбан И.Л., Павлов П.И. Результаты исследований производительности погрузчика-смесителя органоминерального компоста // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2014. № 7. С. 35-37.

16. Павлов П.И., Дзюбан И.Л. Результаты исследования степени смешивания погрузчика-смесителя для приготовления органоминерального компоста // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2014. № 8. С. 50-51.

References

1. Pavlov P.I., Demin E.E., Khakimzyanov R.R., Levchenko G.V., Vezirov A.O. Mechanization of soil preparation for greenhouses. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*. 2018; 9(3): 1023-1030. (In English)
2. Linnik N.K. Sovershenstvovanie tekhnologii prigotovleniya organicheskikh udobreniy [Improving the production methods of organic fertilizers]. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve*, 1995; 6: 22-23 (In Russian).
3. Ajeet Kumar Rai, Sarfarajahamadidrisi and Shahbaz Ahmad, An Experimental Study of Forced Convection Green House Drying. *International Journal of Advanced Research*

in *Engineering & Technology (IJARET)*. 2013; 4(5): 10-16. (In English)

4. Ansari Md. Asif Md Riyasat Prof. J.G. Rana, Ms Vijayshree A **More Dr. S.A.** Naveed, Green House Monitoring Based on Zigbe. *International journal of Computer Engineering & Technology (IJCET)*. 2012; 3(3): 147-154. (In English)

5. Erokhin M.N., Kazantsev S.P., Demin Ye.Ye. Pod'emno-transportnye mashiny [Cargo handling machines]. Moscow, Kolos-S, 2010: 335. (In Russian).

6. Pavlov P.I., Medvedev S.L., Vezirov A.O. Pogruzchik-smesitel' pochvy dlya teplits [Soil loading mixer for greenhouses]. *Sel'skiy mekhanizator*, 2013; 9: 40 (In Russian).

7. Pavlov P.I., Levchenko G.V., Vezirov A.O., Dzyuban I.L. Rabochiy organ pogruzchika – smesitelya [Actuator of a loading mixer]: Patent RF No. 117906, 2012 (In Russian).

8. Vezirov A.O., Dzyuban I.L., Pavlov P.I. Pogruzchik-smesitel' organomineral'nogo komposta [Loading mixer of activated compost]: Patent RF No. 119337, 2012 (In Russian).

9. Dubinin V.F., Pavlov P.I., Khitrova N.V. Shnekofrezerniy pitatel' pogruzchika organicheskikh udobreniy [Auger-type cutting feeder of a loading machine for organic fertilizers]. *Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny*, 2000; 10: 14-15 (In Russian).

10. Pavlov P.I., Khakimzyanov R.R. Pogruzchik organicheskikh udobreniy [Loading machine for organic fertilizers]. *Sel'skiy mekhanizator*, 2001; 2: 48 (In Russian).

11. Artyushin A.A., Pugovkina N.P., Malykhina L.M. Predposylki otsenki sistemy "navoz – organicheskoe udobrenie – pole" [Grounds for assessing the "manure – organic

fertilizer – field" system]. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve*, 1990; 2: 59-65 (In Russian).

12. Vezirov A.O. Povysheniye effektivnosti tekhnologicheskogo protsessa prigotovleniya pochvennykh smesey putem obosnovaniya konstruktivno-rezhimnykh parametrov pogruzchika-smesitelya [Improving the efficiency of the technological process of soil mixture preparation through the determination of design and operating parameters of a loading mixer]. PhD (Eng) thesis, Saratov, 2013, 126. (In Russian).

13. Listopad G.E. Sel'skokhozyaystvennyye i meliorativnyye mashiny [Agricultural and land-improvement machinery]. Moscow, Agropromizdat, 1986: 688. (In Russian).

14. Khitrova N.V. Povysheniye effektivnosti pogruzki organicheskikh udobreniy pogruzchikom nepreryvnogo deystviya i obosnovaniye parametrov shnekofrezernogo pitatelya [Improving the loading efficiency of organic fertilizers with the use of continuously-operated loader and determination of parameters of an auger-type cutting feeder]. PhD (Eng) thesis, Saratov, 1997, 156 p. (In Russian)

15. Dzyuban I.L., Pavlov P.I. Rezul'taty issledovaniy proizvoditel'nosti pogruzchika-smesitelya organomineral'nogo komposta [Results of studies on the performance efficiency of a loading mixer of activated compost]. *Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta im. N.I. Vavilova*, 2014; 7: 35-37 (In Russian).

16. Pavlov P.I., Dzyuban I.L. Rezul'taty issledovaniya stepeni smeshivaniya pogruzchika-smesitelya dlya prigotovleniya organomineral'nogo komposta [Results of studying the mixing quality of a loading mixer used for the preparation of activated compost]. *Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta im. N.I. Vavilova*, 2014; 8: 50-51 (In Russian).

Критерии авторства

Павлов П.И., Дзюбан И.Л., Везилов А.О. выполнили экспериментальную работу, на основании полученных результатов провели обобщение и написали рукопись. Павлов П.И., Дзюбан И.Л., Везилов А.О. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 3.10.2019

Опубликована 20.12.2019

Contribution

Pavlov P.I., Dzyuban I.L., Vezirov A.O. carried out the experimental work, summarized the material based on the experimental results, and wrote the manuscript. Pavlov P.I., Dzyuban I.L., Vezirov A.O. have copyrights for the paper and are responsible for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on October 3, 2019

Published 20.12.2019

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОРТИРОВОЧНОГО УСТРОЙСТВА ПРИ ОЧИСТКЕ СЕМЯН ЛЮЦЕРНЫ

ЛИ АФАНАСИЙ, докт. техн. наук, старший научный сотрудник¹

E-mail: as_lee@mail.ru

АЛДОШИН НИКОЛАЙ ВАСИЛЬЕВИЧ, докт. техн. наук, профессор²

E-mail: cxm.msau@yandex.ru

ПЛЯКА ВАЛЕРИЙ ИВАНОВИЧ, канд. техн. наук, доцент²

E-mail: cxm.msau@yandex.ru

¹ Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства; 100000, Узбекистан, г. Ташкент, ул. Кары Ниязова, 39

² Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

Целью исследования являлось повышение эффективности работы диэлектрического сортировочного устройства для очистки семян люцерны путём совершенствования конструкции дозатора очищаемого вороха. С помощью общих законов механики, математического моделирования и статистики выполнены теоретические исследования по моделированию движения вороха в диэлектрическом сортировочном устройстве при очистке семян люцерны. Компоненты вороха семян люцерны имеют различные технологические свойства, что определяет различие их траекторий при движении в устройстве. Определены условия отрыва и характер движения частицы семенного вороха по кожуху и скатной доске. Установлено, что при диаметре барабана 120 мм и угловой скорости 5,22 рад/с угол отрыва частицы семенного вороха от поверхности дозирующего барабана будет равен 80°. Поэтому дозируемый ворох необходимо локализовать и направлять на поверхность диэлектрического барабана с помощью дополнительного приспособления, состоящего из кожуха и скатной доски. Для этих условий с целью обеспечения равномерной подачи очищаемого вороха на диэлектрический барабан сортировочного устройства определены координаты соединения кожуха со скатной доской: $x_c = 24,63$ мм и $y_c = -58,02$ мм, при этом угол наклона скатной доски к горизонтальной плоскости составит $\alpha = \arctg 0,4245$.

Ключевые слова: семена люцерны, бобы, диэлектрическое сортировочное устройство, дозатор.

Формат цитирования: Ли А., Алдошин Н.В., Пляка В.И. Моделирование работы диэлектрического сортировочного устройства при очистке семян люцерны // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2019. № 6(94). С. 10-13. DOI: 10.34677/1728-7936-2019-6-10-13.

MODELING THE OPERATION OF A DIELECTRIC SORTING DEVICE FOR THE PURIFICATION OF ALFALFA SEEDS

AFANASIY LI, DSc (Eng), Senior Research Engineer¹

E-mail: as_lee@mail.ru

NIKOLAI V. ALDOSHIN, DSc (Eng), Professor²

E-mail: cxm.msau@yandex.ru

VALERYI. PLYAKA, PhD (Eng), Associate Professor²

E-mail: cxm.msau@yandex.ru

¹ Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers; 100000, Uzbekistan, Tashkent, Kara Niyazova Str., 39

² Russian Timiryazev State Agrarian University; 127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49

The study aimed at increasing the efficiency of a dielectric sorting device for cleaning alfalfa seeds by improving the design of a cleaned heap batcher. Using the general laws of mechanics, mathematical modeling and statistics, the authors carried out theoretical studies to model the movement of a heap in a dielectric sorting device when cleaning alfalfa seeds. The components of the heap of alfalfa seeds have various technological properties, which determine the difference in their trajectories during their movement inside the device. The authors determined separation conditions and the travel pattern of seed heap components passing through a casing and a chute board. It was found that at a drum diameter of 120 mm and an angular velocity of 5.22 rad/s, the separation angle of the seed heap components from the metering drum surface will amount to 80°. Therefore, the metered heap must be localized and directed to the dielectric drum

surface using an additional device consisting of a casing and a chute board. Under these conditions, in order to ensure uniform supply of the cleaned heap to the dielectric drum of a sorting device, the connection coordinates of the casing with the chute board were determined as: $x_c = 24.63$ mm and $y_c = -58.02$ mm, while the inclination angle of the chute board to the horizontal plane is $\alpha = \arctg 0.4245$.

Key words: alfalfa seeds, beans, dielectric sorting device, metering device.

For citation: Li A., Aldoshin N.V., Plyaka V.I. Modeling the operation of a dielectric sorting device for the purification of alfalfa seeds. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*. 2019; 6(94): 10-13. DOI: 10.34677/1728-7936-2019-6-10-13 (In Rus.).

Введение. В сельскохозяйственном производстве проводятся широкомасштабные мероприятия по снижению затрат труда и энергии, экономии ресурсов, переработки сельскохозяйственной продукции на основе прогрессивных технологий и разработки энергосберегающих машин, в частности, особое внимание уделяется разработкам новых технических средств, обеспечивающих качественное выполнение технологических процессов очистки семян люцерны при минимальных затратах материальных средств. В этом направлении важным считается разработка диэлектрического сортировочного устройства, позволяющего очистить семена люцерны от карантинных включений.

Учитывая, что на сегодняшний день «...более 30 млн гектаров засевают люцерной по всему миру», то важна разработка энергосберегающих технологий и технических средств, направленных на снижение безвозвратных потерь семян при уборке и повышение качественной переработки семенного вороха. В этом аспекте разработка сортировочного устройства для очистки семян люцерны и внедрение его в сельскохозяйственное производство является важной и востребованной задачей.

Цель исследований – повышение эффективности работы диэлектрического сортировочного устройства для очистки семян люцерны, путем совершенствования конструкции дозатора очищаемого вороха.

Материал и методы. Теоретические исследования выполнены с использованием общих законов механики, математического моделирования и статистики.

Результаты и обсуждение. В результате периодических воздействий дозатора на ограничитель часть семенного вороха из бункера попадает в пространство между барабаном и кожухом. Ворох движется по желобкам дозирующего барабана с угловой скоростью ω (рис. 1).

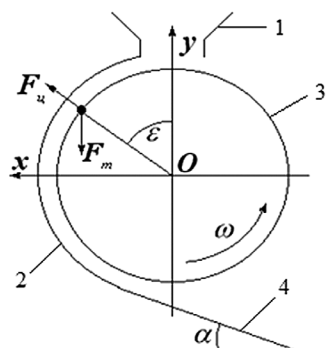


Рис. 1. К определению условий отрыва частицы семенного вороха:

1 – бункер; 2 – кожух; 3 – барабан дозатора; 4 – скатная доска

Fig. 1. Determination of the separation conditions of seed heap components:

1 – a hopper; 2 – a casing; 3 – a measuring drum; 4 – a chute board

Семенной ворох, находящийся в желобках дозирующего барабана, будем рассматривать как частицу с массой m . Тогда при движении частицы по кромке дозирующего барабана на неё действуют центробежная сила F_u и сила тяжести F_T [1, 2].

Отрыв частицы семенного вороха от поверхности дозирующего барабана произойдёт при условии [3, 4]:

$$F_u \geq F_T \cos \varepsilon, \tag{1}$$

где F_u – центробежная сила, Н; F_T – сила тяжести, Н; ε – угол отрыва частицы семенного вороха, градус.

После подстановки соответствующих выражений в формулу (1) получим следующее неравенство:

$$m \frac{d}{2} \omega^2 \geq mg \cos \varepsilon, \tag{2}$$

где g – ускорение свободного падения, m/c^2 .

После преобразования неравенство (2) примет вид:

$$\cos \varepsilon \leq \frac{d \omega^2}{2g}. \tag{3}$$

Отсюда угол отрыва частицы семенного вороха от поверхности дозирующего барабана равен:

$$\varepsilon \geq \arccos \frac{d \omega^2}{2g} \text{ или } \varepsilon = \arccos \frac{d \omega^2}{2g}. \tag{4}$$

При известных значениях входящих параметров $d = 120$ мм и $\omega = 5,22$ рад/с угол отрыва частицы семенного вороха от поверхности дозирующего барабана равен 80° .

Следовательно, целесообразно дозируемый ворох локализовать, т.е. улавливать и направлять на поверхность диэлектрического барабана с помощью дополнительного приспособления – кожуха со скатной доской. Необходимо определить координаты соединения кожуха со скатной доской.

Определим время t_o движения частицы семенного вороха вместе с дозирующим барабаном:

$$t_o = \frac{\varepsilon}{\omega}. \tag{5}$$

При достижении частицы вороха угла отрыва ε она отрывается от поверхности дозирующего барабана и переходит в свободный полёт с начальной скоростью $\omega \frac{d}{2}$ и через некоторое время падает на поверхность кожуха. Радиус кожуха составляет:

$$r_k = \left(\frac{d}{2} + b \right) / \cos \alpha_o. \tag{6}$$

При известных значениях входящих параметров: $d = 120$ мм, $b = 3$ мм и $\alpha_o = 2^\circ$ радиус кожуха равен: $r_k = 63,04$ мм.

Систему прямоугольных координат Oxy проведём так, чтобы начало системы совпало с центром дозирующего барабана, ось ординаты направлена вертикально вверх, а ось абсцисс горизонтально по направлению движения частицы. Тогда уравнения движения частицы вороха можно записать в следующем виде:

$$\begin{cases} \ddot{x} = 0 \\ \ddot{y} = -g. \end{cases} \quad (7)$$

Решая дифференциальное уравнение (7), получим уравнение, описывающее движение частицы семенного вороха в свободном полете:

$$\begin{cases} x = C_1 t + C_2 \\ y = -g \frac{t^2}{2} + C_3 t + C_4. \end{cases} \quad (8)$$

Начальными условиями для решения дифференциального уравнения являются:

$$\begin{cases} x(0) = \frac{d}{2} \sin \varepsilon \\ y(0) = \frac{d}{2} \cos \varepsilon \\ \dot{x}(0) = \frac{d}{2} \omega \cos \varepsilon \\ \dot{y}(0) = -\frac{d}{2} \omega \sin \varepsilon. \end{cases} \quad (9)$$

Используя начальные условия, найдём решения дифференциальных уравнений движения частицы вороха после отрыва её от поверхности дозирующего барабана в направлении кожуха.

$$\begin{cases} x = \frac{d}{2} \omega t \cos \varepsilon + \frac{d}{2} \sin \varepsilon \\ y = -g \frac{t^2}{2} - \frac{d}{2} \omega t \sin \varepsilon + \frac{d}{2} \cos \varepsilon. \end{cases} \quad (10)$$

Частица вороха достигнет поверхности кожуха в тот момент времени t_k , когда ее координаты будут удовлетворять уравнению:

$$x^2 + y^2 = r_k^2. \quad (11)$$

Дифференцируя уравнения из (10), получим:

$$\begin{cases} \dot{x} = \frac{d}{2} \omega \cos \varepsilon \\ \dot{y} = -gt - \frac{d}{2} \omega \sin \varepsilon. \end{cases} \quad (12)$$

Для определения t_k необходимо подставить выражения из (10) в формулу (11). Полученное алгебраическое уравнение 4-й степени можно решить численными методами. В качестве решения нужно выбирать положительный наименьший корень. Подставляя значение t_k в формулы (10), определим координаты (x_k, y_k) точки кожуха, с которой начнётся движение частицы по поверхности кожуха. На частицу вороха действуют: центробежная сила F_u , сила тяжести F_m и сила трения F_{mp} (рис. 2).

Путь S движения частицы вороха по поверхности кожуха от точки (x_k, y_k) до точки (x_c, y_c) , в которой кожух

плавно переходит в скатную доску, связан с углом ε , следующей формулой:

$$s = r_k (\varepsilon_1 - \varepsilon_2), \quad (13)$$

где $\varepsilon_1 \leq \varepsilon_i \leq \varepsilon_2$, $\varepsilon_1 = \arctg \frac{x_k}{y_k}$, $0 < \varepsilon_1 \leq \pi$,

$$\varepsilon_2 = \arctg \frac{x_c}{y_c} \quad 0 < \varepsilon_2 \leq \pi,$$

$$F_T = mg, \quad (14)$$

$$F_u = m \frac{\dot{s}^2}{r_k}, \quad (15)$$

$$F_{mp} = (F_u - F_T \cos \varepsilon_i) f, \quad (16)$$

где f – коэффициент трения частицы семенного вороха по поверхности кожуха и скатной доски.

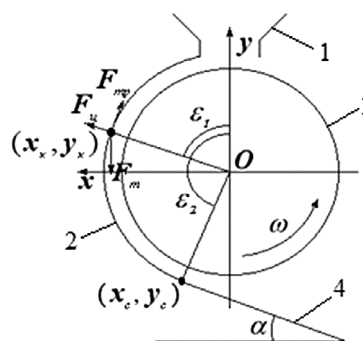


Рис. 2. К определению движения частицы по кожуху и скатной доске
1 – бункер; 2 – кожух; 3 – барабан дозатора; 4 – скатная доска

Fig. 2. Determination of a particle travel pattern along the casing and the chute board:
1 – a hopper; 2 – a casing; 3 – a dispenser drum; 4 – a chute board

Из формулы (13) следует:

$$\varepsilon_i = \frac{s + r_k \varepsilon_1}{r_k}. \quad (17)$$

Тогда уравнение движения запишется следующим образом:

$$m\ddot{s} = F_T \sin \varepsilon_i - F_{mp}. \quad (18)$$

Учитывая формулы (14) – (17), получим дифференциальное уравнение движения частицы по кожуху:

$$\ddot{s} = g \left(\sin \frac{s + r_k \varepsilon_1}{r_k} + f \cos \frac{s + r_k \varepsilon_1}{r_k} \right) - f \frac{\dot{s}^2}{r_k}. \quad (19)$$

Начальные условия найдём, согласно формулам (12) и (13):

$$\begin{cases} s(0) = 0 \\ \dot{s}(0) = \left| \frac{d}{2} \omega \cos \varepsilon \cos \varepsilon_1 + \left(-gt_k - \frac{d}{2} \omega \sin \varepsilon \right) \sin \varepsilon_1 \right|. \end{cases} \quad (20)$$

Решение дифференциального уравнения (19) с начальными условиями (20) аналитически невозможно, поэтому

оно решается численными методами «Рунге-Кутта-Фельберга» с автоматическим выбором шага [5].

Угол установки скатной доски α выбираем из условия его равенства углу трения частицы о скатную доску, т.е. $\operatorname{tg} \alpha = f$.

Тогда уравнение прямой, частью которой является скатная доска, будет выглядеть следующим образом:

$$y = fx + C, \quad (21)$$

где $C < 0$ – неизвестная константа.

В точке касания скатной доски к кожуху нижнеприведённая система должна иметь единственное решение.

$$\begin{cases} y = fx + C \\ x^2 + y^2 = r_k^2 \end{cases} \quad (22)$$

Решаем систему:

$$x^2 + (fx + C)^2 = r_k^2, \quad (23)$$

$$(1 + f^2)x^2 + 2fCx + C^2 - r_k^2 = 0.$$

Дискриминант равен нулю:

$$f^2C^2 - (1 + f^2)(C^2 - r_k^2) = 0, \quad (24)$$

$$C = -r_k \sqrt{1 + f^2}. \quad (25)$$

Подставив значения: $r_k = 63,04$ мм и $f = 0,4245$ в формулу (25), получим значение параметра $C = -68,48$ мм.

Найдём координаты точки (x_c, y_c) :

$$x_c = \frac{-fC}{(1 + f^2)} \text{ и } y_c = fx_c + C. \quad (26)$$

Подставляя значение $C = -68,48$ мм и $f = 0,4245$ в формулу (26), найдём координаты точек:

$$x_c = 24,63 \text{ мм, } y_c = -58,02 \text{ мм.}$$

Полученные значения x_c и y_c позволяют определить точки соединения скатной доски с кожухом дозирующего барабана.

Выводы

Компоненты вороха семян люцерны, в зависимости от массы и размера, отрывающиеся от поверхности дозирующего барабана в каждый момент времени, имеют различные траектории. Поэтому дозируемый ворох необходимо локализовать и направить на поверхность диэлектрического барабана с помощью дополнительного приспособления, состоящего из кожуха со скатной доской.

Критерии авторства

Ли А., Алдошин Н.В., Пляка В.И. выполнили теоретические исследования, на основании полученных результатов провели обобщение и написали рукопись. Ли А., Алдошин Н.В., Пляка В.И. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 1.08.2019

Опубликована 20.12.2019

Полученные значения $x_c = 24,63$ мм и $y_c = -58,02$ мм определяют точки соединения скатной доски с кожухом дозирующего барабана. При этом угол наклона скатной доски к горизонтальной плоскости составит $\alpha = \operatorname{arctg} 0,4245$.

Библиографический список

1. Ли А. Технологические процессы уборки и технические средства очистки семян люцерны. Ташкент: Navroz, 2015. 162 с.
2. Ли А.С., Алланиязов С.У., Хасанов Д. Исследование движения семенного вороха от дозатора до поверхности диэлектрического барабана // Новейшие направления развития аграрной науки в работах молодых учёных: Труды IV Международной научной конференции молодых учёных. Новосибирск, 2010. С. 378-383.
3. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. М.: Наука, 1990. 720 с.
4. Справочник по элементарной математике, механике и физике. М.: Акалис, 1995. 215 с.
5. Дьяконов В.П. Справочник по алгоритмам и программам на языке Бейсик для персональных ЭВМ. М.: Наука, 1987. 239 с.

References

1. Li A. Tekhnologicheskiye protsessy uborki i tekhnicheskiye sredstva ochistki semyan lyutserny [Technological processes of cleaning and technical means of cleaning alfalfa seeds]. Tashkent, 2015: 162. (In Russian)
2. Li A.S., Allaniyazov S.U., Khasanov D. Issledovaniye dvizheniya semennogo vorokha ot dozatora do poverkhnosti dielektricheskogo barabana [Study of the seed heap travel from the metering device to the dielectric drum surface] // Noveyshiye napravleniya razvitiya agrarnoy nauki v rabotakh molodykh uchonykh: Trudy IV Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii molodykh uchenykh. Novosibirsk, 2010: 378-383. (In Russian)
3. Korn G., Korn T. Spravochnik po matematike dlya nauchnykh rabotnikov i inzhenerov [Handbook of mathematics for scientists and engineers]. Moscow, 1990: 720. (In Russian)
4. Spravochnik po elementarnoy matematike, mekhanike i fizike [Handbook of elementary mathematics, mechanics and physics]. Moscow, 1995: 215. (In Russian)
5. D'yakonov V.P. Spravochnik po algoritmam i programam na yazyke Beysik dlya personal'nykh EVM [Reference book on algorithms and programs in BASIC for personal computers]. Moscow, 1987: 239. (In Russian)

Contribution

Li A., Aldoshin N.V., Plyaka V.I. performed theoretical studies, and based on the results obtained, generalized the results and wrote a manuscript. Li A., Aldoshin N.V., Plyaka V.I. have copyrights for the paper and are responsible for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on August 1, 2019

Published 20.12.2019

ОРГАНИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО КАРТОФЕЛЯ РАННЕГО

ГАСПАРЯН ИРИНА НИКОЛАЕВНА, докт. с.-х. наук, доцент

E-mail: irina150170@yandex.ru

ЛЕВШИН АЛЕКСАНДР ГРИГОРЬЕВИЧ, докт. техн. наук, профессор

E-mail: alev200151@rambler.ru

ИВАШОВА ОЛЬГА НИКОЛАЕВНА, старший преподаватель

E-mail: olga300377@yandex.ru

БУТУЗОВ АНТОН ЕВГЕНЬЕВИЧ, старший преподаватель

E-mail: anton.evgenievich.86@yandex.ru

ДЫЙКАНОВА МАРИНА ЕВГЕНЬЕВНА, канд. с.-х. наук, ст. преподаватель

E-mail: dme3@mail.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

Одним из направлений получения чистой экологической продукции является органическое земледелие. Для получения экологически чистой ранней продукции картофеля было изучено использование технологических приёмов в технологии возделывания: укрывание посадок картофеля в начальный период роста, декапитация, проращивание клубней перед посадкой и совместное применение укрывания и проращивания, которые позволяют более полно использовать потенциал самого растения. Агрономическое обоснование технологических приёмов проводилось в 2015-2019 гг. на сорте Удача. Повторность опытов 3-кратная. Схема посадки – 70×35 см. Уборка осуществлялась в 2 срока: 15 июля и 30 июля. Статистическую обработку полученных результатов проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову. Содержание тяжёлых металлов и химический состав определяли по стандартным методикам. Установлено, что при добавлении технологических приёмов в зависимости от сроков уборки урожайность возрастает на 10,2...23,2% в сравнении с контролем. В первый срок уборки минимальная прибавка урожая (10,2%) наблюдалась в варианте с применением проращивания клубней перед посадкой, максимальная прибавка (16,1%) в варианте с сочетанием проращивания и укрывания. При уборке клубней во второй срок тенденция сохранилась, но прибавка была выше и составила от 15,3 до 23,3%. По химическому составу у пяти вариантов опытных образцов клубней картофеля отличий не обнаружено. Подтверждена целесообразность применения технологических приёмов для получения ранней продукции картофеля без изменения химического состава и содержания различных тяжёлых металлов выше допустимых норм.

Ключевые слова: картофель, технологические приёмы, декапитация, световое проращивание, укрывание.

Формат цитирования: Гаспарян И.Н., Левшин А.Г., Ивашова О.Н., Бутузov А.Е., Дыйканова М.Е. Органическая технология возделывания экологически чистого картофеля раннего // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2019. № 6(94). С. 14-18. DOI: 10.34677/1728-7936-2019-6-14-18.

ORGANIC CULTIVATION TECHNOLOGY OF ECOLOGICALLY PURE POTATOES OF EARLY VARIETIES

IRINA N. GASPARYAN, DSc (Eng), Professor

E-mail: irina150170@yandex.ru

ALEKSANDR G. LEVSHIN, DSc (Eng), Professor

E-mail: alev200151@rambler.ru

OLGA N. IVASHOVA, Senior Lecturer

E-mail: olga300377@yandex.ru

ANTON Ye. BUTUZOV, Senior Lecturer

E-mail: anton.evgenievich.86@yandex.ru

MARINA Ye. DYIKANOVA

E-mail: dme3@mail.ru

Russian Timiryazev State Agrarian University; 127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49

One of the technologies of obtaining clean ecological products is organic farming. To obtain environmentally friendly early production of potatoes, the authors analyzed the practical use of such techniques as covering potato plantings in the initial growth period, decapitation, germination of tubers before planting and the combined use of covering and germination, which provide for fuller utilization of the crop growing capacity. Agronomic grounds for the use of technological methods were provided in 2015-2019 for the Udacha variety. The experiments were repeated 3 times. The cropping pattern used was 70×35 cm. Harvesting was carried out in 2 periods: July 15 and July 30. Statistical processing of the results was carried out by B.A. Dospekhov's method of variance analysis. The content of heavy metals and chemical composition was determined by standard methods. It was found that when using the aforementioned technological methods, the yield increases by 10.2...23.2% as compared with the control variant, depending on the dates of harvesting. The minimum increase in yield (10.2%) was observed in the variant with the germination of tubers before planting, the maximum increase (16.1%) in the variant with a combined use of germination and covering. When harvesting tubers in the second period (July 30), the trend remained, but the increase was higher and ranged from 15.3 to 23.3%. As to the chemical composition of the five variants of experimental samples of potato tubers, no differences were found. The study proved the expediency of using the technological methods to obtain early potato yield without changing the chemical composition and ensure the content of various heavy metals within acceptable standards.

Key words: potatoes, technological methods, decapitation, light germination, concealment.

For citation: Gasparyan I.N., Levshin A.G., Ivashova O.N., Butuzov A.Ye., Dyikanova M.Ye. Organic cultivation technology of ecologically pure potatoes of early varieties. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*. 2019; 6(94): 14-18. DOI: 10.34677/1728-7936-2019-6-14-18 (In Rus.).

Введение. Одним из направлений получения чистой экологической продукции является органическое земледелие. Из 230 стран мира органическое земледелие практикуется в 181 стране [1]. В последние годы отмечается устойчивая тенденция роста мирового рынка органических продуктов (с 18 до 97 млрд долл. США по данным [2]). Лидером по объёму рынка органической продукции является США (43%), далее страны ЕС и Китай [3]. Но по потреблению на душу населения лидерами являются европейские страны [4]. Рынок потребления органических продуктов в ЕС быстро растёт, и так как производство уступает темпам потребления, то наиболее перспективным с точки зрения обеспечения является Россия.

В России в 2000 г. органическая продукция на 100% была импортного происхождения [4]. В последние годы рынок экологически безопасной продукции начинает динамично развиваться и составляет примерно 160 млн евро, из них 15...20% составляет отечественная сертифицированная продукция. Сейчас наблюдается устойчивый рост объёма российского рынка (в 2017-2019 гг. – более 10% в год) [1].

Важным моментом органического земледелия является отказ от применения агрохимикатов, пестицидов, стимуляторов роста, за исключением тех, которые разрешены к применению действующими в Российской Федерации национальными, межгосударственными и международными стандартами в сфере производства органической продукции, а также применение для борьбы с вредными объектами только средств биологического происхождения. Но в посадках картофеля в наших условиях развивается большое количество вредителей и болезней, особенно фитофтора [5]. Проблему фитофтороза можно решить за счёт ранней уборки раннеспелых сортов, так как заболевание развивается в нашей зоне во вторую половину лета [6].

Для получения ранней продукции картофеля необходимо использовать технологические приёмы, которые позволяют более полно использовать потенциал самого растения. Потенциальная урожайность картофеля высокая [6, 7] и может достигать, по данным некоторых учёных,

до 1000 т/га. А в последние годы создаются сорта, имеющие более высокую потенциальную урожайность.

Авторами исследованы различные технологические приёмы, которые способствуют получению высоких урожаев без дополнительных затрат на дорогостоящие удобрения и различные пестициды. Технологический приём декапитация (удаление верхушки растений), позволяет увеличить общую листовую поверхность, которая впоследствии влияет на урожайность [8]. Другие приёмы, как проращивание клубней на свету и временное укрывание картофеля после ее посадки способствуют получению более ранней продукции (15 июля вместо 1 августа), что очень важно для обеспечения продовольственной безопасности нашей страны.

Цель исследований – изучение технологических приёмов в условиях Московской области для получения высококачественной ранней продукции.

Материал и методы. Агрономическое обоснование технологических приёмов проводили в 2015-2019 гг. на участке лаборатории овощеводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Почвы дерново-подзолистые тяжёлоуглинистые, мощность пахотного слоя 20...22 см, легкогидролизуемого азота 14,0 мг на 100 г почвы, фосфора – 16,0, калия – 20 мг на 100 г почвы.

Повторность опытов 3-кратная. Варианты в опыте были размещены рендомизированным методом. Площадь одной опытной делянки 25 м². Схема посадки 70×35 см. Исследования проводили на сорте Удача. Подобрали пять вариантов: 1 – контроль; 2 – посадка укрывалась нетканым укрывным материалом временно; 3 – декапитация на 14-й день после всходов; 4 – посадочный материал пророщен на рассеянном свету в течение 2-х недель; 5 – посадочный материал пророщен и укрыт укрывным материалом временно (патент № 187437 от 07.12.2018) [9]. Укрывной материал удаляли с посадок после прохождения низких температур (возвращающиеся заморозки наблюдаются в Московской области вплоть до конца 1-й декады июня). Декапитация проводилась устройством для декапитации (патент № 156015 от 03.07.2015 г. или патент № 164714 от 19.02.2016 г.) [7]. Сроки посадки – при прогревании

почвы до 6...8°C. Уборку производили в два срока: 15 июля и 30 июля. Статистическую обработку полученных результатов проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [10]. Содержание тяжёлых металлов и химический состав определяли по стандартным методикам в ВНИИМП имени В.М. Горбатова.

Результаты и обсуждение. Лимитирующим фактором для раннего картофеля является влажность почвы. Влажность почвы в период вегетации в большей степени

обуславливается количеством и распределением осадков. Вегетационные периоды 2015-2018 гг. были благоприятны. В 2019 г. было выпадение осадков в июне и малое их количество в июле, что хорошо сказалось на урожайности (табл.).

Посадка клубней картофеля осуществлена при достижении температуры почвы 7°C. Первоначальный рост и развитие растений прошли при более низкой температуре, которая, по данным учёных, является благоприятной для ранних сортов [11].

Влияние технологических приёмов на урожайность картофеля раннего «Удача» в среднем, 2015-2019 гг.

The influence of technological methods on the productivity of the early potato “Udacha” variety on average, 2015-2019.

Вариант <i>Option</i>	Уборка 15 июля <i>Harvested on July 15</i>		± к контролю ± to <i>the control variant</i>	Уборка 30 июля <i>Harvested on July 30</i>		± к контролю ± to <i>the control variant</i>	% уборки 15.07. к уборке 30.07. % of the 15.07 harvest to the 30.07 harvest
	Средняя масса клубней с одного куста, г <i>Average mass of tubers from one bush, g</i>	Урожайность, т/га <i>Yield, t / ha</i>		Средняя масса клубней с одного куста, г <i>Average mass of tubers from one bush, g</i>	Урожайность, т/га <i>Yield, t / ha</i>		
1	460	21,16	-	620	28,52	-	74,2
2	519	23,87	+12,8	715	32,89	+15,3	72,6
3	528	24,33	+14,9	730	33,58	+17,7	72,5
4	505	23,32	+10,2	724	33,30	+16,7	70,0
5	535	24,56	+16,1	765	35,19	+23,3	69,8
НСР ₀₅	-	1,05	-	-	1,47	-	-

Из таблицы следует, что урожай клубней к середине июля уже сформировался, так как средняя масса клубней с одного куста в контрольном варианте составила 460 граммов. Также отметим, что урожай картофеля к 15 июля сформировался на 69,8...74,2% по всем вариантам. Это указывает на скороспелость сорта. Клубнеобразование у ранних сортов происходит в более ранние сроки, поэтому их хозяйственная ценность выше. По данным Писарева Б.А., ранние сорта начинают образовывать клубни на 10-15-й день после всходов растений, они отличаются более быстрым ростом ботвы и образованием клубней [11]. Результаты эксперимента показывают, что выбор сорта был правильным.

При добавлении технологических приёмов урожайность возрастает на 10,2...16,1% от контроля. Минимальная прибавка урожая (10,2%) наблюдалась в 4-м варианте с проращиванием, максимальная прибавка (16,1%) в варианте с сочетанием проращивания и укрывания. При уборке клубней во второй срок (30 июля) тенденция сохранилась, но прибавка была выше и составила от 15,3 до 23,3%.

Повышение урожайности при укрывании посадок картофеля в начальный период связано со снижением амплитуды колебаний среднесуточных температур в весеннее время, почва быстрее прогревается и клубни быстрее трогаются в рост даже без проращивания. Полноценный рост надземной массы осуществляется при образовании корней. Корни у картофеля образуются при температуре не ниже 7°C.

Отмечено увеличение урожайности в варианте с декапитацией на 14,9% при уборке в первый срок и на 17,7% во второй срок уборки. Приём декапитации способствует

увеличению общей площади листьев за счёт снятия апикального доминирования и образования боковых побегов. Как известно, в листьях образуется органическое вещество, которое в дальнейшем переходит в клубень, и чем больше общая листовая площадь, тем больше органического вещества образуется.

Проращивание – старейший приём подготовки посадочного материала. При проращивании картофеля под влиянием тепла и света ускоряется деятельность ферментов в клубнях и создаётся повышенная концентрация растворимых питательных веществ в зоне расположения глазков. Это стимулирует прорастание почек. Так как высаживались клубни с зелеными глазками, размером 1,0...2,0 см, то при посадке они не повреждались и растения создали мощную корневую систему, развитую ботву, раньше образовали клубни, быстрее достигли зрелости. Увеличение урожайности достигнуто при сочетании проращивания и укрывания и составило в первый срок уборки 16,1%, во второй срок – 23,3%.

Уборка раннего картофеля в условиях Московской области осуществляется в начале августа. Получение продукции картофеля на две недели раньше способствует обеспечению населения отечественной продукцией высокого качества. Из-за ранней уборки также не происходит накопления инфекционного начала фитофторы и других заболеваний [5].

Таким образом, для удовлетворения повышенного спроса и обеспечения населения высококачественной экологически чистой отечественной ранней продукцией картофеля Московского региона возможно использование технологических приёмов, таких как декапитация,

проращивание посадочного материала на рассеянном свете, использование укрывного материала и получение урожая уже в середине июля.

Качество продукции раннего картофеля зависит от химического состава клубней, который зависит от сорта, условий выращивания (климатических, погодных, типа почвы, применяемых удобрений, агротехники возделывания), зрелости клубней, сроков и условий хранения и др. [12]. В среднем картофель содержит: воду (75%) и сухое вещество (25%). Больше всего сухого вещества в зоне сосудистых пучков, его количество уменьшается к периферии и внутренней сердцевине. В основании клубня сухих веществ больше, чем в верхушке.

По химическому составу опытные образцы клубней картофеля у пяти вариантов не отличаются. В основном в образцах содержатся соли калия и фосфора, имеются также натрий, кальций, магний, железо, сера, хлор и микроэлементы: цинк, бром, кремний, медь, бор, марганец, йод, кобальт и др. Распределены минеральные вещества в клубне неравномерно: больше всего их в коре, меньше – в наружной сердцевине, в верхушечной части больше, чем в основании.

Выводы

Для удовлетворения повышенного спроса и обеспечения населения высококачественной экологически чистой отечественной ранней продукцией картофеля Московского региона возможно использование технологических приёмов. Так, при добавлении технологических приёмов, в зависимости от сроков уборки, урожайность возрастает на 10,2...23,2% в сравнении с контролем. В первый срок уборки (15 июля) минимальная прибавка урожая 10,2% наблюдалась в варианте с применением проращивания клубней перед посадкой, максимальная –16,1% – в варианте с сочетанием проращивания и укрывания. При уборке клубней во второй срок (30 июля) тенденция сохранилась и составила от 15,3 до 23,3%. Применение технологических приёмов позволяет получить раннюю продукцию картофеля без изменения химического состава и содержания различных тяжёлых металлов выше допустимых норм.

Библиографический список

1. Органическое сельское хозяйство России в преддверии вступления в силу закона об органической продукции: информ. изд. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 48 с.
2. Организация органического сельскохозяйственного производства в России: информ. изд. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. 124 с.
3. Коршунов С.А., Асатурова А.М., Хомяк А.И., Волкова Г.В. Становление и перспективы органического земледелия в России (обзор) // Картофель и овощи. 2018. № 11. С. 2-8. DOI: 10.25630/PAV.2018.85.11.001
4. Нековаль С.Н., Чурикова А.К., Беляева А.В., Масколенко О.А., Чумаков С.С., Тихонова А.Н. Перспективы производства органической овощной продукции в России // Картофель и овощи. 2018. № 11. С. 14-16. DOI: 10.25630/PAV.2018.93.11.002
5. S. Elansky, A. Smirnov, Y. Dyakov, A. Dolgova, A. Filipov, B. Kozlovsky, I. Kozlovskaya, P. Russo, C. Smart, W. Fry

(2001). Genotypic Analysis of Russian Isolates of *Phytophthora infestans* from the Moscow Region, Siberia and Far East. *Journal of Phytopathology* John Wiley & Sons, Jnl, vol.149, no.10, pp. 605-611. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0434.2001.00642.x>

6. Дыйканова М.Е. Возделывание раннего картофеля: учебное пособие / М.Е. Дыйканова, И.Н. Гаспарян, А.Г. Левшин. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2019. 172 с.

7. A. Levshin, I. Gasparyan, B. Bitsoev, S. Shchigorev. Constructive features of the device to remove the apical shoots of potatoes. 18th International Scientific Conference «Engineering for Rural Development», 22-24.05.2019 Jelgava, LATVIA. Pp. 532-537. [Электронный ресурс]. URL: www.tf.llu.lv/conference/proceedings/2019/

8. Бицоев Б.А., Левшин А.Г., Щиголов С.В., Гаспарян И.Н. Определение параметров режимов работы режущего аппарата устройства для декапитации картофеля // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2019. № 2 (90). С. 24-29. <https://doi.org/10.34677/1728-7936-2019-2-24-29>.

9. Пленкоукладчик для раскладки пленки по гребню при гребневой посадке картофеля: пат. 187437 РФ, А01П 13/02, № 187437 / А.Е. Бутузов, И.Н. Гаспарян, А.Г. Левшин, М.Е. Дыйканова, Ш.В. Гаспарян, А.В. Мельников; заяв. 07.12.2018; опубл. 06.03.2019.

10. Доспехов А.Б. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос, 1985. 416 с.

11. Писарев Б.А. Книга о картофеле. М.: Московский рабочий, 1977. 232 с.

12. Левшин А.Г., Гаспарян И.Н., Дыйканова М.Е., Калилец А.А., Коршунов Р.В., Лобунцов Ф.В., Судденко В.Г. Применение глауконитового песка в технологиях возделывания экологически чистого картофеля раннего: практические рекомендации. М.: МЭСХ, 2019. 32 с.

References

1. Organicheskoye sel'skoye khozyaystvo Rossii v preddverii vstupleniya v silu zakona ob organicheskoy produktsii: inform. izd. [Organic agriculture of Russia on the eve of the entry into force of the law on organic products. Information publication]. Moscow, 2019: 48. (In Russian)
2. Organizatsiya organicheskogo sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva v Rossii: inform. izd. [Organization of organic agricultural production in Russia: Information publication]. Moscow, 2018: 124. (In Russian)
3. Korshunov S.A., Asaturova A.M., Khomyak A.I., Volkova G.V. Stanovleniye i perpektivy organicheskogo zemledeliya v Rossii (obzor) [Formation and prospects of organic farming in Russia (review)]. *Kartofel' i ovoshchi*. 2018; 11: 2-8. DOI: 10.25630/PAV.2018.85.11.001 (In Russian)
4. Nekoval' S.N., Churikova A.K., Belyayeva A.V., Maskolenko O.A., Chumakov S.S., Tikhonova A.N. Perspektivy proizvodstva organicheskoy ovoshchnoy produktsii v Rossii [Prospects for organic vegetable production in Russia]. *Kartofel' i ovoshchi*. 2018; 11: 14-16. DOI: 10.25630/PAV.2018.93.11.002 (In Russian)
5. S. Ylansky, A. Smirnov, Y. Dyakov, A. Dolgova, A. Filipov, B. Kozlovsky, I. Kozlovskaya, P. Russo, C. Smart, W. Fry (2001). Genotypic Analysis of Russian Isolates of *Phytophthora infestans* from the Moscow Region, Siberia and Far East. *Journal*

of *Phytopathology John Wiley & Sons, Jnl*, vol. 149; 10: 605-611. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0434.2001.00642.x> (In English)

6. Dyikanova M.Ye., Gasparyan I.N., Levshin A.G. *Vozde-lyvaniye rannego kartofelya: uchebnoye posobiye* [Cultivation of early potato varieties: Training manual]. Moscow, 2019: 172. (In Russian)

7. Levshin A., Gasparyan I., Bitsoev B., Shchigorev S. Constructive features of the device to remove the apical shoots of potatoes. 18Th International Scientific Conference "Engineering for Rural Development", 22-24.05.2019 Jelgava, LATVIA. 532-537. [Electronic resource]. URL: www.tf.llu.lv/conference/proceedings/2019/ (In Russian)

8. Bitsoev B.A., Levshin A.G., Shchigolev S.V., Gasparyan I.N. *Opredefeniye parametrov rezhimov raboty rezhushchego apparata ustroystva dlya dekapitatsii kartofelya* [Determination of the operating mode parameters of the cutting unit of a device for potato decapitation]. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agro-engineering University*. 2019; 2 (90): 24-29. <https://doi.org/10.34677/1728-7936-2019-2-24-29>. (In Russian)

Критерии авторства

Гаспарян И.Н., Левшин А.Г., Ивашова О.Н., Бутузов А.Е., Дыйканова М.Е. выполнили экспериментальную работу, на основании полученных результатов провели обобщение и написали рукопись. Гаспарян И.Н., Левшин А.Г., Ивашова О.Н., Бутузов А.Е., Дыйканова М.Е. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 11.11.2019

Опубликована 20.12.2019

9. Butuzov A.Ye., Gasparyan I.N., Levshin A.G., Dyikanova M.Ye., Gasparyan Sh.V., Mel'nikov A.V. *Plenkoukladchik dlya raskladki plenki po grebnyu pri grebnevoy posadke kartofelya* [Film-laying machine for laying out the film along the ridge during ridge potato planting]: patent RF 187437 RF, A01P 13/02, No.187437, 2019. (In Russian)

10. Dospikhov A.B. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]. Moscow, 1985: 416. (In Russian)

11. Pisarev B.A. *Kniga o kartofele* [Book about potatoes]. Moscow, 1977: 232. (In Russian)

12. Levshin A.G., Gasparyan I.N., Dyikanova M.Ye., Kalilets A.A., Korshunov R.V., Lobuntsov F.V., Suddenko V.G. *Primeneniye glaukonitovogo peska v tekhnologiyakh vozde-lyvaniya ekologicheskii chistogo kartofelya rannego: prakticheskiye rekomendatsii* [Use of glauconite sand in the technologies of cultivation of environmentally friendly early potato varieties: practical recommendations]. Moscow, 2019: 32. (In Russian)

Contribution

Gasparyan I.N., Levshin A.G., Ivashova O.N., Butuzov A.Ye., Dyikanova M.Ye. carried out the experimental work, on the basis of the results summarized the material and wrote the manuscript. Gasparyan I.N., Levshin A.G., Ivashova O.N., Butuzov A.Ye., Dyikanova M.Ye. have copyrights for the paper and are responsible for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on November 11, 2019

Published 20.12.2019

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ АПК / FARM MACHINERY AND TECHNOLOGIES

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 631.674.42: 628.1

DOI: 10.34677/1728-7936-2019-6-19-22

ПОДПОЧВЕННОЕ ОРОШЕНИЕ ВИНОГРАДНИКОВ КРЫМА ОПРЕСНЁННЫМ КОНДЕНСАТОМ МОРСКОЙ И СОЛЁНОЙ ОЗЁРНОЙ ВОДЫ

ШЕВЧЕНКО ВИКТОР АЛЕКСАНДРОВИЧ, докт. с.-х. наук, профессор

E-mail: Shevchenko.v.a@yandex.ru

ГУБИН ВЛАДИМИР КОНСТАНТИНОВИЧ, канд. с.-х. наук, ведущий науч. сотрудник

E-mail: gubin.vladimir2011@yandex.ru

КУДРЯВЦЕВА ЛИДИЯ ВЛАДИМИРОВНА, младший науч. сотрудник

E-mail: kudryavtzeva.lidia2016@yandex.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Большая Академическая, д. 44, корпус 2

В статье рассматриваются вопросы использования солёной воды для орошения многолетних насаждений на территориях, примыкающих к водоисточникам с повышенным содержанием солей, включая участки морского побережья. Дается краткий анализ различных способов понижения содержания солей в воде. Особое внимание уделяется удалению солей методом дистилляции солёной воды с использованием энергии солнца. Рассматриваются различные конструкции солнечных опреснителей запатентованных в разных странах. Предложен способ внутрипочвенного орошения многолетних насаждений солёной водой, который заключается в испарении воды с использованием солнечной энергии, насыщении воздуха паром и последующей подачи его по перфорированным трубам в почву, где происходит конденсация пара. Для осуществления этого способа разработано специальное устройство. Эффективность применения данного способа и устройства в условиях сельскохозяйственного производства рассмотрена на примере Крыма в виноградниках. Установлено, что внутрипочвенная подача воды по сравнению с капельным поливом позволит сократить потери влаги на 20...30% за счёт предотвращения испарения с поверхности влажного пятна у капельницы. Благодаря этому, оросительную норму можно снизить до 400...500 м³/га или до 50 литров на 1м². Реализация предложенного способа позволит осуществлять орошение многолетних насаждений опреснённой солёной водой и исключить при этом накопления солей в почве и потери воды на испарение.

Ключевые слова: внутрипочвенное орошение, методы опреснения солёной и морской воды, опреснение солёной воды способом дистилляции, использование солнечной энергии для опреснения воды.

Формат цитирования: Шевченко В.А., Губин В.К., Кудрявцева Л.В. Подпочвенное орошение виноградников Крыма опреснённым конденсатом морской и солёной озёрной воды // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2019; 6(94): 19-22. DOI: 10.34677/1728-7936-2019-6-19-22 (In Rus.).

SUBSOIL IRRIGATION OF CRIMEAN VINEYARDS WITH DESALINATED CONDENSATE OF SEA AND SALT LAKE WATER

VIKTOR A. SHEVCHENKO, DSc (Agr), Professor, Director

E-mail: Shevchenko.v.a@yandex.ru

VLADIMIR K. GUBIN, PhD(Agr), Key Research Engineer

E-mail: gubin.vladimir2011@yandex.ru

LIDIA V. KUDRYAVTSEVA, Junior Research Engineer

E-mail: kudryavtzeva.lidia2016@yandex.ru

All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov; 127550, Russian Federation, Moscow, Bolshaya Akademicheskaya Str., 44, bld. 2

The paper discusses the use of salt water for irrigation of perennial crops in areas adjacent to water sources with high salt content, including sections of the coast. The authors give a brief analysis of various ways to reduce the salt content in water. Particular attention is paid to the removal of salts by distillation of salt water using solar energy. Various designs of solar desalination plants patented in different countries are considered. The authors propose a method for subsoil irrigation of perennial crops with salt water, which consists in evaporating water using solar energy, saturating the air with steam and then supplying it through perforated pipes to the soil where steam condensation occurs. To implement this method, a special device has been developed. The effectiveness of the application of this method and device in agricultural production is considered using an

example of the Crimea vineyards. It has been established that the subsoil water supply will reduce moisture loss by 20...30% as compared to drip irrigation by preventing evaporation from the surface of a wet spot near the dropper. Due to this, the irrigation rate can be reduced to 400...500 m³/ha or up to 50 liters per 1 m². Implementation of the proposed method will allow irrigating perennial crops with desalinated salt water and prevent salt accumulation in the soil and the loss of water by evaporation.

Key words: subsurface irrigation, methods of salt and sea water desalination, salt water desalination by distillation, use of solar energy to desalinate water.

For citation: Shevchenko V.A., Gubin V.K., Kudryavtseva L.V. Subsoil irrigation of Crimean vineyards with desalinated condensate of sea and salt lake water. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*. 2019; 6(94): 19-22. DOI: 10.34677/1728-7936-2019-6-19-22 (In Rus.).

Introduction. Only 20% of fresh water resources are located in the densely populated central and southern regions of Russia with developed industry and agriculture. At the same time, there is a significant amount of water with a salt concentration of less than 10 g/l.

For example, in the Crimea there are over 300 lakes. Most of these lakes contain salt water. Fresh lakes are mainly located in the central part of the Crimean peninsula, in the mountains or in the mountain areas. Lakes located at a short distance from the coastline, mainly of the estuary type, are almost 95% saline, even if they are formed by fresh underground sources [1].

Water containing no more than 1 g/l of dissolved solids is used for irrigation. The use of saline water in the Crimean steppe for irrigation is of significant practical interest. Quality improvement of salt water can be achieved by adding fresh water until an acceptable level of salt content is obtained. To dilute salt water, fresh water can be taken from streams and artesian wells or obtained by desalination of salt water from the same lakes.

The problem of salt water desalination, including sea water, is now becoming increasingly important. There are a significant number of ways to remove salt from salt water: several types of distillation, ion exchange, reverse osmosis and electrolysis methods, as well as freezing. It should be noted that the distillation method provides for 96% of the total amount of desalinated water in the world [2].

In our case, solar distillation of salt water is considered. Currently, due to the fact that this method is based on the use of environmentally friendly technology, considerable attention is paid to its development. For example, a patent was granted in the Russian Federation for a drip irrigation method and a device for its implementation, which includes continuous mixing of saline water with distilled water and its subsequent supply through droppers to plants. Distilled water is obtained by desalination of a portion of salt water in a solar-desalination system [3].

However, in case of drip irrigation even with diluted salt water, salts accumulate along the contour of the hydrated zone. When perennial crops are irrigated, this will lead to focal salinization of the root zone of plants. With drip irrigation, both during and after watering, a significant part of the water evaporates from the surface of the hydrated area, which leads to the irrational use of expensive desalinated water.

The Chinese company Zhongin Changjiang International Energy Investment Co., Ltd. (CN) obtained a patent in the Russian Federation for "A device for desalination of sea water and a method for using solar energy for continuous heat supply". This device includes a system for purification and desalination of sea water, as well as the concentration and accumulation of solar heat [4]. These plants have a complex structure

and are designed to produce significant volumes of fresh water for industrial and water management supply.

In 1989, patent CH 672227 A5 was issued in Switzerland for a method of using condensed moisture for subsoil irrigation. The essence of this invention is that air is pumped through a system of tunnels made of translucent material containing salt water. The air is heated up, saturated with water vapor and pumped into the subsoil perforated humidifiers, where condensation occurs, and the condensate flows to the roots of plants [5].

In 2016, US patent No. 9301442 B1 was issued in the United States for an "Irrigation System", in which desalination of salt water is carried out by heating it in an evaporator using solar energy, and vacuum is used to reduce the boiling point of water. To do this, the air is sucked out of the evaporator, this reducing pressure in it, then water vapor is piped to the spherical heads of the water outlets, in which, due to expansion, it is condensed to form drip moisture, which hydrates the root system of plants [6].

The study purpose is to develop a method and device for irrigation of perennial crops with salt water.

Materials and methods. Researchers of VNIIGiM named after A.N. Kostyakov developed a method for irrigating perennial crops with salt water, which includes saltwater evaporation with solar energy, saturation of the air with steam, and its supply through perforated pipes to the soil where steam is condensed. To implement this method, a special device was developed. A patent was issued for the method and the device for its implementation [7]. According to this invention, the air, preheated to 60...70°C, is saturated with water vapor in a solar evaporator and taken to the irrigated area, where it is cooled in the plant root zone at a depth of 0.4...0.6 m with precipitation of condensed desalinated moisture.

A device for irrigating perennial crops with salt water is shown in Fig. The proposed device has a pump for supplying salt water from a water source, a solar heater, an evaporation chamber connected with a pipeline for supplying desalinated water to the plant root system. Wicks made of hydrophilic material are placed in the evaporation chamber, and an air solar collector equipped with an air intake valve and connected to the evaporation chamber is mounted outside. The evaporation chamber is connected by an air duct made in the form of a pipe placed in a heat-insulating casing with an underground perforated pipe. The surface of this pipeline is covered with a layer of hydrophilic material. The end part of the perforated pipe is equipped with an air exhaust device. In addition, the air intake valve of the solar collector has an air intake regulator in the form of a bimetallic plate. The air exhaust device at the end of the perforated pipe is equipped with a chamber, divided by membrane screen and an exhaust fan.

During the device operation, air is pre-heated in the solar collector to 60...70°C, which increases its moisture capacity. Then the heated air enters the evaporator body. Passing between wicks dipped in salt water, it is saturated with moisture.

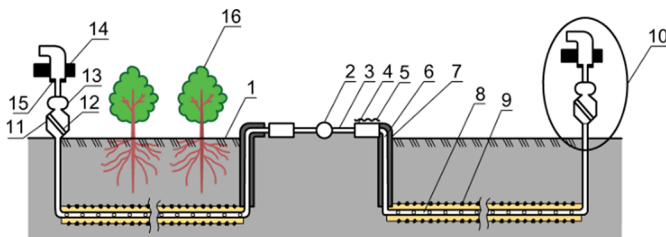


Fig. Device for irrigating perennial crops with salt water:

- 1 – soil surface, 2 – a supply pipe, 3 – a discharge pipe,
4 – an evaporator, 5 – a solar air collector, 6 – a connecting pipe,
7 – a heat-shielding casing, 8 – a perforated irrigation pipe,
9 – a cover made of hydrophilic material,
10 – an air exhaust device, 11 – a condensation chamber,
12 – a condensing screen, 13 – an exhaust fan, 14 – a vane,
15 – an elbow, 16 – an irrigated plant

Рис. Устройство для орошения

многолетних насаждений солёной водой:

- 1 – поверхность участка, 2 – подводящий трубопровод,
3 – отводящий трубопровод, 4 – испаритель,
5 – солнечный воздушный коллектор, 6 – соединительный
трубопровод, 7 – теплозащитный кожух,
8 – оросительный перфорированный трубопровод,
9 – чехол из гидрофильного материала,
10 – воздуховытяжное устройство,
11 – конденсационная камера, 12 – конденсирующий экран,
13 – вытяжной вентилятор, 14 – флюгер,
15 – коленчатый патрубок, 16 – орошаемое растение

Air saturated with moisture is sucked into the perforated pipe. Upon contact with the walls of the perforated pipeline laid in the soil in the plant roots zone at a depth of 0.4...0.6 m, it is condensed to form desalinated water. This is due to the fact that the pipeline walls have a temperature corresponding to the surrounding soil temperature (no more than 20°C). Due to the temperature difference between the steam and the pipeline walls, the condensation process occurs. The moisture formed is absorbed by the hydrophilic material and is retained in a form accessible to plant roots.

Results and discussion. The effectiveness of the application of this method and device in agricultural production is exemplified by the conditions of the Crimea, where there is an acute need for fresh irrigation water with a sufficient amount of salt water and favorable climatic conditions. For grapes, the drip irrigation rate, depending on the availability of rainfall, is 600...700 m³/ha. The subsurface water supply, as compared with drip irrigation, will reduce moisture loss by 20...30% by preventing evaporation from the wet spot surface next to the dropper. Due to this, the irrigation rate can be reduced to 400...500 m³/ha or up to 50 liters per 1 m².

The period of time during which the vineyard may need additional irrigation is about 180 days in the Crimea – from April to September, of which 170 days are sunny. The vineyard needs to be watered from June to September, when an average daily air temperature ranges from +23°C in June to +27°C in July – August. The night air temperature in these months is within +10...17°C. The average soil temperature at a depth of 0.5 m does not exceed +20°C.

When one pipeline is laid under a row of vines and the distance between rows is 4 m, a 100 m-long pipeline irrigates a strip of 400 m² and must supply 20,000 liters of water per season, or about 1.0...1.5 liters per 1 m² a day. At a temperature of +25°C and a relative humidity of 40%, a cubic meter of air will contain about 90 grams of moisture. After heating the air in the solar collector to +60...70°C, the air moisture capacity will increase to 200 g/m³. Having entered the evaporator, this air will be saturated with moisture to a relative humidity of 90...95% and will contain about 180 g/m³ of moisture. In a perforated pipeline, its temperature will drop to +20°C. At this temperature, the moisture capacity of the air is 17 g/m³. Thus, with a decrease in air temperature during movement through the pipeline from each of its cubic meters, about 160 g of condensate can accumulate on the pipeline walls. To get 125 liters of water per day, about 800 m³ air must be moved through the pipeline. The heated air with a high moisture content can be supplied within about ten hours from 10 a.m. to 8 p.m. Thus, the air supply should be 80 m³/hour. It should be kept in mind, that during the rest of the day at air temperature above +20°C, moisture will be also condensed in the pipeline, although in smaller quantities. At night, when the air temperature drops to +10...17°C it will cool pipeline walls by moving through the pipeline. After passing through the pipeline, the air enters the chamber mounted at its end. While passing through the membrane material of the screen in the chamber, the air will leave condensed moisture on it, which will flow into the perforated pipeline and will be used for soil irrigation.

Conclusions

Thus, the implementation of the proposed method using the considered device will allow irrigating perennial crops with desalinated water and prevent salt accumulation in the soil and the loss of water by evaporation.

References

1. Kayukova V.P., Barabashkina T.A., Kosinova I.I. Resursniy potencial presnykh vod Kryma [Resource capacity of fresh water in the Crimea]. *Vestnik VGU. Seriya: Geologiya*. 2014; 4: 108. (In Russian)
2. Obzor metodov opresneniya morskoy i solonoy vody [Overview of sea and salt water desalination methods]. [Electronic resource]. URL: /ecoalfa.ru>files/5/0/506/ opresneniya pdf (Access date 12.11.2019) (In Russian)
3. Voyevodina L.A., Chernova D.A. Sposob regulirovaniya mineralizatsii orositel'noy vody pri kapel'nom oroshenii i ustroystvo dlya yego osushchestvleniya: patent RF № 2483528. MKI A01G 25/02 [Method of regulating the mineralization of irrigation water for drip irrigation and a device for its implementation: Patent RF, No. 2483528. MKI A01G 25/02, 2013], 2013. (In Russian)
4. Chen' Ilun', Yan Tsinpin, Chzhan Yan'fyn. Ustroystvo dlya opresneniya morskoy vody i sposob primeneniya solnechnoy energii dlya nepreryvnoy podachi tepla: patent RF No.2603799. MKI C02 F1/14 [Device for desalination of sea water and a method of using solar energy for continuous heat supply: Patent RF, No. 2603799. MKI C02 F1/14, 2016], 2016. (In Russian)
5. Ruess Kurt. Meerwasserentsalzungs-und Bewässerungsverfahren mit einem Luft-Wasserdampf-Gemisch. Patent CH No.672227 A5. Int/C1 A01G 25/6, 15.11.1989. (In German)

6. Adel Abdulmuhsen Al-Wasis. Irrigation system. Patent United States 9301442. Int/CI A01G25/02, April 5, 2016. (In English)

7. Gubin V.K., Shevchenko V.A., Kudryavtseva L.V. Sposob orosheniya mnogoletnikh nasazhdeniy solonoy vodoy i ustroystvo dlya yego osushchestvleniya: patent RF No. 27003185. МКИ А 01G 25/06 [Method of irrigating perennial crops with salt water and a device for its implementation: Patent RF, No. 27003185. МКИ А 01G 25/06], 2019. (In Russian)

Библиографический список

1. Каюкова В.П., Барабашкина Т.А., Косинова И.И. Ресурсный потенциал пресных вод Крыма // Вестник ВГУ. Серия: Геология. 2014. № 4. 108 с.

2. Обзор методов опреснения морской и солёной воды. Электронный ресурс. URL: /escoalfa.ru>files/5/0/506/ опреснение pdf (дата обращения 12.11.2019 г.)

Критерии авторства

Шевченко В.А., Губин В.К., Кудрявцева Л.В. выполнили теоретические исследования, на основании полученных результатов провели обобщение и написали рукопись. Шевченко В.А., Губин В.К., Кудрявцева Л.В. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 12.11.2019

Опубликована 20.12.2019

3. Способ регулирования минерализации оросительной воды при капельном орошении и устройство для его осуществления: патент РФ № 2483528. МКИ А01G 25/02 / Л.А. Воеводина, Д.А. Чернова; опубл. 10.06.2013 г. Бюлл. № 16.

4. Устройство для опреснения морской воды и способ применения солнечной энергии для непрерывной подачи тепла: патент РФ № 2603799. МКИ С02 F1/14 / Чень Илунь, Ян Цинпин, Чжан Яньфэн; опубл. 27.11.2016. Бюлл. № 33.

5. Ruess Kurt. Meerwasserentsalzungs-und Bewässerungsverfahren mit einem Luft-Wasserdampf-Gemisch. Patent CH № 672227 A5. Int/CI A01G 25/6, 15.11.1989.

6. Adel Abdulmuhsen Al-Wasis. Irrigation system. Patent United States 9301442. Int/CI A01G25/02, April 5, 2016.

7. Способ орошения многолетних насаждений солёной водой и устройство для его осуществления: патент РФ № 27003185. МКИ А 01G 25/06 / В.К. Губин, В.А. Шевченко, Л.В. Кудрявцева; опубл. 15.10.2019.

Contribution

Shevchenko V.A., Gubin V.K., Kudryavtseva L.V. performed theoretical studies, and based on the results obtained, generalized the results and wrote a manuscript. Shevchenko V.A., Gubin V.K., Kudryavtseva L.V. have copyrights for the paper and are responsible for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on November 12, 2019

Published 20.12.2019

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БИОТОПЛИВА В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

УЛЮКИНА ЕЛЕНА АНАТОЛЬЕВНА, докт. техн. наук, доцент

E-mail: eulykina@rgau-msha.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

Проведено исследование свойств биотоплив на основе метиловых эфиров растительных масел. С помощью автоматического анализатора определялся фракционный состав биотоплива. Содержание свободной воды в эфирах при оценке гигроскопичности определялось кулонометрическим титрованием по методу Фишера. Определялась совместимость указанных продуктов с различными конструкционными материалами. Установлено, что фракционный состав метиловых эфиров рапсового и подсолнечного масла существенно отличается от данных товарного дизельного топлива и характеризуется узким диапазоном фракционирования, что затрудняет использование эфиров в чистом виде вместо дизельного топлива, поэтому целесообразно использовать эти продукты в виде смесей с дизельным топливом. При контакте эфиров с резиновыми деталями топливной аппаратуры наблюдается набухание резины и разрушение некоторых деталей. Масса образцов резины, контактировавшей с эфирами растительных масел в течение 12 суток, увеличилась на 18...25%, а площадь поверхности – на 12...17%. Предлагается прокладочные и уплотнительные детали оборудования, предназначенного для операций с эфирами, заменить на тетрафторэтилен (фторопласт) и др. Установлено, что защитные покрытия из фенолалкидной эмали ФА-5278 не выдерживают контакта с эфирами. Поскольку эфиры растительных масел гигроскопичны, рекомендуется хранить их в закрытых ёмкостях, предотвращая контакт с влагой.

Ключевые слова: биотопливо, рапсовое и подсолнечное масло, метиловые эфиры подсолнечного и рапсового масла.

Формат цитирования: Улюкина Е.А. Особенности применения биотоплива в сельскохозяйственном производстве // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2019. № 6(94). С. 23-27. DOI: 10.34677/1728-7936-2019-6-23-27.

FEATURES OF BIOFUEL APPLICATION IN AGRICULTURAL PRODUCTION

YELENA A. ULYUKINA, DSc (Eng), Associate Professor

E-mail: eulykina@rgau-msha.ru

Russian Timiryazev State Agrarian University; 127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49

The paper provides study results on the properties of biofuels based on methyl ethers of vegetable oils. Using an automatic analyzer, the author determined the fractional composition of biofuel. The content of free water in ethers when assessing hygroscopicity was determined by coulometric titration according to the Fisher method. The compatibility of these products with various structural materials was determined. It was found that the fractional composition of methyl ethers of rapeseed and sunflower oil differs significantly from the indicators of commercial diesel fuel and is characterized by a narrow range of fractionation. This makes it difficult to use pure ethers instead of diesel fuel, so it is advisable to use these products in the form of mixtures with diesel fuel. When ethers come into contact with rubber parts of fuel system equipment, rubber swelling and the destruction of some parts are observed. The mass of rubber samples contacting for 12 days with ethers of vegetable oils increased by 18...25%, and the surface area – by 12...17%. It is proposed that gasket and sealing parts of equipment designed for operation with ethers should be replaced with tetrafluoroethylene (fluoroplast), etc. It is established that protective coatings made of phenolalkide enamel ФА-5278 do not withstand contact with ethers. Since ethers of vegetable oils are hygroscopic, it is recommended that they should be stored in closed containers to prevent their contact with moisture.

Key words: biofuel, rapeseed and sunflower oil, methyl ethers of sunflower and rapeseed oil.

For citation: Ulyukina Ye.A. Features of biofuel application in agricultural production. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*. 2019; 6(94): 23-27. DOI: 10.34677/1728-7936-2019-6-23-27 (In Rus.).

Введение. Сокращение запасов нефти и рост цен на нефтепродукты приводит к поиску альтернативных видов топлива. Среди альтернативных топлив первое место в мире по потреблению на транспорте занимают сжиженные

нефтяные газы, а также топлива, получаемые из газового сырья, угля и сланцев [1]. Перспективным направлением является получение топлив из возобновляемых ресурсов, т.е. веществ растительного и животного происхождения, продуктов их жизнедеятельности и органических отходов.

Биотопливо первого поколения (биоэтанол, биометанол, биодизельное топливо) производится из пищевого или кормового сырья: сахаросодержащих (сахарный тростник, сахарная свекла), крахмалосодержащих (кукуруза, зерновые) и масличных культур (подсолнечник, рапс, соя) [2, 3]. К биотопливу второго поколения, которое производится из непищевого сырья, относятся биоэтанол, биодизельное топливо, биобутанол, синтетическое жидкое топливо и др. Жидкое биотопливо второго поколения производится из лигноцеллюлозной биомассы (лес, древесные отходы при заготовке и переработке, растительные остатки), а также микроводоросли [4].

Анализ перспектив использования возобновляемых источников энергии для производства моторных топлив для дизельных двигателей свидетельствует о преимуществах растительных масел. В настоящее время наибольшую долю в мировом производстве растительных масел имеет: соевое масло (25%), пальмовое (23%), рапсовое (15%), остальные масла (подсолнечное, арахисовое, хлопковое, кокосовое, кукурузное и др.) – менее 10% каждое [3].

В России объём производства подсолнечного масла превышает 80% общего объёма производства растительных масел. Это масло интересно и потому, что биодизельное топливо может быть произведено из отработанного фритюрного подсолнечного масла, широко применяемого в пищевой промышленности. Также в России для приготовления биотоплива можно использовать рапс, хлопчатник, лён, кориандр, горчицу, рыжик яровой (посевной), кунжут, сафлор красильный, арахис, клещевину обыкновенную (кастор), ятрофу, пальмовое и кокосовое масла и др. [4].

Возможность использования в дизельных двигателях биодизельных топлив, получаемых из растительных масел, подтверждается различными исследованиями [4, 5].

Растительные масла могут применяться как самостоятельное топливо для дизелей в смесях с дизельным топливом, так и перерабатываться в метиловый, этиловый или бутиловый эфиры, использующиеся как самостоятельное биотопливо или как смесевые топлива (в смеси с дизельным или другими альтернативными топливами) [6, 7].

Применение смесевых биотоплив является экономически выгодным, поскольку его изготовление может осуществляться непосредственно на сельскохозяйственных предприятиях.

Цель исследований – анализ эксплуатационных свойств биотоплива на основе метиловых эфиров растительных масел.

Материал и методы. Проведены исследования эксплуатационных свойств биотоплив: метиловых эфиров рапсового и подсолнечного масла и смеси с дизельным топливом. Фракционный состав определялся с помощью аппарата АФСА (анализатор фракционного состава автоматический). Содержание свободной воды в метиловом эфире рапсового масла при оценке гигроскопичности этого продукта определялось кулонометрическим титрованием по методу Фишера. Совместимость указанных продуктов с различными конструкционными материалами проводилась по методике, описанной в работе [9].

Результаты исследования. Основным показателем качества, характеризующим испаряемость топлива, является фракционный состав. Для дизельного топлива (ДТ) нормируют температуру начала перегонки и 10% отгона. Для топлив с улучшенными экологическими характеристиками нормируют температуру выкипания 96% или конца кипения. Испаряемость дизельного топлива оптимизируют двумя точками фракционного состава: 50 и 96% выкипания. При этом для товарного дизельного топлива (по ГОСТ Р 52368-2005) фракционный состав изменяется в диапазонах: начало кипения 180...200°C; 50% – 256...280°C; 96% – до 360°C.

Результаты исследования фракционного состава метилового эфира рапсового масла (МЭРМ) и метилового эфира подсолнечного масла (МЭПМ) представлены в таблице 1.

Из полученных данных видно, что фракционные составы метиловых эфиров рапсового и подсолнечного масла существенно отличаются от данных товарного дизельного топлива и характеризуются узким диапазоном фракционирования, что затрудняет их использование в чистом виде вместо дизельного топлива. Поэтому следует рассматривать эти продукты в качестве добавок к товарному дизельному, как это определено в ГОСТ Р 52368-2005.

Для проведения испытаний на совместимость метиловых эфиров рапсового и подсолнечного масла с различными конструкционными материалами были подготовлены образцы деталей топливной системы трактора МТЗ 80/82: поливинилхлоридный топливопровод, резиновый топливопровод, резиновое уплотнительное кольцо топливоподкачивающего насоса, резиновая прокладка, картонная обечайка и картонный фильтрующий элемент топливного фильтра тонкой очистки.

В результате испытаний установлено, что детали топливной системы – обечайка и фильтрующий элемент топливного фильтра, изготовленные из картона, а также топливопровод из поливинилхлорида не претерпели изменений после достаточно продолжительного (в течение одного месяца) контакта с метиловым эфиром рапсового масла. В то же время детали топливной системы, изготовленные из резины, под воздействием метиловых эфиров рапсового и подсолнечного масла изменили свои габаритные размеры вследствие набухания и частично разрушились. У аналогичных образцов при контактировании в тех же условиях с дизельным топливом изменений внешнего вида и габаритных размеров не обнаружено.

Исследовалась совместимость биотоплива и нитрильной резины марки НО68-2, используемой в топливозаправочном оборудовании. При проведении испытаний образцы резины помещались в сосуды с топливом при температуре 50°C. Результаты проведённых испытаний представлены в таблицах 2, 3.

Из приведённых данных следует, что масса и линейные размеры образцов резины при взаимодействии с дизельным топливом изменились незначительно. В то же время образцы, контактировавшие с эфирами рапсового и подсолнечного масла, значительно изменились в результате набухания резины. Так при взаимодействии с МЭРМ наблюдается увеличение массы образца резины НО68-2 после 144 часов контакта на 13,2%, а после 288 ч – на 18,4%, площадь образца увеличивается на 12,8%. Аналогичные результаты получены для МЭПМ: после 288 ч испытаний масса образца увеличилась на 25%, а площадь – на 17,2%.

Фракционный состав метиловых эфиров подсолнечного и рапсового масла

Table 1

Fractional composition of methyl esters of sunflower and rapeseed oil

% отгона % distillate	Перегоняется при температуре не выше, °C Distilled at a temperature not exceeding, °C		
	ДТ Diesel fuel (DF)	МЭПМ Sunflower oil methyl ester (SOME)	МЭРМ Rapeseed oil methyl ester (ROME)
Начало кипения Start of boiling	193	325	310
10%	218	330	320
20%	232	332	329
30%	245	333	332
40%	258	334	333
50%	275	335	334
60%	287	336	335
70%	297	338	337
80%	309	341	339
90%	336	343	344
96%	360	350	348

Таблица 2

Изменение массы резины НО68-2 при взаимодействии с различными видами топлива

Table 2

Change of mass of rubber HO68-2 when interacting with various types of fuel

Среда Environment	Продолжительность контакта, ч Contact duration, h			
	0	144	216	288
	Масса образцов после контакта, г Mass of samples after contact, g			
ДТ / DF	2,9455	2,9734	2,9725	2,9674
МЭРМ / ROME	2,8680	3,2483	3,3394	3,3964
МЭПМ / SOME	2,8386	3,2947	3,4320	3,5520
МЭРМ (5%) + ДТ SOME (5%) + DF	3,0116	3,0760	3,0858	3,0979

Таблица 3

Изменение линейных размеров резины НО68-2 при взаимодействии с различными видами топлива

Table 3

Change in linear dimensions of rubber HO68-2 when interacting with various types of fuel

Среда Environment	Продолжительность контакта, ч Contact duration, h	
	0	288
	Размеры образца (длина × ширина), мм Sample dimensions (length × width), mm	
ДТ / DF	49,6×24,7	50,0×24,8
МЭРМ / ROME	49,9×24,7	53,9×25,8
МЭПМ / SOME	49,6×24,3	54,3×26,0
МЭРМ (5%) + ДТ SOME (5%) + DF	50,0×25,2	50,6×26,6

Проводились исследования стабильности смесей дизельного топлива и метиловых эфиров растительных масел [8, 9]. Установлено, что при длительном хранении происходит расслаивание смесевое биотоплива, особенно этот процесс ускоряется на свету. Таким образом срок хранения смесевых биотоплив не должен превышать 6 мес.

Для оценки защитных свойств антикоррозионных покрытий технологического оборудования использовались металлические пластины из Ст. 10 ГОСТ 1050-88 с нанесенным на них покрытием из топливостойкой фенолалкидной эмали ФА-5278. В соответствии с методикой [9], каждый цикл испытаний был продолжительностью 2 суток и включал два этапа: выдерживание образца при температуре

$t = 60 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение 8 ч и постепенное охлаждение до комнатной температуры в течение 16 ч, далее охлаждение до $t = -20^\circ\text{C}$; затем образцы выдерживались при температуре $t = -20 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение 8 ч, после чего нагревались до комнатной температуры в течение 16 ч. Периодически производился осмотр состояния защитных покрытий.

Испытания показали, что у образцов, помещённых в дизельное топливо, даже после шести циклов испытаний внешний вид защитного покрытия не изменяется (рис. 1б). В случае контакта с МЭПМ и МЭРМ наблюдалось набухание и вспучивание защитного покрытия практически по всей поверхности образца (рис. 1 в и 1 г), т.е. это покрытие не выдерживает контакта с эфирами.

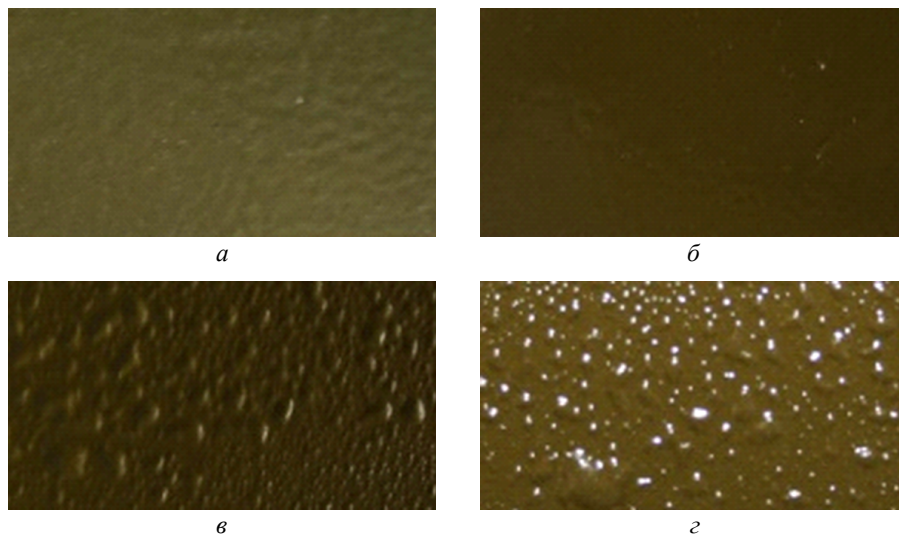


Рис. 1. Воздействие различных видов биотоплива на покрытие из фенолалкидной эмали ФА – 5278:
 а – образец до испытаний; б – после 6-ти циклов испытаний в дизельном топливе;
 в – после 3-х циклов испытаний в МЭРМ; г – после 9-ти циклов испытаний в МЭПМ

Fig. 1. Impact of various biofuel types on the coating of phenolalkid enamel ФА-5278:
 a – a sample before testing; b – after 6 test cycles in diesel fuel; in – after 3 cycles of tests in RME; g – after 9 test cycles in SME

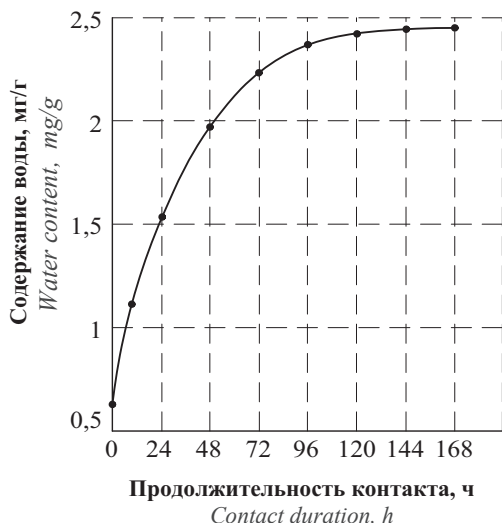


Рис. 2. Зависимость содержания воды в метиловом эфире рапсового масла от продолжительности контакта с влажностью при температуре 25°C

Fig. 2. Relationship between water content in rapeseed oil methyl ether and the duration of its contact with moisture at a temperature of 25°C

Поскольку эфирам свойственна повышенная гигроскопичность, это может отразиться на эксплуатационных свойствах биотоплива на основе эфиров растительных масел. В ходе эксперимента определялась скорость насыщения влажностью метилового эфира рапсового масла, т.е. минимально необходимый промежуток времени, за который достигается равновесное состояние системы «эфир – растворенная вода – насыщенный водяной пар» при постоянстве температуры, относительной влажности воздуха и поверхности соприкосновения продукта с воздухом. Эксперимент проводился при 25°C, через каждые 24 ч отбирались пробы эфира и определялось содержание воды кулонометрическим титрованием, продолжительность испытаний составила 168 ч.

Установлено, что за первые 96 ч эксперимента происходит интенсивное насыщение метилового эфира рапсового масла влажностью, а через 140 ч этот процесс практически прекращается. На рисунке 2 представлена зависимость содержания влаги в метиловом эфире рапсового масла от продолжительности эксперимента.

Выводы

Фракционный состав метиловых эфиров рапсового и подсолнечного масла существенно отличается от данных

товарного дизельного топлива, поэтому целесообразно использовать эти продукты в виде смесей с дизельным топливом.

Метилловые эфиры растительных масел весьма гигроскопичны, следует хранить их в закрытых ёмкостях, предотвращая их контакт с влагой.

Защитные покрытия из топливостойкой фенолалкидной эмали ФА-5278 не выдерживают контакта с эфирами.

Метилловые эфиры растительных масел не оказывают существенного влияния на детали, изготовленные из конструкционной стали, а резинотехнические изделия не выдерживают даже сравнительно кратковременного контакта с эфирами. Прокладочные и уплотнительные детали оборудования, предназначенного для операций с эфирами, можно заменить другими материалами, например, тетрафторэтиленом (фторопластом) и т.п.

Библиографический список

1. Марков В.А. Топлива и топливоподача многоцилиндровых и газодизельных двигателей / В.А. Марков, С.И. Козлов. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. 296 с.
2. Федоренко В.Ф. Инновационное развитие альтернативной энергетики: науч. изд. Ч. 1 / В.Ф. Федоренко, Н.Т. Сорокин, Д.С. Буклагин [и др.]. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. 348 с.
3. Федоренко В.Ф. Инновационные технологии производства биотоплива второго поколения / В.Ф. Федоренко, Д.С. Буклагин, С.А. Нагорнов, А.Н. Зазуля, И.Г. Голубев [и др.]. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. 68 с.
4. Нагорнов С.А. Тенденции развития технологий производства биодизельного топлива: науч. изд. / С.А. Нагорнов, А.Н. Зазуля, Ю.В. Мещерякова. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. 172 с.
5. Марков В.А., Девянин С.Н., Нагорнов С.А. Применение смесевых биотоплив на основе метиловых эфиров растительных масел в транспортных дизелях // Известия Волгоградского гос. техн. ун-та. 2012. Т. 12. № 4. С. 9-14.
6. Марков В.А. Использование растительных масел и топлив на их основе в дизельных двигателях / В.А. Марков, С.Н. Девянин, В.Г. Семёнов, А.В. Шахов, В.В. Багров. М.: ОООИЦ «Инженер», ООО «Онико-М». 2011. 536 с.
7. Улюкина Е.А., Нагорнов С.А., Романцова С.В. Свойства биотоплив растительного происхождения // Наука в центральной России. 2014. № 2(8). С. 62-69.
8. Марков В.А., Девянин С.Н., Улюкина Е.А., Пуляев Н.Н. Метиловый эфир подсолнечного масла как экологический компонент нефтяных моторных топлив // Транспорт на альтернативном топливе. 2015. № 4(46). С. 29-41.
9. Улюкина Е.А. Улучшение эксплуатационных свойств современных и перспективных моторных топлив для

сельскохозяйственной техники: дисс. ... докт. тех. наук. М., 2012. 346 с.

References

1. Markov V.A. Topлива i toplivopodacha mnogotoplivnykh i gazodizel'nykh dvigateley [Fuel and fuel supply of multi-fuel and gas-diesel engines] / V.A. Markov, S.I. Kozlov. Moscow, Izd-vo MGTU im. N.E. Baumana, 2000: 296. (In Russian)
2. Fedorenko V.F. Innovatsionnoye razvitiye al'ternativnoy energetiki: nauch. izd. Ch. 1 [Innovative development of alternative energy: scientific. ed. Part 1] / V.F. Fedorenko, N.T. Sorokin, D.S. Buklagin [et al.]. Moscow, FGNU «Rosinformaagrotekh», 2010: 348. (In Russian)
3. Fedorenko V.F. Innovatsionnyye tekhnologii proizvodstva biotopliva vtorogo pokoleniya [Innovative technologies for the production of second generation biofuels] / V.F. Fedorenko, D.S. Buklagin, S.A. Nagornov, A.N. Zazulya, I.G. Golubev [et al.]. Moscow, FGNU «Rosinformaagrotekh», 2009: 68. (In Russian)
4. Nagornov S.A. Tendentsii razvitiya tekhnologii proizvodstva biodizel'nogo topliva: scientific edition. nauch. izd. [Development trends of biodiesel production technologies: scientific. ed.] / S.A. Nagornov, A.N. Zazulya, Yu.V. Meshcheryakova. Moscow, FGBNU «Rosinformaagrotekh», 2017: 172. (In Russian)
5. Markov V.A., Devyanin S.N., Nagornov S.A. Primeneniye smesevykh biotopliv na osnove metilovykh efirov rastitel'nykh masel v transportnykh dizelyakh [Use of mixed biofuels based on methyl ethers of vegetable oils in diesel engines]. *Izvestiya Volgogradskogo gos. tekhn. un-ta*. 2012; 12; 4: 9-14. (In Russian)
6. Markov V.A. Ispol'zovaniye rastitel'nykh masel i topliv na ikh osnove v dizel'nykh dvigatelyakh [Use of vegetable oils and fuels on their basis in diesel engines] / V.A. Markov, S.N. Devyanin, V.G. Semonov, A.V. Shakhov, V.V. Bagrov. Moscow, OONITS «Inzhener», ООО «Oniko-M». 2011: 536. (In Russian)
7. Ulyukina Ye.A., Nagornov S.A., Romantsova S.V. Svoystva biotopliv rastitel'nogo proiskhozhdeniya [Properties of biofuels of plant origin]. *Nauka v tseentral'noy Rossii*. 2014; 2(8): 62-69. (In Russian)
8. Markov V.A., Devyanin S.N., Ulyukina Ye.A., Pulyayev N.N. Metilovyy efir podsolnechnogo masla kak ekologicheskiy komponent neftyanykh motornykh topliv [Methyl ether of sunflower oil as an environmental component of petroleum motor fuels]. *Transport na al'ternativnom toplive*. 2015; 4(46): 29-41. (In Russian)
9. Ulyukina Ye.A. Uluchsheniye ekspluatatsionnykh svoystv sovremennykh i perspektivnykh motornykh topliv dlya sel'skokhozyaystvennoy tekhniki: diss. ... dokt. tekhn. nauk [Improving the operational properties of modern and promising motor fuels for agricultural machinery: DSc (Eng) thesis]. Moscow, 2012: 346. (In Russian)

Contribution

Ulyukina Ye.A. performed theoretical studies, and based on them conducted an experiment. Ulyukina Ye.A. has equal author's rights and bearequal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The author declares no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on October 10, 2019

Published 20.12.2019

Критерии авторства

Улюкина Е.А. выполнила теоретические исследования, на их основании провела эксперимент. Улюкина Е.А. имеет на статью авторские права и несет ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 22.10.2019

Опубликована 20.12.2019

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА И ТРУДОВОГО ПРОЦЕССА ТРАКТОРИСТА-МАШИНИСТА В СОВРЕМЕННЫХ МОБИЛЬНЫХ МАШИНАХ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

ШИРОКОВ ЮРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ, докт. техн. наук, профессор

СМИРНОВ ГЕОРГИЙ НИКОЛАЕВИЧ, канд. техн. наук, доцент

E-mail: shirokov001@mail.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Российская Федерация, г. Москва, Тимирязевская ул., 49

Рассмотрены вопросы изменения и уточнения требований к организации рабочих мест и трудового процесса трактористов-машинистов сельскохозяйственного производства в кабинах современных тракторов и комбайнов. Показано, что при введении компьютерных систем управления трактором и его двигателем, машинно-тракторными агрегатами и комбайнами, диспетчеризации выполняемых в поле операций в режиме «online» с применением глобальных спутниковых и локальных (беспилотных летательных аппаратов – БПЛА) систем контроля и управления требуется новый подход к организации рабочего места и процесса труда и отдыха тракториста-машиниста. Проведён анализ возможных проблем с обеспечением условий для сохранения здоровья механизаторов при компьютеризации управления, применении видеотерминалов и БПЛА. Показано, что документы, регламентирующие санитарные правила по устройству тракторов и с.-х. машин, и «Указания по гигиенической оценке тракторов и сельскохозяйственных машин» нуждаются в дополнении с учётом произошедших технологических изменений. Даны рекомендации по повышению внимания к особенностям охраны труда механизаторов с учётом изменений характера их труда.

Ключевые слова: машинно-тракторный агрегат, тракторист-машинист, рабочее место, трудовой процесс, охрана труда, видеотерминал, система спутникового вождения, санитарные требования, гигиеническая оценка.

Формат цитирования: Широков Ю.А., Смирнов Г.Н. Организация рабочего места и трудового процесса тракториста-машиниста в современных мобильных машинах для сельского хозяйства // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2019. № 6(94). С. 28-34. DOI: 10.34677/1728-7936-2019-6-28-34.

ORGANIZATION OF WORKPLACE AND LABOR PROCESS OF TRACTOR DRIVER IN MODERN MOBILE MACHINES USED IN AGRICULTURE

YURIY A. SHIROKOV, DSc (Eng), Professor

GEORGIY N. SMIRNOV, PhD (Eng), Associate Professor

E-mail: shirokov001@mail.ru

Russian Timiryazev State Agrarian University; 127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49

The paper discusses some issues of changes in and specification of basic requirements for the organization of workplaces and labor process of farm tractor drivers in cabins of modern tractors and combines. It is shown that the introduction of computer control systems of the tractor and its engine, machine-tractor units and combines, dispatching operations performed in the field in an online mode with the use of global satellite and local (unmanned aerial vehicles-UAVs) control and regulation systems requires a new approach to the organization of the workplace and the process of work and rest of tractor drivers. The authors carried out an analysis of possible problems and outlined conditions for health maintenance of machine operators working under conditions of operation computerization, as well as the use of video terminals and UAVs. It is shown that the documents regulating sanitary rules relation to the design and operations of tractors and agricultural machines and “Instructions on the hygienic assessment of tractors and agricultural machines” need to be modified taking into account the actual technological changes. Recommendations are also given to increase attention to the peculiarities of labor protection of machine operators, taking into account changes in their working process.

Key words: machine-tractor unit, tractor driver, workplace, labor process, labor protection, video terminal, satellite driving system, sanitary requirements, hygienic assessment.

For citation: Shirokov Yu.A., Smirnov G.N. Organization of workplace and labor process of tractor driver in modern mobile machines used in agriculture. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*. 2019; 6(94): 28-34. DOI: 10.34677/1728-7936-2019-6-28-34 (In Rus.).

Введение. Цифровая трансформация агропромышленного комплекса (АПК), введение компьютерных систем управления трактором и его двигателем, машинно-тракторными агрегатами (МТА) и комбайнами, диспетчеризация выполняемых в поле операций в режиме «онлайн» с применением глобальных спутниковых и локальных систем (беспилотных летательных аппаратов – БПЛА), применение систем спутникового вождения, систем контроля и управления требуют нового подхода к организации рабочего места и процессу труда и отдыха тракториста-машиниста.

По данным Всероссийского научно-исследовательского института охраны труда, структура профессиональной заболеваемости в аграрном секторе формируется в основном за счёт работников двух профессий – трактористов-машинистов сельскохозяйственного производства (48,8%) и операторов машинного доения (31,3%). При этом следует отметить, что частота первичной инвалидности трактористов-машинистов сельскохозяйственного производства в 1,7 раза выше, чем по отрасли в целом [1, 2].

В процессе проведения специальной оценки рабочих мест по условиям труда (СОУТ), первый пятилетний цикл которой завершён в РФ в декабре 2018 г., установлено, что трактористы-машинисты сельскохозяйственного производства подвергаются воздействию комплекса неблагоприятных производственных факторов, таких как неблагоприятные микроклиматические условия, запыленность воздуха, повышенные уровни шума и вибрации, контакт с горюче-смазочными материалами, высокие физические нагрузки, нерациональный режим труда и отдыха и нервно-эмоциональное напряжение. Каждый из перечисленных факторов в отдельности или в комплексе оказывает вредное влияние на организм работника и, как следствие, на его здоровье [3-5].

Цель исследований – выявление возможных изменений в условиях труда тракториста-машиниста при компьютеризации рабочих мест и разработка предложений по изменению требований к санитарным правилам по устройству тракторов и с.-х. машин.

Материал и методы. При СОУТ самый высокий класс вредности отмечается по показателям «напряженность труда» из группы «эмоциональные нагрузки», ввиду того, что трактористы-машинисты несут ответственность за функциональное качество основной работы и невыполнение её влечёт за собой исправления за счёт дополнительных усилий всего коллектива. Кроме того, во время выполнения работ существует риск для собственной жизни тракториста-машиниста, а также есть доля ответственности за безопасность других лиц.

Однако и без дополнительной психо-эмоциональной нагрузки условия труда на сельскохозяйственной технике оцениваются напряжёнными, т.к. требуют восприятия сигналов с последующей комплексной оценкой всех производственных параметров (информации), характеризующих не только действия по управлению техникой как транспортным средством, но и действия по поддержанию заданных параметров технологического процесса [6].

Поэтому при проведении специальной оценки условий труда на рабочем месте тракториста необходимо характер выполняемой работы на сельскохозяйственной технике

оценивать как вредный труд 3.1 класса – работа в условиях дефицита времени, т.к. сев и уборка урожая проходят в сжатые временные сроки [7].

При оценке сенсорных нагрузок следует учесть, что трудовая деятельность при работе на сельскохозяйственной технике характеризуется значительной концентрацией и переключением внимания и нагрузкой на аналитические функции. Уровни таких показателей напряженности сенсорных нагрузок, как длительность сосредоточенного наблюдения, плотность сигналов, число производственных объектов одновременного наблюдения могут колебаться в зависимости от вида выполняемых работ и марки техники.

По итогам оценки рабочих мест по условиям труда [3, 4, 6] можно сделать вывод, что условия труда работников по профессии тракторист-машинист на традиционных машинах (МТЗ-80) по показателям тяжести и напряжённости трудового процесса относятся к вредным (3 класс). Среди наиболее значимых параметров оценки труда механизатора как вредного 3 класса 2 степени следует отметить степень риска для собственной жизни и степень ответственности за безопасность других лиц (табл. 1).

При переходе на современную технику характер труда и вид нагрузок меняется. Большинство факторов вредности и опасности (шум, вибрация, запылённость, загазованность, параметры микроклимата) резко уменьшаются до допустимых уровней при использовании тракторов и комбайнов зарубежного производства. Наличие бортовых компьютеров значительно облегчает и операторские функции тракториста-машиниста, это обусловлено:

- непрерывным контролем критических параметров основных (наиболее сложных и дорогостоящих) агрегатов и узлов с индикацией выхода их за допустимые пределы и аварийной автоматической остановкой (с учётом обеспечения безопасности);

- непрерывным контролем параметров (состояний), выход которых за оптимальные пределы (переход в недопустимые состояния) существенно снижает ресурс основных агрегатов и узлов (например, засорённость фильтрующих элементов) с индикацией необходимости изменения режимов работы или проведения внеочередного обслуживания;

- учётом наработки трактора с момента последнего ТО с индикацией величины допустимой наработки до очередного планового ТО (для заданной периодичности ТО) [8].

Применение автопилотов (спутниковых систем вождения) снимает нагрузку с оператора для поддержания идеального маршрута, так что другие фазы работы могут выполняться ещё более качественно. Но нужно иметь в виду, что при внедрении спутникового вождения повышается монотонность производственной обстановки, однообразие раздражителей и малое число элементов (приёмов) по переключению органов управления и поддержания хода технологического процесса. Большой вклад в нагрузку органов зрения и ощущение монотонности вносят и вращающиеся перед глазами в течение многих часов лопасти моточива уборочной техники, непрерывно «набегающие» однообразные виды стерни, вспаханной почвы или массы колосьев зерновых культур.

Выборка из протоколов специальной оценки рабочих мест по условиям труда тракториста [5]

Table 1

Fragments of protocols containing the results of special assessment of jobs according to the working conditions of a tractor operator [5]

Показатели тяжести трудового процесса <i>Indicators of the labor process difficulty</i>	Фактическое значение показателя <i>Actual value of the indicator</i>	Класс условий труда <i>Class of working conditions</i>
4.1. Интеллектуальные нагрузки <i>Mental work loads</i>		
4.1.1. Содержание работы <i>Content of the work</i>	Решение простых задач по инструкции <i>Solving simple tasks according to the instructions</i>	2 класс <i>2nd Grade</i>
4.1.2. Восприятие сигналов (информации) и их оценка <i>Perception of signals (information) and their assessment</i>	Восприятие сигналов с последующей коррекцией действий и операций. <i>Perception of signals with subsequent correction of actions and operations.</i>	2 класс <i>2nd Grade</i>
4.1.3. Распределение функций по степени сложности задания <i>Distribution of functions according to a task difficulty degree</i>	Обработка, выполнение задания и его проверка <i>Processing, task performance and verification</i>	2 класс <i>2nd Grade</i>
4.1.4. Характер выполняемой работы <i>Distribution of functions according to a task difficulty degree</i>	Работа по установленному графику с возможностью его коррекции по ходу деятельности <i>Work according to the established schedule with the possibility of its ongoing correction</i>	2 класс <i>2nd Grade</i>
4.2. Сенсорные нагрузки <i>Sensory loads</i>		
4.2.1. Длительность сосредоточенного наблюдения (в % от времени смены) <i>Duration of concentrated observation (% of the shift time)</i>	75	3.2 класс <i>3.2 Grade</i>
4.2.2. Плотность сигналов (световых, звуковых) и сообщений в среднем за 1 час работы <i>Density of signals (light and sound ones) and messages for 1 hour of operation on average</i>	102	2 класс <i>2nd Grade</i>
4.3. Эмоциональные нагрузки <i>Emotional stresses</i>		
4.3.1. Степень ответственности за результат собственной деятельности. Значимость ошибок <i>Degree of responsibility for work results. Error significance</i>	Несёт ответственность за функциональное качество вспомогательных работ (заданий). Влечёт за собой дополнительные усилия со стороны вышестоящего руководства <i>Responsible for the functional quality of auxiliary operations (tasks). Entails additional efforts to be taken by senior management</i>	3.2 класс <i>3.2 Grade</i>

С другой стороны, характер работы тракториста-машиниста в комфортных условиях с применением спутникового вождения и компьютеризацией процессов управления машинно-тракторным или уборочным агрегатом приближается к характеру труда работников непроектной сферы, труд которых характеризуется длительным однообразным напряженным положением, малой двигательной активностью при значительных зрительных нагрузках при работе с видеотерминалами. Но если в офисе работник имеет дело только с компьютером и при этом в соответствии с требованиями охраны труда должен трудиться не более 6 часов в день при регулярных перерывах

на 15 мин каждые 45 мин, то тракторист, одновременно с наблюдением за видеотерминалом (или, уже часто, двумя-тремя) (рис.), должен визуально контролировать состояние поля, растений, производить манипуляции со множеством рычагов или джойстиков и рулевым колесом при развороте агрегата и выводе его на новую позицию.

Причём рабочий день тракториста-машиниста значительно превышает нормативные 8 часов и доходит в пиковые периоды до 12-14 часов. Мало того, что рабочий день тракториста-машиниста значительно увеличен, но и имеет очень высокую плотность: по результатам хронометражных исследований – до 95% [4, 9].



Рис. Рабочее место тракториста-машиниста

Fig. Workplace of a tractor driver

В итоге при переходе на современную технику возникают новые виды рисков вследствие сочетания традиционной напряжённости тракториста с напряжённостью диспетчера и оператора ПЭВМ.

Условия работы за видеотерминалом противоположны тем, которые привычны для глаз тракториста-машиниста. В традиционном тракторе тракторист-машинист воспринимает в основном отражённый свет, а объекты наблюдения непрерывно находятся в поле зрения в течение хотя бы нескольких секунд. При работе за видеотерминалом трактористу-машинисту приходится иметь дело с самосветящимися объектами и дискретным (мерцающим с большой частотой) изображением, что увеличивает нагрузку на глаза. К этому добавляется резкий контраст между фоном и символами, непривычная форма символов, иное, чем при чтении книги, направление взгляда, блики и отражения на экране, меняющиеся при каждом повороте трактора. Напряжённая зрительная работа вызывает «глазные» (боль, резь в глазах, покраснение век и глаз, ломота в надбровной части и т.д.) и «зрительные» (пелена перед глазами, двоение предметов, мерцание, быстрая утомляемость во время зрительной работы) нарушения органов зрения, что может вызвать головную боль, усиление нервно-психического напряжения, снижение работоспособности [10-12].

Результаты и обсуждение. В Правилах по охране труда в сельском хозяйстве, утверждённых Министерством труда Приказом № 76н от 25 февраля 2016 г. (с изменениями на 4 июля 2018 г.) изложены требования охраны труда, в т.ч. и для тракториста-машиниста. Здесь отмечено, что при проведении работ, связанных с воздействием на работников вредных и (или) опасных производственных факторов, работодатель обязан принять меры по их исключению или снижению до допустимого уровня воздействия, установленного требованиями охраны труда.

Но технический уровень современных видеотерминалов не позволяет полностью исключить воздействие перечисленных выше факторов. Эти воздействия на органы зрения трактористов необходимо минимизировать, регламентировав ряд параметров в «Санитарных правилах по устройству тракторов и с.-х. машин» (утв. Минздравом СССР 28.04.1987 n 4282-87). Документ отстал от уровня развития техники и технологий.

Методические указания МУ 2.2.2.1914-04 «Гигиеническая оценка тракторов и сельскохозяйственных машин» также не учитывают введение в систему управления машинно-тракторными агрегатами мониторов, отображающих множество видов информации, которая должна быть доступна и моментально воспринимаема для своевременного принятия и реализации решения по управлению МТА. Наряду с этим появляется практика сочетания МТА с беспилотными летательными аппаратами (БПЛА). С большой долей вероятности в скором времени часть полевых технологических операций, таких, как сев, внесение удобрений и средств защиты растений и др., будут выполнять БПЛА, что потребует создания новых или дополнения существующих стандартов и санитарных правил по охране и безопасности труда как трактористов-машинистов, так и операторов БПЛА (а возможно – сочетание этих профессий).

Не учитывает наличие в кабине трактора видеотерминалов и новый документ, действующий с 2017 г., ГОСТ 12.2.120-2015 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Кабины и рабочие места операторов тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин. Общие требования безопасности». Стандарт распространяется на кабины и рабочие места операторов тракторов, самоходных сельскохозяйственных машин, универсальных энергетических средств (далее – машин) и устанавливает требования безопасности к конструкции кабин и их оборудованию, санитарно-гигиеническим и эргономическим требованиям к рабочим местам операторов.

На наш взгляд, в документах, регламентирующих требования к рабочему месту трактористов-машинистов, должны быть заданы основные параметры изображения на экране видеотерминала: яркость, контраст, размеры и форма знаков, отражательная способность экрана, наличие или отсутствие мерцаний. Кроме того, должны быть включены нормативы, характеризующие форму и размеры рабочего поля экрана, геометрические свойства знаков и др.

Системы спутникового вождения позволяют работать в ночное время, что стимулирует желание работодателей на максимальное использование техники и сокращение за счёт этого периодов пиковых работ, чтобы успеть сохранить влагу при весеннем севе, предотвратить осыпание зерна в период уборки урожая и уложится в оптимальные сроки при севе озимых. Но при этом возрастают угрозы для здоровья тракториста-машиниста вследствие сбоя личных биоритмов, что тоже ведёт к повышенной утомляемости, снижению внимания и нарушению памяти.

При автоматизации управления МТА и выноса контрольных параметров на видеотерминалы снижается необходимость в дополнительных движениях тракториста-машиниста сельскохозяйственного производства для контроля за состоянием агрегатов, почвы, посевов и т.п. Поэтому можно прогнозировать у механизаторов появление новых видов профессиональных заболеваний, схожих с теми, что уже выявляются у перечисленных выше работников непродуцированной сферы [12]. Так, рабочее положение тракториста-машиниста сельскохозяйственного производства «сидя» сопровождается статической нагрузкой значительного количества мышц ног, плеч, шеи и рук, что очень утомительно. Мышцы находятся длительное

время в сокращенном состоянии и не расслабляются, что ухудшает кровообращение. Вследствие этого возникают болевые ощущения, гиподинамия, происходит снижение потребления кислорода тканями организма, замедляется обмен веществ, что способствует развитию атеросклероза, ожирения, может стать причиной дистрофии миокарда, хронической головной боли, головокружения, бессонницы. А это риск роста ошибок и несчастных случаев [13, 14].

При работе на современных тракторах, оснащенных кондиционерами, у трактористов-машинистов возникает простуда от перепада температур, поскольку им приходится покидать кабину с работающим кондиционером и выходить в поле для регулировки, очистки рабочих органов, заправки опрыскивателей и т.п. Также кондиционеры являются причиной проявления такого заболевания, как легионеллез. Причина – накопление в воздуховодах и фильтрах кондиционера водного конденсата в смеси с органической пылью, что является питательной средой для развития бактерий легионеллы.

Выводы

1. В ГОСТ 12.2.120-2015 «Стандарты безопасности труда (ССБТ). Кабины и рабочие места операторов

тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин. Общие требования» и МУ 2.2.2.1914-04 «Гигиеническая оценка тракторов и сельскохозяйственных машин» предусмотреть требования к параметрам мониторов и их размещению в рабочей зоне трактористов-машинистов сельскохозяйственного производства. При этом учесть, что работа с монитором может происходить как в солнечную погоду, так и в ночное время.

Отражательная способность экрана не должна превышать 1%. Для снижения количества бликов и облегчения концентрации внимания корпус монитора должен иметь матовую одноцветную поверхность (светло-серый, светло-бежевый тона) с коэффициентом отражения 0,4...0,6, без блестящих деталей и с минимальным числом органов управления и надписей на лицевой стороне [14].

Основные нормируемые визуальные характеристики мониторов и соответствующие допустимые значения этих характеристик представлены в таблице 2 [14]. Но в связи с приведёнными выше особенностями работы механизатора эти параметры требуют уточнения.

Важно предусмотреть расположение видеотерминалов в кабине трактора непосредственно в зоне прямой видимости, исключив необходимость поворота головы более чем на 45°. Самая высокая точка экрана должна быть чуть ниже уровня глаз.

Таблица 2

Некоторые нормируемые визуальные параметры видеотерминалов

Table 2

Some normalized visual parameters of video terminals

Параметры <i>Options</i>	Допустимые значения <i>Permissible values</i>
Яркость знака или фона (измеряется в темноте) <i>Brightness of a sign or background (measured in the dark)</i>	35...120 кд/м ²
Контраст / <i>Contrast</i>	От 3:1 до 1,5:1
Временная нестабильность изображения (мерцания) <i>Temporary image instability (flicker)</i>	Не должна быть зафиксирована абсолютным числом наблюдателей (более 90%) <i>Should not be fixed absolute number of observers (over 90%)</i>
Угловой размер знака / <i>Angular size of a sign</i>	16...60
Отношение ширины знака к высоте / <i>Aspect ratio of a sign</i>	0,5...1,0
Отражательная способность экрана (блики) <i>Screen reflection factor (glare)</i>	не более 1%

2. Службам охраны труда сельскохозяйственных предприятий, использующих принципиально новые системы механизации, компьютерные и спутниковые технологии в полеводстве, необходимо учитывать изменения видов вредностей и опасностей.

При проведении СОУТ необходимо учесть наличие новых факторов трудового процесса. Причём условия труда в тракторах с мониторами, тракторах со спутниковыми системами вождения и в тех же моделях без указанных систем не могут считаться как аналогичные и должны рассматриваться как самостоятельные объекты.

Должны быть разработаны и реализованы меры по предотвращению усталости, направленные на удаление во времени развития утомления, недопущения глубоких

стадий утомления и переутомления трактористов – машинистов, ускорения восстановления внимания и работоспособности [15].

Для профилактики усталости трактористов-машинистов необходимо разработать и применять специфические методы для улучшения мозгового кровообращения, к которым можно отнести средства восстановления функционального состояния зрительного и опорно-двигательного аппарата, уменьшение гиподинамии, а также комплекс упражнений для глаз, рук и позвоночника.

Необходимо обязательно обучить трактористов-машинистов правилам пользования кондиционерами, а также очистке воздухопроводов кондиционера, своевременной замене фильтров, применения угольных и бактерицидных фильтров.

Библиографический список

1. Панферова А.И., Пензина Д.Э., Пичугина Н.Н. Тяжесть и напряженность трудового процесса в сельском хозяйстве (на примере профессии механизатор-тракторист). ФГБОУ ВО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского Минздрава России, 2017.
2. Широков Ю.А. Анализ ожидаемых проблем с охраной труда механизаторов при переходе на современную технику: Сб. статей по итогам II Международной научно-практической конференции «Горячкинские чтения», посвященной 150-летию со дня рождения академика В.П. Горячкина, 2019. С. 166-170.
3. Новикова Т.А., Спирин В.Ф. Гигиеническая классификация условий труда и оценка априорного профессионального риска здоровью трактористов-машинистов сельскохозяйственного производства // Здоровье и окружающая среда. 2015. Т. 2. № 25. С. 37-40.
4. Новикова Т.А., Райкин С.С., Буянов Е.С., Спирин В.Ф., Рахимов Р.Б. Условия труда как факторы профессионального риска функциональных нарушений у механизаторов сельского хозяйства // Анализ риска здоровья. 2014. № 2. С. 48-54.
5. Онищенко Г.Г., Ракитский В.Н., Синода В.А., Трухина Г.М., Луценко Л.А., Сухова А.В. Сохранение здоровья работников при внедрении здоровьесберегающей технологии // Здравоохранение Российской Федерации. 2015. № 6. С. 4-8.
6. МУ 2.2.2.1914-04. Гигиеническая оценка тракторов и сельскохозяйственных машин, 2014.
7. Охрана труда: портал для инженеров по охране труда Беларуси. URL: <https://ohranatruda.of.by/> (открытый доступ).
8. Шипилевский Г.Б., Архипов В.С. Перспективы развития диагностики технического состояния тракторов на основе бортовых электронных средств // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2004. № 7.
9. Новикова Т.А., Данилов А.Н., Спирин В.Ф. Влияние эргономических факторов на формирование профессионального риска нарушений здоровья механизаторов сельского хозяйства // Медицина труда и промышленная экология. 2019. № 7. С. 400-405.
10. Kent K., Goetzel R.Z., Roemer E.C., Prasad A., Freundlich N. Promoting healthy workplaces by building cultures of health and applying strategic communications. J Occup and Environ Medicine. 2016; 58(2): 114-22. DOI: 10.1097/JOM.0000000000000629. For the pract.
11. Широков Ю.А., Смирнов Г.Н. Методические основы нулевого травматизма в сельском хозяйстве: сборник Международной научно-практической конференции «Инновационные процессы в науке и образовании» в 2 ч. 2019. С. 134-137.
12. Hu N. Ch., Chen J.D., Cheng T.J. The associations between long working hours, physical inactivity, and burnout. Journal of Occup and Environ Medicine, 2016; 58(5): 514-518. 10.1097/JOM.0000000000000715. DOI: 10.1097/JOM.0000.00000000000715.
13. Watanabe K., Tabuchi T., Kawakami N. Improvement of the work environment and work-related stress: a cross-sectional multilevel study of a nationally representative sample of Japanese workers. Journal of Occup and Environ Medicine. 2017;59(3):295-303. DOI:10.1097/JOM.0000000000000950.
14. Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. Санитарные правила и нормы. СанПиН 2.2.2.542-96 (утв. Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 14.07.1996 N14).
15. Wierenga D., Engbers L., Empelen P., Mechelen W. A 7-step strategy for the implementation of worksite lifestyle interventions: helpful or not? Journal of Occup and Environ Medicine. 2016; 58(5): 159-165. DOI: 10.1097/JOM.0000000000000690.

Refereces

1. Panferova A.I., Penzina D.E., Pichugina N.N. Tyazhest' i napryazhennost' trudovogo protsessa v sel'skom khozyaystve (na primere professii mekhanizator-traktorist) [Difficulty and intensity of the labor process in agriculture (as exemplified by the profession of a machine operator-tractor driver)]. FGBOU VO Saratovskiy GMU im. V.I. Razumovskogo Minzdrava Rossii, 2017. (In Russian)
2. Shirokov Yu.A. Analiz ozhidayemykh problem s okhranoy truda mekhanizatorov pri perekhode na sovremennuyu tekhniku [Analysis of expected problems with labor protection of machine operators working with modern machines]: Sb. statey po itogam II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Goryachkinskiye chteniya", posvyashchennoy 150-letiyu so dnya rozhdeniya akademika V.P. Goryachkina, 2019: 166-170. (In Russian)
3. Novikova T.A., Spirin V.F. Gigiyenicheskaya klassifikatsiya usloviy truda i otsenka apriornogo professional'nogo riska zdorov'yu traktoristov-mashinistov sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva [Hygienic classification of working conditions and assessment of a priori occupational health risk of farm tractor drivers]. Zdorov'ye i okruzhayushchaya sreda. 2015; 2; 25: 37-40. (In Russian)
4. Novikova T.A., Raykin S.S., Buyanov Ye.S., Spirin V.F., Rakhimov R.B. Usloviya truda kak faktory professional'nogo riska funktsional'nykh narusheniy u mekhanizatorov sel'skogo khozyaystva [Working conditions as a factor of occupational risk and functional disorders in farm machine operators]. Analiz riska zdorov'yu. 2014; 2: 48-54. (In Russian)
5. Onishchenko G.G., Rakitskiy V.N., Sinoda V.A., Trukhina G.M., Lutsenko L.A., Sukhova A.V. Sokhraneniye zdorov'ya rabotnikov pri vnedrenii zdorov'ye- i resursoberegayushchey tekhnologii [Health maintenance of workers under conditions of the introduction health- and resource-saving technologies]. Zdravookhraneniye Rossiyskoy Federatsii. 2015; 6: 4-8. (In Russian)
6. MU2.2.2.1914-04. Gigiyenicheskaya otsenka traktorov i sel'skokhozyaystvennykh mashin [Recommended practices "Hygienic assessment of tractors and agricultural machines"], 2014. (In Russian)
7. Okhrana truda: portal dlya inzhenerov po okhrane truda Belarusi [Labor protection: Portal for labor protection engineers of Belarus]. URL: <https://ohranatruda.of.by/> (open access). (In Russian)
8. Shipilevskiy G.B., Arkhipov V.S. Perspektivy razvitiya diagnostiki tekhnicheskogo sostoyaniya traktorov na osnove bortovykh elektronnykh sredstv [Development prospects of the diagnostics of a technical condition of tractors

on the basis of onboard electronic means]. *Traktory i sel'sko-khozyaystvennyye mashiny*. 2004; 7. (In Russian)

9. Novikova T.A., Danilov A.N., Spirin V.F. Vliyaniye ergonomicheskikh faktorov na formirovaniye professional'nogo riska narusheniy zdorov'ya mekhanizatorov sel'skogo khozyaystva [Influence of ergonomic factors on the degree of occupational risks of health disorders of agricultural machine operators]. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2019; 7: 400-405. (In Russian)

10. Kent K., Goetzel R.Z., Roemer E.C., Prasad A., Freundlich N. Promoting healthy workplaces by building cultures of health and applying strategic communications. *J Occup and Environ Medicine*. 2016; 58(2): 114-22. DOI: 10.1097/JOM.0000000000000629. For the pract. (In English) (In Russian)

11. Shirokov Yu.A., Smirnov G.N. Metodicheskiye osnovy nulevogo travmatizma v sel'skom khozyaystve [Methodological grounds for ensuring zero injuries in agriculture]: *sbornik Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Innovatsionnyye protsessy v nauke i obrazovanii"*. In 2 parts. 2019: 134-137. (In Russian)

12. **Hu N. Ch.**, Chen J.D., Cheng T.J. The associations between long working hours, physical inactivity, and

burnout. *Journal of Occup and Environ Medicine*, 2016; 58(5): 514-518. 10.1097/JOM.0000000000000715. DOI: 10.1097/JOM.0000.000000000715. (In English)

13. Watanabe K., Tabuchi T., Kawakami N. Improvement of the work environment and work-related stress: a cross-sectional multilevel study of a nationally representative sample of Japanese workers. *Journal of Occup and Environ Medicine*. 2017; 59(3): 295-303. DOI: 10.1097/JOM.0000000000000950. (In English)

14. Gigiyenicheskiye trebovaniya k videodispleynym terminalam, personal'nym elektronno-vychislitel'nym mashinam i organizatsii raboty. Sanitarnyye pravila i normy. SanPiN 2.2.2.542-96 (utv. Postanovleniyem Goskomsanepidnadzora RF ot 14.07.1996 No.14) ["Hygienic requirements for video display terminals, personal electronic computers and work organization. Sanitary rules and regulations. SanPiN 2.2.2.542-96" (Approved by the resolution of Goskomsanepidnadzor of the Russian Federation on 14.07.1996 No.14)]. (In Russian)

15. Wierenga D., Engbers L., Empelen P., Mechelen W. A 7-step strategy for the implementation of worksite lifestyle interventions: helpful or not? *Journal of Occup and Environ Medicine*. 2016; 58(5): 159-165. DOI: 10.1097/JOM.0000000000000690. (In English)

Критерии авторства

Широков Ю.А., Смирнов Г.Н. выполнили анализ исследований специальной оценки рабочих мест и документации, регламентирующей требования к рабочим местам трактористов-машинистов, разработали предложения и написали рукопись. Широков Ю.А., Смирнов Г.Н. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 20.11.2019

Опубликована 20.12.2019

Contribution

Shirokov Yu.A., Smirnov G.N. analyzed the studies on the special assessment of workplaces and documentation regulating requirements to workplaces of tractor drivers, developed proposals, and wrote a manuscript. Shirokov Y.A., Smirnov G.N. have copyrights for the paper and are responsible for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on November 20, 2019

Published 20.12.2019

ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В АПК / TECHNICAL SERVICE IN AGRICULTURE

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

УДК 621.791: 621.791.9

DOI: 10.34677/1728-7936-2019-6-35-39

МЕТОДИКА НАЗНАЧЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ ПРИВАРКИ

СЕРОВ АНТОН ВЯЧЕСЛАВОВИЧ, канд. техн. наук, доцент

E-mail: serov@rgau-msha.ru

СЕРОВ НИКИТА ВЯЧЕСЛАВОВИЧ, канд. техн. наук, доцент

E-mail: spreiz2@inbox.ru

БУРАК ПАВЕЛ ИВАНОВИЧ, докт. техн. наук, профессор

E-mail: pburak@rambler.ru

СОКОЛОВА ВЕРА МИХАЙЛОВНА, ст. преподаватель

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

Разработана методика назначения рациональных параметров электроконтактной приварки (ЭКП) для обеспечения качества покрытий на деталях сельскохозяйственных машин при их восстановлении и/или упрочнении. Установлены факторы, оказывающие наибольшее влияние на качество и свойства покрытий – параметры режима ЭКП: усилие сжатия сварочных электродов, величина сварочного тока, длительность сварочного импульса и длительность паузы, скорость сварки, подача или скорость подачи, расход охлаждающей жидкости. С использованием предлагаемой методики было произведено упрочнение лемеха плуга из стали 65Г ГОСТ 1133-71 нанесением покрытия из стали марки У12А ГОСТ 2283-79. Получены следующие параметры режима ЭКП: величина сварочного тока 6,9 кА, время импульса 0,06 с, продолжительность паузы 0,08 с и расход охлаждающей жидкости 1,8 л/мин, коэффициент перекрытия сварочных точек в ряду 0,635, коэффициент перекрытия сварочных точек между рядами 0,76, площадь покрытия привариваемого за импульс 6,49 мм², скорость сварки 0,986 м/мин и максимальная производительность процесса ЭКП 22,48 см²/мин. При этом твёрдость полученных покрытий составила 60...62 НRC₃, а относительная износостойкость более чем в 4 раза выше, чем у стали 45 (180 НВ). Экспериментально подтверждена целесообразность применения разработанной методики назначения рациональных параметров ЭКП для обеспечения качества покрытий на деталях сельскохозяйственных машин при их восстановлении и/или упрочнении.

Ключевые слова: восстановление, упрочнение, ремонт, электроконтактная приварка, металлическая лента, оптимизация режимов, производительность, коэффициенты перекрытия.

Формат цитирования: Серов А.В., Серов Н.В., Бурак П.И., Соколова В.М. Методика назначения оптимальных режимов электроконтактной приварки // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2019. № 6(94). С. 35-39. DOI: 10.34677/1728-7936-2019-6-35-39.

TECHNIQUE OF SELECTING THE OPTIMUM MODES OF ELECTROCONTACT WELDING

ANTON V. SEROV, PhD (Eng), Associate Professor

E-mail: rezonans_demo@mail.ru

NIKITA V. SEROV, PhD (Eng), Associate Professor

E-mail: spreiz2@inbox.ru

PAVEL I. BURAK, DSc (Eng), Professor

E-mail: pburak@rambler.ru

VERA M. SOKOLOVA, Senior Lecturer

Russian Timiryazev State Agrarian University; 127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49

The authors developed a technique of selecting rational parameters of electrical contact welding (ECW) to ensure the quality of coatings produced on the parts of agricultural machines during their restoration and/or hardening. They determined factors that have the greatest influence on the quality and properties of coatings – the ECW mode parameters: compression force of welding electrodes, welding current, welding pulse and pause duration, welding speed, material feed, or feed rate, and coolant flow rate. By means of the proposed method, the ploughshare from 65Г steel of GOST 1133-71 was strengthened with coating from Y12A steel of GOST 2283-79. The following parameters of the EPW mode were obtained: a welding current value of 6.9 kA, a pulse time of 0.06 s, a pause duration of 0.08 s, and a coolant flow rate of 1.8 l/min, the overlap coefficient of weld spots in a row of 0.635, the overlap coefficient of weld spots between rows of 0.76, the coating area welded per pulse of 6.49 mm², a welding speed of 0.986 m/min and the maximum performance of the ECW process of 22.48 cm²/min. The hardness of the obtained coatings was 60...62 HRC_{0.1}, and the relative wear resistance was more than 4 times higher than that of steel 45 (180 HB). The study has experimentally confirmed the feasibility of using the developed technique for selecting rational EPW parameters to ensure the quality of coatings produced on the parts of agricultural machines during their restoration and/or hardening.

Key words: restoration, hardening, repair, electrical contact welding, metal strip, optimization of modes, performance, overlap coefficients.

For citation: Serov A.V., Serov N.V., Burak P.I., Sokolova V.M. Technique of selecting the optimum modes of electrocontact welding. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*. 2019; 6(94): 35-39. DOI: 10.34677/1728-7936-2019-6-35-39 (In Rus.).

Введение. Электроконтактная приварка (ЭКП) является перспективным и универсальным способом восстановления и упрочнения, а также получения функциональных покрытий на деталях сельскохозяйственных машин [1].

На процесс электроконтактной приварки, а следовательно, на качество и свойства получаемых покрытий влияет множество различных факторов [2-7].

Начальными условиями при нанесении функционального покрытия методом ЭКП на заготовки и детали, подлежащие восстановлению и/или упрочнению, являются материал основы и его геометрические параметры.

Химический состав присадочного материала зависит от свойств покрытий, которые необходимо получить при ЭКП в процессе нанесения функционального покрытия и/или восстановления детали [8-11]. Промежуточный слой может применяться для снижения химической неоднородности в зоне соединения и остаточных напряжений, компенсации различия в значениях коэффициентов линейного теплового расширения соединяемых материалов, снижения степени пластической деформации соединяемых материалов и основных параметров режима ЭКП при одновременном обеспечении высокой прочности соединений. Выбор промежуточного слоя и его толщины осуществляется в зависимости от материала основы и выбранного присадочного материала [5-6].

Факторами, оказывающими наибольшее влияние на качество и свойства покрытий, являются параметры режима ЭКП [2-6]: усилие сжатия сварочных электродов P , величину сварочного тока $J_{св}$, длительность сварочного импульса t_n и длительность паузы $t_{п}$, скорость сварки $v_{св}$ (при этом в случае ЭКП тел вращения, под скоростью сварки следует понимать окружную скорость, которая задаётся частотой вращения детали n , а для плоских деталей скорость продольной подачи детали относительно электрода (или наоборот)), подача или скорость подачи S , расход охлаждающей жидкости G . Одним из показателей, отражающим экономическую эффективность ЭКП, является производительность процесса [12].

Цель исследования – разработка методики назначения рациональных параметров ЭКП, для обеспечения качества покрытий на деталях сельскохозяйственных машин при их восстановлении и/или упрочнении.

Материал и методы. Для достижения поставленной цели был проведён анализ литературных источников. Применён метод математического моделирования.

Результаты и обсуждение. Поскольку за время прохождения импульса тока t_n происходит взаимное перемещение электродов и детали l_n , площадь зоны контакта, через который ток проходит в течение всего времени протекания импульса тока, равна удвоенной площади сегмента отсекаемого общей хордой пересекающихся сварочных точек в начале протекания импульса тока и в его конце (рис 1).

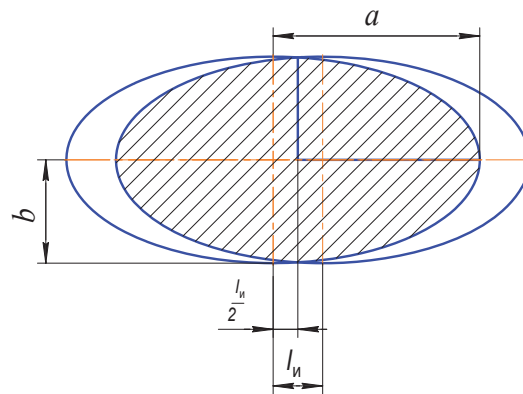


Рис. 1. Геометрические параметры сварочной точки эллиптической формы

Fig. 1. Geometrical parameters of an elliptical weld spot

Для нахождения этой площади, привариваемой за время протекания импульса тока для точки эллиптической формы, необходимо взять определённый интеграл уравнения эллипса от половины расстояния, проходимого электродом l_n за время протекания импульса сварочного тока t_n до главной полуоси эллипса a .

Запишем уравнение эллипса:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1, \tag{1}$$

где a и b большая и малая полуоси эллипса, образованного сварочной точкой, мм.

Выразим из уравнения у:

$$y = \sqrt{b^2 \frac{a^2 - x^2}{a^2}} = \frac{b}{a} \sqrt{a^2 - x^2}. \quad (2)$$

Найдём определённый интеграл полученного уравнения:

$$S_{\text{н}} = 4 \frac{b}{a} \left(\frac{a}{2} \sqrt{a^2 - a^2} + \frac{a^2}{2} \sin^{-1} \frac{a}{a} - \frac{l_{\text{н}}}{2} \sqrt{a^2 - \left(\frac{l_{\text{н}}}{2}\right)^2} - \frac{a^2}{2} \sin^{-1} \frac{l_{\text{н}}}{2a} \right). \quad (3)$$

Площадь ленты, через которую ток проходит в течение всего времени протекания сварочного импульса $t_{\text{н}}$, следовательно, площадь с гарантированной прочностью соединения при оптимальных режимах электроконтактной приварки можно найти как:

$$S_{\text{н}} = 4 \frac{b}{a} \left(\frac{\pi a^2}{4} - \frac{l_{\text{н}}}{4} \sqrt{a^2 - \frac{l_{\text{н}}^2}{4}} - \frac{a^2}{2} \sin^{-1} \frac{l_{\text{н}}}{2a} \right). \quad (4)$$

Так на основе вышеприведённого была выведена формула максимальной производительности процесса электроконтактной приварки Q_s с учётом взаимного перемещения электродов и детали за время протекания импульса сварочного тока, и как следствие уменьшения площади привариваемой за это время [12]:

$$Q_s = \frac{k_{\text{пн}} d_{\text{т}} k_{\text{пнс}} d_{\text{т}}}{t_{\text{н}} + t_{\text{н}} k_{\text{пн}}} = \frac{k_{\text{пн}} k_{\text{пнс}} d_{\text{т}}^2}{t_{\text{н}} + t_{\text{н}} k_{\text{пн}}} \quad (5)$$

где $d_{\text{т}}$ – диаметр приваренной единичной точки при её круглой форме, или ширина валика приварки ($2b$), мм; $k_{\text{пнс}}$ – коэффициента перекрытия сварочных площадок между рядами приварки; $k_{\text{пн}}$ – коэффициента перекрытия сварочных площадок между соседними точками ряда; $t_{\text{н}}$ – время паузы, с; $t_{\text{н}}$ – время импульса, с.

Для обеспечения полного перекрытия сварочных точек при различных коэффициентах $k_{\text{пн}} \neq k_{\text{пнс}}$, необходимо воспользоваться следующим выражением [12]:

$$1 = \sqrt{k_{\text{пнс}}^2 + k_{\text{пн}}^2}. \quad (6)$$

Для определения значений коэффициентов перекрытия, при которых будет достигнута наибольшая производительность процесса электроконтактной приварки (рис. 2) (при условии обеспечения полного перекрытия сварочных площадок с учётом взаимного перемещения электродов-роликов и детали за период времени импульса), выразим из выражения (6) $k_{\text{пнс}}$ и подставим в выражение (5):

$$Q_s = d_{\text{т}}^2 \frac{k_{\text{пн}} \sqrt{1 - k_{\text{пн}}^2}}{t_{\text{н}} + t_{\text{н}} k_{\text{пн}}}. \quad (7)$$

Для решения поставленной задачи необходимо найти экстремум функции, а следовательно, взять производную полученного выражения по $k_{\text{пн}}$:

$$Q_s' = \left(d_{\text{т}}^2 \frac{k_{\text{пн}} \sqrt{1 - k_{\text{пн}}^2}}{t_{\text{н}} + t_{\text{н}} k_{\text{пн}}} \right)'. \quad (8)$$

После дифференцирования и математических преобразований получим:

$$Q_s' = d_{\text{т}}^2 \frac{(t_{\text{н}} k_{\text{пн}}^3 + 2t_{\text{н}} k_{\text{пн}}^2 - t_{\text{н}})}{(t_{\text{н}} + t_{\text{н}} k_{\text{пн}})^2}. \quad (9)$$

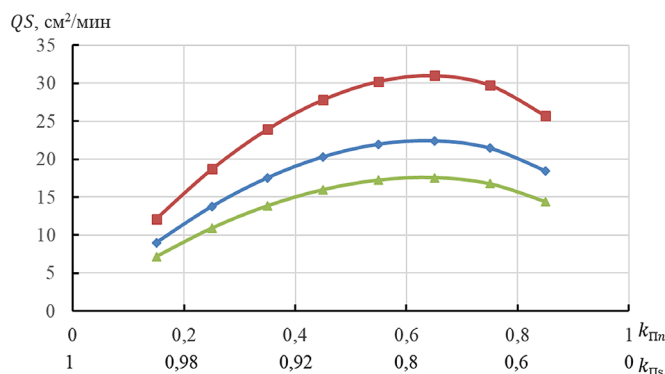


Рис. 2. Зависимость производительности процесса электроконтактной приварки от коэффициентов перекрытия при диаметре сварочной точки 3 мм:

■ – $t_{\text{н}} = 0,04$ и $t_{\text{н}} = 0,06$; ◆ – $t_{\text{н}} = 0,06$ и $t_{\text{н}} = 0,08$;
▲ – $t_{\text{н}} = 0,08$ и $t_{\text{н}} = 0,1$

Fig. 2. Relationship between the performance of electrical welding and the overlap coefficients at a weld spot diameter of 3 mm:

■ – $t_{\text{н}} = 0,04$ и $t_{\text{н}} = 0,06$; ◆ – $t_{\text{н}} = 0,06$ и $t_{\text{н}} = 0,08$;
▲ – $t_{\text{н}} = 0,08$ и $t_{\text{н}} = 0,1$

Производительность процесса электроконтактной приварки будет максимальна при таком значении $k_{\text{пн}}$, при котором производная Q_s' будет равна нулю.

Выражение (9) может быть равно 0, только если числитель дроби равен нулю:

$$t_{\text{н}} k_{\text{пн}}^3 + 2t_{\text{н}} k_{\text{пн}}^2 - t_{\text{н}} = 0. \quad (10)$$

Для решения уравнения (10) воспользуемся программой «Mathcad»:

$$k_{\text{пн}} = \frac{2\sqrt[3]{2}(1 - t_{\text{н}}\sqrt{3})t_{\text{н}}^2}{3\sqrt[3]{-16t_{\text{н}}t_{\text{н}}^3 + 3\sqrt{3}\sqrt{-32t_{\text{н}}^4 - 27t_{\text{н}}^2 - 27t_{\text{н}}t_{\text{н}}}} - \frac{(1 + t_{\text{н}}\sqrt{3})\sqrt[3]{-16t_{\text{н}}t_{\text{н}}^3 + 3\sqrt{3}\sqrt{-32t_{\text{н}}^4 - 27t_{\text{н}}^2 - 27t_{\text{н}}t_{\text{н}}}}}{6\sqrt[3]{2}} + \frac{2t_{\text{н}}t_{\text{н}}}{3}. \quad (11)$$

Продолжительность паузы, необходимая для перекрытия сварочных точек, находится по формуле:

$$t_{\text{н}} = \frac{k_{\text{пн}} d_{\text{т}}}{v_{\text{св}}} - t_{\text{н}} k_{\text{пн}}, \quad (12)$$

где $v_{\text{св}}$ – скорость сварки, м/мин (табл.).

Наиболее рационально усилие сжатия сварочных электродов P при восстановлении детали и/или заготовки диаметров до 50 мм составляет 1,30...1,4 кН, от 50 мм и более – 1,4...1,6 кН [2].

Силу сварочного тока $J_{\text{св}}$ ориентировочно можно найти по формуле [6]:

$$J_{\text{св}} = d_{\text{с}} \sqrt{\frac{T_{\text{к}} \lambda}{\eta_{\text{т}} \rho_{\text{с}}}}, \quad (14)$$

где $d_{\text{с}}$ – диаметр сварочной точки, м; λ – теплопроводность вещества, Вт/(м·К); $T_{\text{к}}$ – температура приварки, К; $\eta_{\text{т}}$ – термический коэффициент полезного действия; $\rho_{\text{с}}$ – удельное электрическое сопротивление, Ом·м.

Скорость сварки

Weld spot

Диаметр детали, мм <i>Diameter of the part, mm</i>	15	20	30	40	50	60	70	80	100	130
Скорость сварки, м/мин <i>Welding speed, m/min</i>	1,22	1,25	1,25	1,32	1,33	1,25	1,33	0,94	0,75	0,71

Время продолжительности импульса t_n сварочного тока находится по формуле [6]:

$$t_n = \frac{F_o \rho c h^2}{\lambda}, \quad (15)$$

где F_o – число Фурье; h – толщина упрочняемой детали, м; t_n – время продолжительности импульса тока, с; c – удельная теплоёмкость вещества, Дж/(кг·К); ρ – плотность вещества, кг/м³.

Расход охлаждающей жидкости влияет на скорость охлаждения материалов, соединяемых ЭКП, соответственно и на процессы фазовых превращений в деталях. Недостаточный расход охлаждающей жидкости приведёт к перегреву детали и электрода. При избыточном расходе охлаждающей жидкости, повышается потребление тепла, необходимого для образования соединения.

Расход охлаждающей жидкости можно найти из уравнения теплового баланса [6]:

$$G = \frac{\alpha F (t_c - t_n)}{ac(t_c - t_n) + (1-a)r} = \frac{\overline{Nu}_{жд} \lambda (t_c - t_n) \pi l}{ac(t_c - t_n) + (1-a)r}, \quad (16)$$

где $\overline{Nu}_{жд}$ – число Нуссельта для плоской детали $\overline{Nu}_{жд} = 0,664 Re_{жд}^{0,5} Pr_{ж}^{0,333} \left(\frac{Pr_{ж}}{Pr_c}\right)^{0,25}$, а для детали цилиндрической формы $\overline{Nu}_{жд} = 0,5 Re_{жд}^{0,5} Pr_{ж}^{0,38} \left(\frac{Pr_{ж}}{Pr_c}\right)^{0,25}$; $Pr_{ж}$ и Pr_c – число

Прандтля для жидкости $Pr_{ж} = 9,97$ (при $t_{ж} = 11^\circ\text{C}$) и стенки, $Pr_c = 4,31$ (при $t_c = 40^\circ\text{C}$); $Re_{жд}$ – число Рейнольдса ($Re_{жд}^{0,5} = 500$); α – коэффициент теплоотдачи; F – площадь поверхности теплопередачи, м²; t_c – температура стенки детали, °C; t_n – температура жидкости, °C; a – доля не испарившейся охлаждающей жидкости; t_n – температура охлаждающей жидкости начальная, °C; r – теплота парообразования при t_c , Дж/кг.

При упрочнении лемеха плуга из стали 65Г ГОСТ 1133-71 (рис. 3) нанесением покрытия из стали марки У12А ГОСТ 2283-79 с использованием предлагаемой методики были получены следующие параметры режима ЭКП: величина сварочного тока ($J = 6,9$ кА), время импульса ($t_n = 0,06$ с), продолжительность паузы ($t_n = 0,08$ с) и расход охлаждающей жидкости ($G = 1,8$ л/мин), коэффициент перекрытия сварочных точек в ряду ($k_{лр} = 0,635$), коэффициентов перекрытия сварочных точек между рядами ($k_{лс} = 0,76$), площадь покрытия привариваемого за импульс ($S_n = 6,49$ мм²), скорость сварки ($v_{св} = 0,986$ м/мин) и максимальная производительность процесса ЭКП ($Q_S = 22,48$ см²/мин).

При этом твёрдость полученных покрытий составила 60...62 HRC, а относительная износостойкость более чем в 4 раза выше, чем у стали 45 (180 HB).



Рис. 3. Лемехи плуга с приваренной лентой У12А
Fig. 3. Plowshares of a plow with a welded strip U12A

Вывод

Экспериментально подтверждена целесообразность и эффективность применения разработанной методики назначения рациональных параметров ЭКП для обеспечения качества покрытий на деталях сельскохозяйственных машин при их восстановлении и/или упрочнении.

Библиографический список

1. Загиров И.И., Тархова Л.М., Шакиров И.Р. Варианты электроконтактной приварки // Современное состояние, традиции и инновационные технологии в развитии АПК: материалы Международной научно-практической конференции в рамках XXVIII Международной специализированной выставки «Агрокомплекс-2018». Уфа: Башкирский государственный аграрный университет. 2018. С. 52-57.
2. Латыпов Р.А. Электроконтактная приварка. Теория и практика: монография / Р.А. Латыпов, В.В. Булычев, П.И. Бурак, Е.В. Агеев. М.: Университетская книга, 2016. 391 с.
3. Гаскаров И.Р. Исследование свойств покрытий, получаемых электроконтактной приваркой стальной ленты / И.Р. Гаскаров, И.Р. Максютов, В.В. Арсланов, А.В. Арсланов // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2018. № 4 (48). С. 123-128. DOI: 10.31563/1684-7628-2018-48-4-123-128.
4. Нафиков М.З. Рациональные режимы формирования металлопокрытия контактной приваркой двух присадочных проволок / М.З. Нафиков, Р.Г. Ахмаров, И.Р. Ахметьянов, И.И. Загиров, А.Ю. Коннов, Л.М. Тархова, Р.Ф. Масягутов // Электротехнология. 2019. № 7. С. 25-32. DOI: 10.31044/1684-5781-2019-0-7-25-32.
5. Burak P.I., Serov A.V., Latypov R.A. Optimization of the process of electric resistance welding of metallic strips through an amorphous solder // Welding international.

Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2012. № 10 (26). С. 814-818. DOI: 10.1080/09507116.2011.653168.

6. Бурак П.И., Серов А.В. Методика определения параметров электроконтактной приварки компактных материалов через аморфную ленту // Международный научный журнал. 2011. Вып. 2. С. 81-86.

7. Серов Н.В., Бурак П.И., Серов А.В. Технология упрочнения лемехов плуга электроконтактной приваркой // Труды ГОСНИТИ. 2015. Т. 121. С. 287-290.

8. Фомин А.И. Влияние параметров режима электроконтактной приварки ленты на предел выносливости коленчатых валов // Сельский механизатор. 2018. № 11. С. 46-47.

9. Бурак П.И., Серов А.В. Материалы, рекомендованные для электроконтактной приварки // Труды ГОСНИТИ. М.: ГНУ ГОСНИТИ Россельхозакадемии, 2010. Т. 105. С. 176-180.

10. Серов А.В., Бурак П.И., Латыпов Р.А., Серов Н.В. Функциональные покрытия в сельскохозяйственном машиностроении // Международный научный журнал. 2014. Вып. 6. С. 71-77.

11. Оськин В.А., Серов А.В., Соколова В.М. Электроконтактная приварка как метод получения функциональных покрытий в сельском хозяйстве // Доклады ТСХА: сборник статей. 2016. Вып. 288. С. 252-255.

12. Серов Н.В., Бурак П.И., Серов А.В. Определение технологических параметров электроконтактной приварки при восстановлении и упрочнении плоских поверхностей // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2017. № 1 (77). С. 35-40.

References

1. Zagirov I.I., Tarkhova L.M., Shakirov I.R. Varianty elektrokontaktной приварки [Variants of electrocontact welding]. *Sovremennoye sostoyaniye, traditsii i innovatsionnyye tekhnologii v razvitiy APK: mater. Mezhdunarodnoy nauch.-prakt. konf. v ramkakh XXVIII Mezhdunarodnoy spetsializirovannoy vystavki "Agrokompleks-2018"*. Ufa: Bashkirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet. 2018: 52-57. (In Russian)

2. Latypov R.A. Elektrokontaktная приварка. Teoriya i praktika: monografiya [Electrocontact welding. Theory and practice: Monograph] / R.A. Latypov, V.V. Bulychev, P.I. Burak, Ye.V. Ageyev. Moscow, Universitetskaya kniga, 2016: 391. (In Russian)

3. Gaskarov I.R., Maksyutov I.R., Arslanov V.V., Arslanov A.V. Issledovaniye svoystv pokrytiy, poluchayemykh elektrokontaktной приваркой stal'noy lenty [Study of the properties of coatings obtained by electrocontact welding of a steel strip]. *Vestnik Bashkirskogo gosudarst-*

vennogo agrarnogo universiteta. 2018; 4 (48): 123-128. DOI: 10.31563/1684-7628-2018-48-4-123-128. (In Russian)

4. Nafikov M.Z., Akhmarov R.G., Akhmet'yanov I.R., Zagirov I.I., Konnov A.Yu., Tarkhova L.M., Masyagutov R.F. Ratsional'nyye rezhimy formirovaniya metallopokrytiya kontaktной приваркой dvukh prisadochnykh provolok [Rational modes of metal coating formation by contact welding using two filler wires]. *Elektrometallurgiya*. 2019; 7: 25-32. DOI: 10.31044/1684-5781-2019-0-7-25-32. (In Russian)

5. Burak P.I., Serov A.V., Latypov R.A. Optimization of the process of electric resistance welding of metallic strips through an amorphous solder. *Welding international. Cambridge: Woodhead Publishing Limited*, 2012; 10 (26): 814-818. DOI: 10.1080/09507116.2011.653168. (In English)

6. Burak P.I., Serov A.V. Metodika opredeleniya parametrov elektrokontaktной приварки kompaktnykh materialov cherez amorfnyuyu lentu [Method of determining the parameters of electrocontact welding of compact materials using an amorphous strip]. *Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal*. 2011; 2: 81-86. (In Russian)

7. Serov N.V., Burak P.I., Serov A.V. Tekhnologiya uprochneniya lemekhov pluga elektrokontaktной приваркой [Technique of hardening plough shares with electrocontact welding]. *Trudy GOSNITI*. 2015; 121: 287-290. (In Russian)

8. Fomin A.I. Vliyaniye parametrov rezhima elektrokontaktной приварки lenty na predel vynoslivosti kolenchatykh valov [Influence of the electrical contact welding parameters of a strip on the endurance of crankshafts]. *Sel'skiy mekhanizator*. 2018; 11: 46-47. (In Russian)

9. Burak P.I., Serov A.V. Materialy, rekomendovannyye dlya elektrokontaktной приварки [Materials recommended for electrocontact welding]. *Trudy GOSNITI*. 2010; 105: 176-180. (In Russian)

10. Serov A.V., Burak P.I., Latypov R.A., Serov N.V. Funktsional'nyye pokrytiya v sel'skokhozyaystvennom mashinostroyenii [Functional coatings in agricultural machinery building]. *Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal*. 2014; 6: 71-77. (In Russian)

11. Os'kin V.A., Serov A.V., Sokolova V.M. Elektrokontaktная приварка kak metod polucheniya funktsional'nykh pokrytiy v sel'skom khozyaystve [Electrocontact welding as a method of producing functional coatings in the farm industry]. *Doklady TSKHA: sbornik statey*. 2016; 288: 252-255. (In Russian)

12. Serov N.V., Burak P.I., Serov A.V. Opredeleniye tekhnologicheskikh parametrov elektrokontaktной приварки pri vosstanovlenii i uprochnenii ploskikh poverkhnostey [Estimating the technological parameters of electrocontact welding used for the recovery and hardening of flat surfaces]. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*. 2017; 1 (77): 35-40. (In Russian)

Критерии авторства

Серов А.В., Серов Н.В., Бурак П.И., Соколова В.М. выполнили теоретические исследования, на их основании проведен эксперимент. Серов А.В., Серов Н.В., Бурак П.И., Соколова В.М. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 10.10.2019

Опубликована 20.12.2019

Contribution

Serov A.V., Serov N.V., Burak P.I., Sokolova V.M. performed theoretical studies, and based on them conducted an experiment. Serov A.V., Serov N.V., Burak P.I., Sokolova V.M. have equal author's rights and bearequal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on October 10, 2019

Published 20.12.2019

СПОСОБ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗНОШЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ВАЛА РЕДУКТОРА В СОЕДИНЕНИИ «ВАЛ-МАНЖЕТА» С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕМОНТНОЙ ВТУЛКИ И ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

ИГНАТКИН ИВАН ЮРЬЕВИЧ, докт. техн. наук, доцент

E-mail: ignatkinivan@gmail.com

ДРОЗДОВ АНДРЕЙ ВИКТОРОВИЧ

E-mail: 18vik18@mail.ru

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана; 105005, Российская Федерация, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, 5

Обосновано применение способа восстановления изношенной поверхности вала редуктора в соединении «вал-манжета» с помощью ремонтной втулки и полимерного материала. Рекомендуется применение селективной сборки с обеспечением переходной посадки с максимально возможным натягом 0,02 мм и с максимально возможным зазором 0,16 мм. Экспериментальные образцы ремонтных втулок изготовлены из тонкостенных сортовых труб из стали 30ХГСА ГОСТ 8734-75. Фиксация втулки на валу осуществлялась с помощью анаэробного полимерного состава Унигерм-6. Анализ результатов испытаний показал, что прочность на сдвиг не соответствует данным производителя для рассматриваемого размера сопряжения, но при этом значения прочности выше допусковых. Разброс полученных усилий не велик и коррелирует с величиной зазоров в образцах. Подтверждена полимеризация состава в зазоре, близком к 0,3 мм. Установлено, что рекомендованный максимально возможный зазор 0,16 мм обеспечивает достаточную прочность соединения и точность центрирования заготовки на валу (максимально возможное биение вала 0,18 мм). При получении натяга в сопряжении предлагается нагревать втулку перед установкой до 150°C, что будет достаточно для перекрытия натяга и в то же время не повлияет на свойства полимерного состава.

Ключевые слова: восстановление, ремонт, вал, манжета, втулка, полимер, анаэроб.

Формат цитирования: Игнаткин И.Ю., Дроздов А.В. Способ восстановления изношенной поверхности вала редуктора в соединении «вал-манжета» с применением ремонтной втулки и полимерных материалов // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2019. № 6(94). С. 40-45. DOI: 10.34677/1728-7936-2019-6-40-45.

METHOD OF RESTORING THE WORN SURFACE OF A REDUCTION GEAR SHAFT IN A 'SHAFT-TO-COLLAR' CONNECTION USING A REPAIR BUSHING AND POLYMERIC MATERIALS

IVAN YU. IGNATKIN, DSc (Eng), Associate Professor

E-mail: ignatkinivan@gmail.com

ANDREI V. DROZDOV

E-mail: 18vik18@mail.ru

Bauman Moscow State Technical University; 105005, Russian Federation, Moscow, 2nd Baumanskaya Str., 5

The authors prove the feasibility of applying a method for restoring the worn surface of a reduction gear shaft in a "shaft-sleeve" connection using a repair bushing and a polymer material. It is recommended to use selective assembly with a transition fit with the maximum possible interference fit of 0.02 mm, and the maximum possible clearance of 0.16 mm. The experimental samples of repair bushings are made of thin-walled high-quality pipes made of steel 30XGSA GOST 8734-75. The sleeve was fixed on the shaft using the Unigerm-6 anaerobic polymer composition. An analysis of the test results showed that the shear strength does not correspond to the manufacturer's data for the considered size of the fit, but the strength values are higher than permissible ones. The dispersion of the obtained force values is not large and correlates with the clearance sizes in the samples. The study confirmed the composition polymerization in a clearance of approximately 0.3 mm. The recommended maximum possible clearance of 0.16 mm ensures sufficient strength of the coupling and the centering accuracy of the workpiece on the shaft (at the maximum possible shaft runout of 0.18 mm). To ensure tightness in the fit, it is proposed to heat the bushing before installation to 150°C, which is sufficient enough to obtain an interference fit but does not affect the properties of the polymer composition.

Keywords: restoration, shaft, sleeve, bushing, polymer, anaerobe.

For citation: Ignatkin I.Yu., Drozdov A.V. Method of restoring the worn surface of a reduction gear shaft in a 'shaft-to-collar' connection using a repair bushing and polymeric materials. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*. 2019; 6(94): 40-45. DOI: 10.34677/1728-7936-2019-6-40-45 (In Rus.).

Введение. Редукторы широко применяются практически во всех отраслях промышленности. Нередко от их работоспособности зависит бесперебойность работы как отдельного станка, так и целого предприятия. Одной из самых распространённых причин выхода редукторов из строя является нарушение герметичности соединения «вал-манжета» (встречается у 70% ремонтируемых единиц). Износ посадочной поверхности вала под манжету носит абразивный характер и обусловлен эксплуатацией в запылённых условиях [1]. Частицы абразива проникают в зону контакта «манжета-вал» и, обладая высокой твердостью, внедряются в мягкий материал манжеты и фиксируются там. Формируется относительное движение в паре «вал-частица», приводящее к срезанию слоя материала с поверхности вала. В результате многократного повторения описанного процесса образуется и развивается канавка, нарушающая герметичность узла.

Помимо понесённых финансовых затрат, связанных с простым оборудованием, течь ГСМ ухудшает условия эксплуатации узла, повышает пожароопасность и экологическую нагрузку на окружающую среду, что особенно остро проявляется для мобильной техники. Такой износ пропорционален количеству циклов воздействия и интенсивнее протекает на быстроходном валу редуктора. Чаще всего он имеет место в соединении «вал-шестерня» – достаточно сложном и дорогом изделии, восстановление которого имеет экономический смысл.

На сегодняшний день наиболее распространены следующие методы восстановления наружной цилиндрической поверхности: точение под ремонтный размер; различные виды напыления; электроконтактная приварка ленты; использование полимерных материалов холодного отверждения; использование дополнительной ремонтной детали [2]. У каждого способа есть как преимущества, так и недостатки. Например, напыление позволяет получить функциональные покрытия с необходимыми свойствами, однако формируемое покрытие обладает низкой адгезионной прочностью, при этом электроконтактная приварка ленты имеет существенные ограничения по толщине восстанавливаемого слоя [3]. При точении на ремонтный размер необходима последующая закалка поверхности, а оборудование для поверхностной закалки является не универсальным и дорогостоящим. Использование полимерных материалов холодного отверждения требует изготовления одноразовой оснастки [4, 5].

По данным многочисленных исследований глубина износа в соединении «вал-шестерня» составляет не более 0,35 мм на радиус. В связи с чем целесообразно восстанавливать наружную цилиндрическую поверхность с применением дополнительной ремонтной детали [1].

Цель работы – обоснование способа восстановления изношенной поверхности вала редуктора в соединении «вал-манжета» с применением ремонтной втулки и полимерных материалов.

Задачи:

1. Обосновать предлагаемый метод восстановления.
2. Аргументировать выбор полимера и материал втулок.
3. Провести испытания по прочности клеевого соединения.
4. Обосновать выбор посадки в сопряжении «вал-втулка».

Материал и методы. Проведённый анализ применяемых способов восстановления подвёл к целесообразности реализации метода с использованием дополнительной ремонтной детали. В большинстве случаев фиксацию ремонтной детали осуществляют за счёт посадки с натягом, которая является концентратором напряжений и вынуждает проводить точную механическую обработку изношенной поверхности под ремонтную втулку. Предлагается перейти к переходной посадке и использовать анаэробный полимерный материал для фиксации втулки на валу [6, 7].

Из соображений технологичности предлагается изготовить ремонтные втулки из тонкостенных сортовых труб из стали 30ХГСА по ГОСТ 8734-75 [8]. Выбор данной стали обоснован требованиями, предъявляемыми упрочняющей химико-термической обработкой (азотированием) [9]. Именно данный способ предлагается для увеличения твёрдости поверхности втулки, так как изначальная твёрдость втулок (22 HRC) не соответствует техническим требованиям на восстановленный вал (50 HRC) [10].

В качестве анаэробного клея предлагается использовать продукт «ФГУП НИИ полимеров» Унигерм-6. Он отверждается при зазоре до 0,3 мм, что позволит снизить точность механической обработки, а заявленный предел прочности на сдвиг 1,5 МПа – достаточен для описанных условий эксплуатации [11]. Отметим, что из-за действия силы трения со стороны манжеты достаточно прочности 0,01 МПа (для цилиндрической поверхности диаметром 34 мм и шириной 15 мм).

Размер предварительной обработки изношенной поверхности определяется, исходя из технических требований к восстанавливаемой шейке, а также ограничениями по допустимой величине зазора для полимера. Стоит упомянуть, что ГОСТ 8734-75 не регламентирует допуск на внутренний диаметр труб (регламентируется наружный диаметр и толщина труб). Допуск и отклонения внутреннего диаметра труб можно определить по теории расчёта размерных цепей, так как известны допуск и отклонения наружного диаметра ($\varnothing 35 \pm 0,4$ мм) и толщины стенки трубы ($1 \pm 0,12$ мм). В результате расчёта по методу «максимум – минимум» получим $\varnothing 33 \pm 0,64$ мм.

Из-за такого разброса размеров внутреннего диаметра необходимо проводить индивидуальный подбор пар сопрягаемых размеров.

Для оценки предела прочности соединения на сдвиг проведены экспериментальные исследования. Фактические размеры экспериментальных образцов (втулок и оправок) приведены в таблице. Помимо прочности

в разрушенных образцах оценивались равномерность распределения полимера в зазоре и полнота полимеризации анаэроба в условиях больших зазоров.

Согласно рекомендациям изготовителя клея, значение шероховатости склеиваемых поверхностей составляет

Ra 1,6...6,3 мкм, при этом стоит избегать получения поверхностей очень гладких, так как уменьшается коэффициент сцепления материалов [12, 13].

Для проведения испытаний были изготовлены образцы (рис. 1а).

Общие сведения и результаты испытаний

General information and test results

Полимерный состав <i>Polymer composition</i>	Унигерм-6 <i>Unigerm-6</i>			
Обезжириватель <i>Degreaser</i>	Ацетон <i>Acetone</i>			
Шероховатость поверхности оправок Ra (определить по образцу-свидетелю) <i>Surface roughness of the mandrels Ra (determined by a witness sample), microns</i>	7,248 мкм 7,248 microns			
Оборудование <i>Equipment</i>	Пресс гидравлический Instron VHS8800 <i>Hydraulic press Instron VHS8800</i>			
Теоретическая сила срыва, Н <i>Theoretical breakaway force, N</i>	21000			
Параметр <i>Parameter</i>	Значение <i>Value</i>			
Номер образца <i>Sample number</i>	1	2	3	Среднее <i>Average</i>
Материал оправки <i>Mandrel material</i>	Ст 3			–
Материал втулки <i>Sleeve Material</i>	30ХГСА			–
Шероховатость внутренней поверхности втулки Ra, мкм <i>Roughness of the inner surface of the R_a bushing, microns</i>	0,940	0,788	0,743	0,824
Диаметр оправки, мм <i>Mandrel diameter, mm</i>	Ø33 ^{-0,223} _{-0,229}	Ø33 ^{-0,202} _{-0,207}	Ø33 ^{-0,099} _{-0,109}	–
Внутренний диаметр втулки, мм <i>Inner diameter of the bushing, mm</i>	Ø33 ^{+0,160} _{+0,140}	Ø33 ^{+0,160} _{+0,140}	Ø33 ^{+0,180} _{+0,150}	–
Максимальный зазор на радиус, мм <i>Maximum radius gap, mm</i>	0,195	0,184	0,145	0,175
Сила срыва F_с, Н <i>Breakaway force F_с, N</i>	705 0	2996	11488	7178
Предел прочности на сдвиг, МПа <i>Shear strength, MPa</i>	0,54	0,23	0,89	0,55

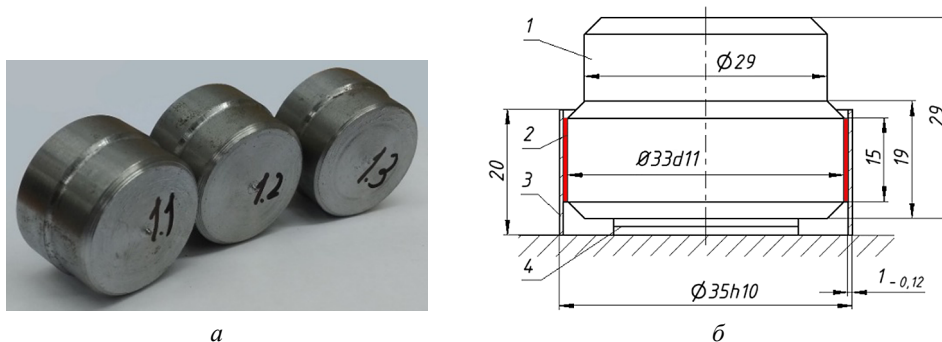


Рис. 1. Общий вид (а) и схема образца (б):
1 – оправка, 2 – полимерный состав, 3 – втулка, 4 – подкладные шайбы

Fig. 1. General view (a) and of the sample scheme (b):
1 – a mandrel, 2 – polymer composition, 3 – a bushing, 4 – washers

Склеивание образцов проводилось по схеме, представленной на рисунке 16. Отверждение состава осуществляется в вертикальном положении. Такое решение исключает негативное влияние гравитации на равномерность распределения полимерного состава в зазоре и предотвращает вытеснение полимера массивной оправкой. Для обеспечения возможности взаимного перемещения деталей образца при испытаниях на прессе образцы отверждаются с осевым смещением на подкладных шайбах.

Определение предела прочности соединения при сдвиге проводится в соответствии с ГОСТ 14759-69 [14].

Определяется разрушающая сила при сжатии образца, состоящего из двух цилиндров, один из которых перемещается внутри другого [15].

Результаты и обсуждение. Результаты испытаний представлены в таблице 1 и на рисунке 2.

Анализ результатов проведённых испытаний показал, что прочность на сдвиг не соответствует данным производителя (рис. 2). Разброс полученных усилий коррелирует с величиной зазоров в образцах. Подтверждена полимеризация состава в зазоре, близком к 0,3 мм.

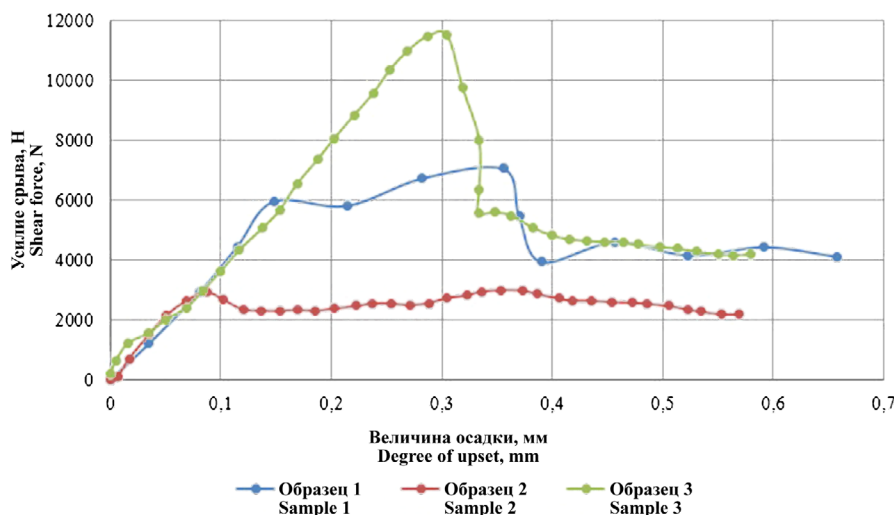


Рис. 2. График распределения усилий срыва

Fig. 2. Diagram of the distribution of shear force

Также было установлено, что применение посадки с большим зазором приводит к неравномерному распределению полимерного состава (смещение втулки относительно вала в радиальном направлении даже при вертикальном расположении вала в процессе отверждения полимера). Гарантированный зазор упрощает процесс сборки, однако при зазоре более 0,18 мм точность позиционирования неудовлетворительная, радиальное биение наружной поверхности превышает допустимые значения.

Согласно ГОСТ 8752-89, радиальное биение вала относительно манжеты при частоте вращения до 1000 мин⁻¹ не должно превышать 0,18 мм. Половину этого числа обычно составляют динамические звенья размерной цепи, определяющие величину суммарного радиального биения вала (радиальное биение поверхности вала под манжету относительно поверхностей под подшипники, радиальные зазоры в подшипниках, биение внутренних колец дорожки колец подшипников и т.д.) [16, 17].

Поэтому максимально возможный зазор при клеевом соединении, с целью обеспечения запаса точности по радиальному биению, должен быть не более 0,09 мм, что обеспечивает достаточную прочность соединения и точность центрирования заготовки на валу. При этом натяг здесь невозможен из-за стальной тонкостенной втулки, материал которой может перейти в зону пластических деформаций даже при натяге 0,01 мм. Таким образом, можно определить размеры вала при заданном размере втулки (трубы). Например, на ремонтное предприятие поступила

труба с внутренним диаметром $\varnothing 33,238$ мм, тогда необходимо вал шлифовать под размеры $d_{\max} = 33,238$ мм и $d_{\min} = 33,148$ мм, что вполне приемлемо по величине допуска на обработку операций шлифования, который будет равен 0,09 мм или 90 мкм.

Выводы

1. Предлагаемый способ восстановления вала с помощью упрочнённой ремонтной детали является простым в реализации и позволяет получить восстановленную поверхность с требуемыми характеристиками.
2. Ремонтные втулки изготавливаются из тонкостенных сортов труб из стали 30ХГСА по ГОСТ 8734-75. Анаэробный полимерный материал Унигерм-6 «ФГУП НИИ полимеров» позволяет добиться достаточной прочности клеевого соединения при зазорах до 0,3 мм
3. Требуемые прочность соединения, точность позиционирования и простота сборки обеспечиваются при применении переходной посадки. Прочность соединения при больших зазорах (близким к 0,3 мм) составляет не менее 0,23 МПа при необходимой 0,01 МПа.
4. Необходимо проведение индивидуального подбора размеров склеиваемых пар для обеспечения посадки с зазором от 0 до 0,09 мм. Натяг недопустим с целью предотвращения пластической деформации втулки, наибольший зазор должен ограничиваться величиной предельного радиального биения с двукратным запасом точности 0,09 мм.

Библиографический список

1. Мельников О.М. Работоспособность соединений «Вал-манжета» и повышение их надёжности // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2018. № 2 (84). С. 50-54. DOI 10.26897/1728-7936-2018-2-50-54.
2. Молодык Н.В., Зенкин А.С. Восстановление деталей машин: справочник. М.: Машиностроение. 1989. 480 с.
3. Стручков Н.Ф. Исследование влияния технологических параметров электродуговой металлизации на микроструктуру и микротвёрдость покрытий // Труды ГОСНИТИ. 2015. С. 173-175.
4. Баурова Н.И. Применение полимерных композиционных материалов при производстве и ремонте машин: учеб. пособие / Н.И. Баурова, В.А. Зорин. М.: МАДИ, 2016. 264 с.
5. Кононенко А.С., Дмитраков К.Г. Повышение стойкости полимерных композитов холодного отверждения к воздействию рабочих жидкостей использованием наноматериалов // Международный технико-экономический журнал. 2015. № 1. С. 89-94.
6. Кононенко А.С., Кузнецов И.А. Восстановление посадочных мест под подшипники качения в корпусных деталях машин полимерными нанокompозитами // Труды ГОСНИТИ. 2016. Т. 124 (2). С. 81-85.
7. Кононенко А.С. Герметизация неподвижных фланцевых соединений анаэробными герметиками при ремонте сельскохозяйственной техники: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / Кононенко Александр Сергеевич. М., 2001. 156 с.
8. ГОСТ 8734-75. Трубы стальные бесшовные холоднодеформированные. Сортамент (с Изменениями N1, 2, 3). Введ. 1977-01-01. М.: Стандартиформ, 2007.
9. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение: учебник для высших технических учебных заведений. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1990. 528 с.
10. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов деталей машин: учеб. пособие для студ. техн. спец. вузов / П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов. 8-е изд., перераб. и доп. М.: Издательский центр «Академия», 2004. 496 с.
11. Анатерм. Клеи и герметики [Электронный ресурс]: URL: <https://унигерм.рф/унигерм-6/унигерм/унигерм-6> (дата обращения 03.12.18).
12. Буркрафт [Электронный ресурс]: URL: <https://ооппфиксатор.рф/соединение-цилиндрических-деталей.html> (дата обращения 05.03.2019).
13. Кононенко А.С., Гайдар С.М. Адгезионная прочность герметиков и нанокompозиций на их основе // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2011. № 6. С. 38-42.
14. ГОСТ 14759-69. Метод определения прочности при сдвиге. Введ. 1970-01-01. М.: ИПК Издательство стандартов, 1999.
15. Устройство для оценки адгезионных свойств герметиков при сдвиге: А.с. RU180309U1 C1 G01 N3/24 / А.С. Кононенко, А.А. Соловьёва.
16. Ерохин М.Н., Леонов О.А., Катаев Ю.В., Мельников О.М. Методика расчёта натяга для соединений резиновых армированных манжет с валами по критерию начала утечек // Вестник машиностроения. 2019. № 3. С. 41-44.
17. Erokhin M.N., Leonov O.A., Kataev Yu.V., Mel'nikov O.M. Tightness and Leakage in Applying Reinforced Rubber Sleeves to Shafts // Russian Engineering Research, 2019; 39(6): 459-462. DOI: 10.3103/S1068798X19060121

References

1. Mel'nikov O.M. Rabotosposobnost' soyedineniy 'Val-manzheta' i povysheniye ikh nadozhnosti [Operability of the "shaft-to-collar" connections and ways of increasing their reliability]. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*. 2018; 2 (84): 50-54. DOI 10.26897/1728-7936-2018-2-50-54. (In Russian)
2. Molodyk N.V., Zenkin A.S. Vosstanovleniye detaley mashin: spravochnik [Restoration of machine parts: reference book]. Moscow, Mashinostroyeniye. 1989: 480. (In Russian)
3. Struchkov N.F. Issledovaniye vliyaniya tekhnologicheskikh parametrov elektrodugovoy metallizatsii na mikrostrukturu i mikrotvordost' pokrytiy [Study of the influence of technological parameters of electric arc metallization on the microstructure and microhardness of coatings]. *Trudy GOSNITI*. 2015: 173-175. (In Russian)
4. Baurova N.I., Zorin V.A. Primeneniye polimernykh kompozitsionnykh materialov pri proizvodstve i remonte mashin: ucheb. Posobiye [Use of polymer composite materials in the manufacture and repair of machines: Study manual]. Moscow, MADI, 2016: 264. (In Russian)
5. Kononenko A.S., Dmitrakov K.G. Povysheniye stoykosti polimernykh kompozitov kholodnogo otverzhdeniya k vozdeystviyu rabochikh zhidkostey ispol'zovaniyem nanomaterialov [Use of nanomaterials to improve the resistance of cold cured polymer composites to the effects of working fluids]. *Mezhdunarodnyy tekhniko-ekonomicheskyy zhurnal*. 2015; 1: 89-94. (In Russian)
6. Kononenko A.S., Kuznetsov I.A. Vosstanovleniye posadochnykh mest pod podshpniki kacheniya v korpusnykh detalyakh mashin polimernymi nanokompозитами [Restoration of seats for roller bearings in the body parts of machines with polymer nanocomposites]. *Trudy GOSNITI*. 2016: 124 (2): 81-85. (In Russian)
7. Kononenko A.S. Germetizatsiya nepodvizhnykh flantsevyykh soyedineniy anaerobnymi germetikami pri remonte sel'skokhozyaystvennoy tekhniki: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.20.03 [Sealing fixed flange joints with anaerobic sealants in the repair of agricultural machinery: PhD (Eng) thesis: 05.20.03]. Moscow, 2001: 156. (In Russian)
8. GOST 8734-75. Truby stal'nyye besshovnyye kholodnodeformirovannyye. Sortament (s Izmeneniyami N1, 2, 3). Vved. 1977-01-01 [GOST 8734-75. Cold-deformed seamless steel pipes. Assortment (with Amendments No. 1, 2, 3). Introduced on 1977-01-01.]. Moscow, Standartinform, 2007. (In Russian)
9. Lakhtin Yu.M., Leont'yeva V.P. Materialovedeniye: uchebnik dlya vysshikh tekhnicheskikh uchebnykh zavedeniy [Material science: Study manual for higher technical educational institutions]. 3rd ed., reviewed and extended. Moscow, Mashinostroyeniye, 1990: 528. (In Russian)
10. Dunayev P.F., Lelikov O.P. Konstruirovaniye uzlov detaley mashin: ucheb. posobiye dlya stud. tekhn. spets. Vuzov [Designing the units of machine parts: Study manual for students of technical universities]. 8th ed., reviewed and extended. Moscow, Izdatel'skiy tsentr "Akademiya", 2004: 496. (In Russian)
11. Anaterm. Klei i germetiki [Anaterm. Adhesives and sealants] [Electronic resource]: URL: <https://унигерм.рф/унигерм-6/унигерм/унигерм-6> (Access date 03.12.18). (In Russian)

12. Burkraft [Burkraft] [Electronic resource]: URL: <https://oonppfiksator.rf/soyedineniye-tsilindricheskikh-detaley.html> (Access date 05.03.2019). (In Russian)

13. Kononenko A.S., Gaydar S.M. Adgezionnaya prochnost' germetikov i nanokompozitsiy na ikh osnove [Adhesive strength of sealants and nanocomposites obtained on their basis] // Remont. Vosstanovleniye. Modernizatsiya. 2011: 6: 38-42. (In Russian)

14. GOST 14759-69. Metod opredeleniya prochnosti pri sdvige. Vved. 1970-01-01 [GOST 14759-69. Method for determining shear strength. Introduced on 1970-01-01]. Moscow, IPK Izdatel'stvo standartov, 1999. (In Russian)

15. Kononenko A.S., Solov'yova A.A. Ustroystvo dlya otsenki adgezionnykh svoystv germetikov pri sdvige: A.s. RU180309U1 S1 G01 N3/24 [Device for assessing the adhesive

properties of sealants in shear: A.C. RU180309U1 C1 G01 N3/24]. (In Russian)

16. Erokhin M.N., Leonov O.A., Katayev Yu.V., Mel'nikov O.M. Metodika rascheta natyaga dlya soyedineniy rezinovykh armirovannykh manzhet s valami po kriteriyu nachala utechek [Method of calculating the interference fit for connctions of rubber reinforced collars with shafts according to the leakage criterion]. *Vestnik mashinostroyeniya*. 2019; 3: 41-44. (In Russian)

17. Erokhin M.N., Leonov O.A., Kataev Yu.V., Mel'nikov O.M. Tightness and Leakage in Applying Reinforced Rubber Sleeves to Shafts. *Russian Engineering Research*, 2019; 39(6): 459-462. DOI: 10.3103/S1068798X19060121 (In English)

Критерии авторства

Игнаткин И.Ю., Дроздов А.В. выполнили теоретические исследования, на их основании проведен эксперимент. Игнаткин И.Ю., Дроздов А.В. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 16.10.2019

Опубликована 20.12.2019

Contribution

Ignatkin I.U., Drozdov A.V. performed theoretical studies, and based on them conducted an experiment. Ignatkin I.U., Drozdov A.V. have equal author's rights and bearequal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on October 16, 2019

Published 20.12.2019

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В АПК

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В АПК /
ECONOMY AND ORGANIZATION OF AGRICULTURAL ENGINEERING SYSTEMS

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 338.43(470):001.895

DOI: 10.34677/1728-7936-2019-6-46-52

ЧТО ТОРМОЗИТ ИННОВАЦИОННОЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ РОССИЙСКОГО АПК

ГОЛУБЕВ АЛЕКСЕЙ ВАЛЕРИАНОВИЧ, докт. экон. наук, профессор

E-mail: agolubev@rgau-msha.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Российская Федерация,
г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

Российская экономика и особенно сельское хозяйство заметно отстают в инновационном и технологическом развитии. Целью работы является выявление причин данного отставания и разработка предложений по его преодолению. Показана принципиальная схема организации продвижения импортных инновационных продуктов на рынке, которая отличается комплексностью и высокой управляемостью в глобальном масштабе. Выявлена зависимость многих российских аграриев от зарубежных технологий, что создаёт угрозу национальной продовольственной безопасности. В качестве основных причин конкурентного проигрыша отечественных инноваций и технологического отставания сельского хозяйства выделяются: замкнутая система организации научных исследований; недостаток финансирования науки; отсутствие разветвленной системы трансфера технологий; низкая доходность сельскохозяйственных товаропроизводителей. Предложены меры по преодолению инновационного и технологического отставания, среди которых создание современных институтов инновационного развития, включая организацию «технологических долин»; формирование эффективной информационно-консультационной службы; перераспределение государственного финансирования в пользу тех, кто создаёт конкурентоспособные научные продукты, доведённые до технологических решений; организация подготовки в учебных заведениях инновационно-ориентированных специалистов; реализация через систему агролизинга пакетных предложений для аграриев; запуск национальной системы распространения знаний в аграрной сфере; нормализация экономических отношений сельского хозяйства со своими контрагентами. Делается вывод о возможном преодолении инновационного и технологического отставания российского аграрного комплекса при реализации комплекса организационных решений и соответствующей государственной поддержке.

Ключевые слова: инновации, технологии, сельское хозяйство, агропромышленный комплекс, эффективность.

Формат цитирования: Голубев А.В. Что тормозит инновационное и технологическое развитие российского АПК // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2019. № 6(94). С. 46-52. DOI: 10.34677/1728-7936-2019-6-46-52.

OBSTACLES TO INNOVATIVE AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT OF RUSSIAN AGRICULTURE

ALEKSEI V. GOLUBEV, DSc (Econ), Professor

E-mail: agolubev@rgau-msha.ru

Russian Timiryazev State Agrarian University; 127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49

Russian economy and agriculture, in particular, are noticeably lagging behind in innovative and technological development. The aim of the study is to identify the causes of this lag and offer proposals to overcome it. The author outlines a conceptual scheme of organizing the promotion of imported innovative products on the market, which is distinguished by its complexity and high controllability on a global scale. The study has identified the dependence of many Russian farmers on foreign technologies, which poses a threat to national food security. The main reasons for the competitive loss of domestic innovations and the technological backlog of agriculture include: a closed system for organizing scientific research; lack of funding for scientific research; lack of an extensive technology transfer system; low profitability of agricultural producers. Measures are proposed to overcome the innovative and technological lag, including establishing modern institutions of innovative development, in particular, “technological valleys”; providing effective information and consulting services; redistribution of state financing in favor of those

who produce competitive scientific products developed into technological solutions; organization of the training of innovation-oriented specialists in educational institutions; implementation of package offers for arm producers through the agricultural leasing system; launching a national agricultural extension system; normalization of economic relations of farm enterprises with their counterparties. Conclusion is drawn about the possibility of overcoming the innovation and technological backwardness of Russian agriculture on condition a range of organizational decisions are made and relevant state support is provided.

Key words: innovation, technology, agriculture, farm industry, efficiency.

For citation: Golubev A.V. Obstacles to innovative and technological development of Russian agriculture. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*. 2019; 6(94): 46-52. DOI: 10.34677/1728-7936-2019-6-46-52 (In Rus.).

Введение. Российская экономика характеризуется низкой инновационностью. Удельный вес организаций, осуществлявших технологические инновации, в общем числе организаций в 2017 г. составил 9,6%, а доля инновационных товаров, работ и услуг в их общем объеме 6,7%. Ещё хуже обстоит дело в сельском хозяйстве, где аналогичные показатели равны соответственно 3,1 и 1,8% [1]. Недостаточный уровень инновационной активности усугубляется низкой отдачей от реализации технологических новшеств [2]. Кроме того, сельское хозяйство страны на протяжении последних трёх десятилетий испытывает острую нехватку сельскохозяйственной техники, минеральных удобрений, пестицидов, мелиорантов и других средств интенсификации производства [3]. Данное отставание обрекает отечественный агрокомплекс на опасную зависимость от импортных технологий, сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, пород и кроссов животных. Столь обширное присутствие зарубежной инноватики на российских полях и фермах делает наше сельское хозяйство не только уязвимым от иностранных поставок инновационных продуктов, но и во многих случаях препятствует проникновению на отечественный рынок последних мировых достижений науки и техники.

Цель исследований – проанализировать причины и предложить комплекс мер по преодолению инновационного и технологического отставания российского АПК.

Результаты и обсуждение. Следует подчеркнуть, что в современном мире нет свободного обращения инноваций, поскольку они зачастую находятся под контролем транснациональных корпораций. Это хорошо организованный и управляемый рынок, где развитые государства продают технологически отсталым странам не новейшие изобретения и ноу-хау, а то, что приносит максимальную выгоду, тем самым делая зависимыми целые народы от импортных технологий. Так, в большинстве случаев российским аграриям поставляются гибриды и сорта растений, которые нельзя воспроизвести. Их генетическая конструкция не позволяет получить потомство, столь привычное для крестьян, которые из года в год отбирали лучшие семена для последующего посева. В результате им приходится каждый раз приобретать новые партии посевного материала, попадая в полную зависимость от импортных поставок. К этим семенам прилагается всё технологическое и инфраструктурное сопровождение – техника, полная линейка агрохимикатов от минеральных удобрений до широкого ассортимента пестицидов, подробное описание агроприёмов, консультационное обслуживание и т.д.

Комплексное решение проблем производства, например, подсолнечника весьма удобно для российских аграриев, лишённых возможности получать аналогичные отечественные семена, которые гарантировали бы им такую же высокую урожайность. Но, приобретая импортные инновации,

из года в год увеличивается разрыв между отечественной и зарубежной наукой, фактически инвестируются их лаборатории и исследовательские центры. Кроме того, зачастую продаются не самые последние инновации. Так, на российский рынок поставляются сорта и гибриды сельскохозяйственных культур, требующие применения больших доз агрохимикатов, в то время, как в развитых странах существуют аналогичные растения, устойчивые к распространённым болезням и вредителям, что исключает использование пестицидов. Данная коллизия объясняется тем, что западных селекционеров во многих случаях контролируют компании по производству агрохимикатов, которым не выгодно терять рынок сбыта своей продукции вследствие возделывания на российских полях устойчивых к вредным организмам сортов и гибридов сельскохозяйственных культур.

Как показала Всероссийская сельскохозяйственная перепись 2016 г., наибольшие масштабы применения инновационных технологий наблюдаются у крупных организаций, наименьшие – у малых предприятий и в крестьянских (фермерских) хозяйствах и хозяйствах индивидуальных предпринимателей. Вместе с тем следует отметить, что доля предприятий, осуществляющих технологические инновации, в сельском хозяйстве ниже, чем в других отраслях экономики. И даже на фоне сфер агропромышленного комплекса сельское хозяйство демонстрирует невысокую степень инновационной активности (табл. 1).

Почему сложилась низкая инновационность нашего сельского хозяйства? В Прогнозе научно-технического развития агропромышленного комплекса РФ на период до 2030 г., разработанном Высшей школой экономики, говорится о том, что создание и внедрение инноваций характеризуется следующими тенденциями:

- неудовлетворительными темпами технологической модернизации АПК;
- низким уровнем востребованности отечественных разработок;
- слабой связью тематики научных исследований с запросами практики, преобладание фундаментальных работ над прикладными;
- ориентацией предприятий, обеспечивающих экономический рост в АПК, на покупку зарубежных научно-технических решений и технологий;
- недостаточными объёмами частных инвестиций в НИОКР;
- диспропорциями в технологической модернизации АПК: распространением прогрессивных технологий, главным образом на крупных предприятиях, имеющих финансовые возможности для их приобретения;
- сохраняющимся отставанием отечественного АПК от стран с развитым агропромышленным производством по уровню производительности труда [4].

Таблица 1

Удельный вес организаций, осуществлявших технологические инновации в 2017 г., в общем числе обследованных организаций по Российской Федерации, по видам экономической деятельности, %

Table 1

Share of organizations implementing technological innovations in 2017, in the total number of organizations surveyed in the Russian Federation, by type of economic activity, %

Виды экономической деятельности <i>Types of economic activity</i>	Удельный вес организаций <i>Proportion of organizations</i>
Всего <i>Total</i>	7,5
Из них по видам экономической деятельности: <i>Of which, by type of economic activity:</i>	
Выращивание однолетних культур <i>Growing annual crops</i>	3,9
Выращивание многолетних культур <i>Growing perennial crops</i>	2,6
Выращивание рассады <i>Growing seedlings</i>	2,1
Животноводство <i>Livestock breeding</i>	2,9
Деятельность вспомогательная в области производства сельскохозяйственных культур и послеуборочной обработки сельхозпродукции <i>Performing support activities in crop production and post-harvest processing of farm produce</i>	2,1
Промышленное производство <i>Industrial production</i>	9,6
Из них: обрабатывающие производства <i>Of which: manufacturing</i>	13,7
Из них: <i>Of which:</i>	
Производство пищевых продуктов <i>Food production</i>	10,8
Производство напитков <i>Beverage production</i>	9,0

Данные Росстата.
Rosstat data.

В доперестроечное время наши аграрии снабжались советскими сортами культур и породами сельскохозяйственных животных. По отдельным позициям они уступали зарубежным аналогам, но в целом данное отставание не было критическим. Положение усугубилось в начале 1990-х гг., когда произошёл разрыв между реальными запросами производства и создаваемыми наукой инновационными продуктами. Недостаток финансирования аграрной науки усугубил положение, особенно обострилась ситуация после введения антироссийских санкций с последующим эмбарго на ряд импортных поставок. Оказалось, что подавляющее большинство сортов и гибридов овощных культур, сахарной свёклы, картофеля и других сельскохозяйственных растений, возделываемых на отечественных угодьях, – зарубежные. Более критическая ситуация сложилась в животноводстве и, в частности, в птицеводстве, где зависимость от импортного селекционного и генетического материала достигла 100%. Но одним лишь недостатком финансирования это трудно объяснить. Так, к примеру,

без господдержки фирма «Гавриш» и ООО «Селекционная станция имени Н.Н. Тимофеева» вывели новые сорта и гибриды овощных культур, превосходящие мировые аналоги; ЗАО «Угличская птицефабрика» эффективно занимается селекцией российских перепелов; компания СМАРТ – созданием отечественных сортов кондитерского подсолнечника и т.д.

Сельскохозяйственные исследования финансируются за счёт бюджетных источников в гораздо большей доле, чем в среднем все отрасли российской науки (табл. 2). Основная часть государственных субсидий выделяется на фундаментальные исследования (почти 60% её общего бюджета), хотя они, согласно Закону РФ «О науке и государственной научно-технической политике», означают «...экспериментальная или теоретическая деятельность, направленная на получение новых знаний об основных закономерностях строения, функционирования и развития человека, общества, окружающей среды» [5]. Принято считать, что «фундаментальная наука – это наука, имеющая своей целью создание

теоретических концепций и моделей, практическая применимость которых неочевидна» [6]. То есть, это исследования, не направленные непосредственно на решение практических задач, чем призвана заниматься в первую очередь сельскохозяйственная наука. В итоге оказываются недофинансированными прикладные исследования

и разработки, что и обуславливает зависимость отечественных аграриев от импортных технологий. Между тем общемировая тенденция последних лет проявляется в растущем интересе инвесторов к аграрному сектору, что подтверждается созданием фондов, финансирующих проведение НИОКР в сельском хозяйстве [7].

Таблица 2

Доля государственного сектора во внутренних текущих затратах на исследования и разработки в РФ в 2016 г., %

Table 2

Share of the public sector in domestic current spending on research and development in the Russian Federation in 2016, %

Вид деятельности <i>Kind of activity</i>	Сельскохозяйственные науки <i>Agricultural sciences</i>	Всего по всем областям науки <i>Total in all areas of science</i>
Внутренние текущие затраты на исследования и разработки <i>Internal current R&D costs</i>	83,2	34,2
Фундаментальные исследования <i>Basic research</i>	97,9	73,6
Прикладные исследования <i>Applied research</i>	63,3	42,5
Разработки <i>Development</i>	61,3	18,6

*Данные Росстата.
Rosstat data.*

Другой важной причиной инновационного отставания российского АПК является фрагментарность создания и продвижения на рынок конкурентоспособных отечественных научных продуктов. Даже если они лучше зарубежных аналогов, спрос на них во многих случаях незначительный. Как отмечалось выше, иностранные поставщики инноваций предлагают свой товар в комплексе. Причём данная комплексность всё время эволюционирует и непрерывно развивается. В последнее время к инфраструктурному обслуживанию добавились новые элементы: удобное и своевременное консультирование агрономов и других специалистов рассылкой SMS с указанием проведения необходимых операций, а также выгодное финансовое обеспечение. Так, импортные семена и другая инновационная продукция продаётся в России в долг, в расчёте на его погашение после получения урожая.

Упущенной возможностью создания разветвлённой сети трансфера технологий является разрушение системы опытно-производственных хозяйств (ОПХ) Россельхозакадемии и учхозов аграрных вузов. Располагаясь в различных природно-климатических зонах, они фактически играли роль базовых предприятий по инновационному развитию сельского хозяйства. Эта хорошо организованная и управляемая система могла стать недостающим звеном, связывающим науку, образование и производство. Данные хозяйства имели для этого всю необходимую инфраструктуру – опытные поля и фермы, демонстрационные площадки, а также учебные классы, общежития, социальные объекты. В результате приватизации этих

хозяйств российской инноватике был нанесён дополнительный урон.

Учхозы и ОПХ могли во многом взять на себя функции информационно-консультационной службы (ИКС) в сельском хозяйстве России. Без неё невозможно современное развитие крестьянских (фермерских) хозяйств и небольших аграрных предприятий. Крупные организации, как правило, имеют штатных специалистов по основным направлениям своей деятельности, что не под силу мелким сельхозтоваропроизводителям. Кроме того, ИКС играют роль демонстрационных площадок для показа инновационных достижений науки и техники.

К сожалению, информационно-консультационная служба как разветвленная и эффективная система трансфера технологий и распространения инновационных знаний в сельском хозяйстве в нашей стране функционирует, в основном, фрагментарно. Отдельные региональные органы ИКС работают весьма продуктивно в своих субъектах РФ, но не в масштабах отечественного АПК.

Технологическое отставание обусловлено, прежде всего, низкой доходностью сельского хозяйства, которая предопределена диспаритетом цен на сельскохозяйственную и промышленную продукцию и прочими макроэкономическими диспропорциями [8]. Не имея достаточно финансовых средств, аграрии вынуждены экономить на заработной плате, возобновлении техники и других средствах производства. Несмотря на возрастающую господдержку, в российском сельском хозяйстве продолжается снижение количества техники, наблюдаются низкие дозы внесения удобрений (табл. 3).

Наличие сельскохозяйственной техники и внесение минеральных, органических удобрений в сельскохозяйственных организациях Российской Федерации

Table 3

Availability of agricultural machinery and the application of mineral, organic fertilizers in farm enterprises of the Russian Federation

Техника <i>Machinery</i>	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Тракторы, тыс. шт. <i>Tractors, thousand units</i>	270,0	255,1	244,0	236,7
Зерноуборочные комбайны, тыс. шт. <i>Combine harvesters, thousand units</i>	64,6	61,4	59,3	57,6
Картофелеуборочные комбайны, тыс. шт. <i>Sorting machines, thousand units</i>	2,4	2,3	2,2	2,1
Свеклоуборочные машины, тыс. шт. <i>Beet harvesting machines, thousand units</i>	2,4	2,2	2,2	2,2
Кормоуборочные комбайны, тыс. шт. <i>Forage harvesters, thousand units</i>	15,2	14,0	13,3	12,7
Внесено минеральных удобрений (в пересчете на 100% питательных веществ) <i>Mineral fertilizer applied (in terms of 100% nutrients)</i>				
Всего, млн т <i>Total, million tons</i>	1,9	2,0	2,3	2,5
На 1 га посева, кг <i>Per 1 ha of crop area, kg</i>	40	42	49	55
Внесено органических удобрений <i>Organic fertilizer applied</i>				
Всего, млн т <i>Total, million tons</i>	61,9	64,4	65,6	67,0
На 1 га посевов, т <i>Per 1 ha of crops, t</i>	1,3	1,3	1,4	1,5

Данные Росстата.
Rosstat data.

Российские учёные (А.В. Петриков и др. [9]) предлагают следующие направления совершенствования научно-технологической политики в сельском хозяйстве.

1. Создание на базе Отделения сельскохозяйственных наук РАН совета по координации, прогнозированию и экспертизе научно-технологических разработок в области сельского хозяйства.

Совет должен объединять ведущих ученых-аграрников; экспертов РАН; представителей Минобрнауки России, Минсельхоза России, других министерств и ведомств; участников агробизнеса, отраслевых общественных организаций, институтов развития.

2. Формирование современных институтов инновационного развития АПК.

Передовой зарубежный опыт показывает, что в сельском хозяйстве существуют специальные, крупномасштабные институты инновационного развития. Во-первых, это агентства по исследованиям, освоению их результатов и консультированию при министерствах сельского хозяйства; во-вторых, – «технологические долины» и территориальные инновационные кластеры при аграрных университетах и исследовательских институтах; в-третьих, – частные корпорации (семеноводческие, племенные, агрохимические и т.д.).

В России имеются предпосылки и правовые условия для развития всех указанных институций. Однако приоритетной задачей является создание при Минсельхозе России Фонда инновационного развития сельского хозяйства по аналогии с существующим Фондом развития промышленности, который бы финансировал прикладные исследования и разработки и управлял внедрением их результатов в производство.

Представители Отделения сельскохозяйственных наук РАН должны входить в органы управления Фондом.

Кроме того, при ведущих аграрных университетах и НИИ целесообразно формировать «технологические долины» для коммерциализации результатов НИОКР, проведения обучающих программ, консультационной и выставочной деятельности.

3. Увеличение бюджетной поддержки аграрной науки и стимулирование притока частных инвестиций в сельскохозяйственные исследования и разработки.

В совокупном бюджете аграрной науки необходимо существенно увеличить расходы на прикладные исследования и разработки, освоение их результатов в производстве.

Для стимулирования частных инвестиций в научно-технологическое развитие сельского хозяйства целесообразно

увеличить предоставление на эти цели субсидированных инвестиционных кредитов, а также финансирование Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 гг. В рамках деятельности фондов поддержки исследований и инноваций необходимо расширить предоставление средств на сельскохозяйственные и агропромышленные проекты.

В дополнение к предлагаемым мерам необходимо реализовать ряд первоочередных действий.

Во-первых, следует оказывать господдержку НИР не по определению, не по тому, что существуют академические институты и звания, а по фактическим результатам исследований, которые должны восприниматься рынком. Приём этих результатов целесообразно проводить производителям, представителям бизнеса в лице, например, союзов и ассоциаций сельхозтоваропроизводителей или руководящих органов АПК. Тем самым выделяемые государством субсидии на исследования пойдут производителям востребованных сельским хозяйством научных продуктов. Фундаментальные науки должны быть сокращены в общем объёме бюджетного финансирования.

Во-вторых, нужно создать эффективную информационно-консультационную службу в масштабах страны. Региональные отделения ИКС должны стать проводниками инновационного развития сельского хозяйства, через которые следует адаптировать результаты НИР и НИОКР применительно к конкретным условиям природно-экономических зон России, особенностям хозяйствования [10]. Разветвленная ИКС способна наглядно показывать преимущества новых сортов сельскохозяйственных культур и пород животных. Функции информационно-консультационной службы могут выполнять сохранившиеся учхозы и ОПХ, структура которых позволяет выступать в качестве демонстрационных и обучающих центров. Основными источниками инвестиций для ИКС должны быть средства госбюджета, поскольку именно органы власти в первую очередь заинтересованы в инновационном развитии экономики.

В-третьих, целесообразно перестроить обучение в учебных заведениях, настраиваясь на подготовку специалистов, ориентированных на реализацию проектных решений, представляющих интерес для конкретных предприятий агросферы. В основе такого проекта может быть научная разработка, доведенная до технологического уровня. В результате производство получает три необходимых для эффективного бизнеса компонента: технологию; специалиста, способного её освоить; и ученого-консультанта, осуществляющего авторский надзор за реализацией проекта. Получить банковский кредит под подобный проект гораздо проще.

В-четвёртых, для продвижения отечественных инноваций необходимо формировать «пакетные» продукты, на подобие западных. Помимо конкурентоспособных сортов культур или пород сельскохозяйственных животных, которые уже создаются российскими учёными, к ним следует прилагать технологии возделывания или содержания, ассортимент рекомендуемых агрохимикатов или кормов, набор специализированной техники и конструкций производственных помещений, консультационное обслуживание и т.п. Желательно включать такие

пакетные продукты в систему сельскохозяйственного лизинга. Продажи сельскохозяйственной техники, машин и орудий должны быть дополнены всеми инфраструктурными элементами, обеспечивающими полный технологический цикл, вплоть до финансовых льгот покупателям продуктов агролизинга, включая расчёт после получения урожая, и прочие меры. Это сделает отечественные инновации конкурентоспособными по сравнению с зарубежными аналогами. На комплектование российских пакетных инновационных решений должны быть направлены усилия научных организаций, учебных заведений и органов управления АПК.

В-пятых, инновационное развитие сельского хозяйства должно сопровождаться современными информационными технологиями. По мнению автора, для российского АПК необходима своя система, специально созданная для аграриев. К примеру, система «Агроопыт» рассчитана на создание оборота знаний в агросфере. Её участники могут одновременно являться и производителями, и потребителями новых знаний, навыков и другой востребованной информации.

В-шестых, для технологического развития АПК нужно создать условия эквивалентного обмена производителями сельскохозяйственной продукции с промышленниками, энергетиками, нефтяниками и т.д., с одной стороны, и заготовителями, переработчиками и продавцами их продукции, – с другой. В таком случае не потребуются никаких специальных программ по технологическому перевооружению АПК и прочих локальных мер.

Выводы

Инновационное и технологическое отставание российского АПК имеет как объективные, так и субъективные причины. Для его преодоления есть все возможности. Поддержанное руководством страны развитие агропромышленного комплекса, демонстрирующего в последние годы высокие темпы роста, должно получить дополнительные импульсы не только в виде возрастающей господдержки, но и в организационных решениях, создающих рыночные отношения на всех стадиях функционирования отрасли – от научного и кадрового обеспечения до справедливого распределения среди участников продуктовой цепочки прибавочного продукта, который исконно создаётся, в первую очередь, трудом работающих на земле.

Библиографический список

1. Фридлянова С.Ю. Инновации в России: динамика основных показателей // Наука, технологии, инновации. 2018. № 103. С. 1-3.
2. Бабич С.Г., Клочкова Е.Н. Анализ инновационной деятельности организаций в субъектах Российской Федерации в условиях антироссийских санкций // Экономические науки. 2018. № 2 (159). С. 49-58.
3. Сельское хозяйство России: буклет. М.: Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, 2018. 52 с.
4. Прогноз научно-технологического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года. М.: НИУ ВШЭ, 2017. 140 с.

5. Федеральный закон от 23.05.1996 № 127-ФЗ (ред. 23.05.2016) «О науке и государственной научно-технической политике» http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_11507/c0a49fc869aeeb5b28ca88d3d37b7d8f7474375f/

6. Титов В.Н. Институциональный и идеологический аспекты функционирования науки // Социологические исследования. 1999. № 8. С. 66.

7. Прогнозно-аналитическое сопровождение инновационного развития в сфере сельского хозяйства: сб. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 503 с.

8. Голубев А.В. Экономический обмен сельского хозяйства // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2016. № 2. С. 57-68.

9. Петриков А.В. О приоритетных направлениях социально-экономического развития АПК России: от роста к качеству роста: Доклад на Экспертной сессии ВЭО России. 2019. 12 мар. Электронный ресурс URL: <http://www.viapi.ru/download/2019/%D0%94%D0%BE%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4%20%D0%90%D0%92%20%D0%9F%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2%20%20%D0%B4%D0%BB%D1%8F%20%D0%92%D0%AD%D0%9E%2004.03.2019.pdf> (Дата обращения 07.05.2019)

10. Golubev A., Kozlov V. Scientific aspects of agriculture innovative development in modern Russia // International Scientific Days 2018. "Towards Productive, Sustainable and Resilient Global Agriculture and Food Systems." Conference Proceedings. Published by Wolters Kluwer ČR, a.s., 2018. ISBN978-80-7598-180-6 (pdf). Pp.2280-2288. <https://doi.org/10.15414/isd2018.s11.02>

References

1. Fridlyanova S.Yu. Innovatsii v Rossii: dinamika osnovnykh pokazateley [Innovations in Russia: the dynamics of the main indicators]. *Nauka, tekhnologii, innovatsii*. 2018; 103: 1-3. (In Russian)

2. Babich S.G., Klochkova Ye.N. Analiz innovatsionnoy deyatel'nosti organizatsiy v sub'yektakh Rossiyskoy Federatsii v usloviyakh antirossiyskikh sanktsiy [Analysis of the innovative activities of organizations in the constituent entities of the Russian Federation in the context of anti-Russian sanctions]. *Ekonomicheskkiye nauki*. 2018; 2 (159): 49-58. (In Russian)

3. Sel'skoye khozyaystvo Rossii: buklet. Moscow, Ministerstvo sel'skogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii [Russian Agriculture: an information leaflet], 2018; 52. (In Russian)

Критерии авторства

Голубев А.В. выполнил теоретические исследования, на основании полученных результатов провёл обобщение и написал рукопись. Голубев А.В. имеет на статью авторские права и несёт ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 20.08.2019

Опубликована 20.12.2019

4. Prognoz nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda [Forecast of scientific and technological development of the agricultural sector of the Russian Federation for the period until 2030]. Moscow, NIU VSHE, 2017: 140. (In Russian)

5. Federal'nyy zakon ot 23.05.1996 № 127-FZ (red. 23.05.2016) "O nauke i gosudarstvennoy nauchno-tekhnicheskoy politike" [Federal Law of May 23, 1996 No. 127-FZ (as amended on May 23, 2016) "On Science and the State Scientific and Technical Policy"] URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_11507/c0a49fc869aeeb5b28ca88d3d37b7d8f7474375f/ (In Russian)

6. Titov V.N. Institutsional'nyy i ideologicheskyy aspekty funktsionirovaniya nauki [Institutional and ideological aspects of the functioning of science]. *Sotsiologicheskkiye issledovaniya*. 1999; 8: 66. (In Russian)

7. Prognozno-analiticheskoye soprovozhdeniye innovatsionnogo razvitiya v sfere sel'skogo khozyaystva: sb. [Forecast and analytical support of innovative development in the field of agriculture: Collection of papers]. Moscow, FGBNU "Rosinformaгротех", 2019: 503. (In Russian)

8. Golubev A.V. Ekonomicheskyy obmen sel'skogo khozyaystva [Economic exchange of agriculture]. *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2016; 2: 57-68. (In Russian)

9. Petrikov A.V. O prioritnykh napravleniyakh sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya APK Rossii: ot rosta k kachestvu rosta: Doklad na Ekspertnoy sessii VEO Rossii. 2019. 12 marta [On the priority areas of social and economic development of the farming industry of Russia: from growth to the quality of growth: Report at the Expert session of the VEO of Russia (Free Economic Society). 2019. 12 Mar]. [Electronic resource] URL: <http://www.viapi.ru/download/2019/%D0%94%D0%BE%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4%20%D0%90%D0%92%20%D0%9F%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2%20%20%D0%B4%D0%BB%D1%8F%20%D0%92%D0%AD%D0%9E%2004.03.2019.pdf> (Access date 07.05.2019) (In Russian)

10. Golubev A., Kozlov V. Scientific aspects of agriculture innovative development in modern Russia. *International Scientific Days 2018. "Towards Productive, Sustainable and Resilient Global Agriculture and Food Systems" Conference Proceedings*. Published by Wolters Kluwer ČR, a.s., 2018. ISBN978-80-7598-180-6 (pdf). 2280-2288. (In English) <https://doi.org/10.15414/isd2018.s11.02>

Contribution

Golubev A.V. performed theoretical studies, summarized the material and wrote the manuscript. Golubev A.V. has equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The author declares no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on August 20, 2019

Published 20.12.2019

ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА /
POWER SUPPLY AND AUTOMATION OF AGRICULTURAL PRODUCTION

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 581.151:635.63:538.56

DOI: 10.34677/1728-7936-2019-6-53-59

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ В САДОВОДСТВЕ

СТРЕБКОВ ДМИТРИЙ СЕМЕНОВИЧ, академик РАН, докт. техн. наук, профессор¹

E-mail: nauka-ds@mail.ru

ШОГЕНОВ АСЛАНБЕК ХАЖУМАРОВИЧ, докт. техн. наук, профессор²

E-mail: shah3636@mail.ru

ШОГЕНОВ ЮРИЙ ХАСАНОВИЧ, член-корреспондент РАН, докт. техн. наук³

E-mail: yh1961s@yandex.ru

¹ Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ; 109428, Российская Федерация, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5

² Северо-Кавказская академия управления; 360004, Российская Федерация, Кабардино-Балкарская республика, г. Нальчик, ул. Ахохова, 169А

³ Сектор механизации, электрификации и автоматизации РАН; 119991, Российская Федерация, г. Москва, Ленинский просп., 32А

Представлены области применения и примеры использования электротехнологии в сельскохозяйственном производстве с использованием электрического, магнитного и электромагнитных полей. Определены перспективные направления исследований с применением электротехнологии в садоводстве: использование для полива древесных культурных растений и кустарников омагниченной воды; применение сильного электрического поля высокого напряжения для получения тонкодисперсного электроаэрозоля в виде тумана или облака из электрически заряженных капелек раствора (химического препарата от болезней и вредителей садовых культур) для кратного повышения эффективности использования препарата с 25 до 75% и снижения нагрузки на экологию окружающей среды. Представлены технические устройства для получения омагниченной воды. Предложен оригинальный источник магнитного поля, состоящий из индуктора с обмотками и сердечника из феррита и отличающийся дополнительными возможностями по регулированию частоты (скорости) вращения магнитного поля, образованию магнитных полей с различным составом гармоник, зависящим от формы выходного напряжения транзисторного преобразователя частоты. Приведена электрическая схема (питающаяся от аккумулятора или маломощного выпрямителя) малогабаритного источника сильного электрического поля с использованием высокочастотных трансформаторов, масса и объем которых при таких частотах уменьшаются в 2 раза.

Ключевые слова: электромагнитное поле, окружающая среда, электрическое поле, аэрозольный генератор, феррит, электрический заряд, магнитное поле, высокочастотный трансформатор.

Формат цитирования: Стребков Д.С., Шогенов А.Х., Шогенов Ю.Х. Перспективы применения электротехнологии в садоводстве // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2019. № 6(94). С. 53-59. DOI: 10.34677/1728-7936-2019-6-53-59.

PROSPECTS OF APPLYING ELECTROTECHNOLOGY IN GARDENING

DMITRY S. STREBKOV, Member of the Russian Academy of Sciences, DSc (Eng), Professor, Scientific Supervisor¹

E-mail: nauka-ds@mail.ru;

ASLANBEK KH. SHOGENOV, DSc (Eng), Professor

E-mail: shah3636@mail.ru

YURII KH. SHOGENOV, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, DSc (Eng),
Head of the Sector of Mechanization, Electrification and Automation of the Department of Agricultural Sciences

E-mail: yh1961s@yandex.ru

¹ Federal Agroengineering Centre VIM; 109428, Russian Federation, Moscow, 1st Institutsky Proezd Str., 5

² North-Caucasus Academy of Management; 360004, Russian Federation, Kabardino-Balkarian Republic, Nalchik, Akhokhova Str., 169A

³ Russian Academy of Sciences (RAS); 119991, Russian Federation, Moscow, Leninsky Ave., 32 A

The paper presents some application fields and examples of applying electrotechnology in agricultural production as exemplified by the use of electric, magnetic and electromagnetic fields. The authors determined promising research areas concerning the application of electrotechnology in gardening: the use of magnetized water for watering tree crops and bushes; the use of a strong electric field of high voltage to produce a fine electroaerosol in the form of fog or cloud of electrically charged solution droplets (chemical preparation to combat diseases and pests of garden crops) to increase the preparation efficiency (from 25 to 75%) and reduce the environmental impact. The paper presents the designs of technical devices for obtaining magnetized water. The authors offer an original magnetic field source consisting of an inductor with windings and a ferrite core and having additional features for regulating the rotation speed of the magnetic field, and the formation of magnetic fields with different harmonic composition, depending on the shape of the output voltage of a transistor frequency converter. The paper also provides a description of an electric circuit (powered by a battery or a low-power rectifier) of a small-sized source of a strong electric field using high-frequency transformers, the mass and size of which are reduced twice at such frequencies.

Key words: electromagnetic field, environment, electric field, aerosol generator, ferrite, electric charge, magnetic field, high-frequency transformer.

For citation: Strebkov D.S., Shogenov A.Kh., Shogenov Yu.Kh. Prospects of applying electrotechnology in gardening. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*. 2019; 6(94): 53-59. DOI: 10.34677/1728-7936-2019-6-53-59 (In Rus.).

Введение. Известно, что живые организмы и окружающая их среда образуют сбалансированную экосистему, которая оптимальна и стабильно устойчива при сбалансированном обмене веществ, энергией и информацией внутри неё. Однако в силу природных явлений и антропогенных факторов устойчивость экосистемы периодически нарушается. Тогда для её восстановления, оптимизации или улучшения в желаемом направлении человеку приходится вмешиваться в данный процесс путём искусственного внешнего воздействия на составляющие экосистемы. Примером этого является применение в сельскохозяйственном производстве общеизвестных традиционных технологий – внесение удобрений в почву, использование ядохимикатов в огородах и садах для борьбы с вредителями и болезнями, орошение и осушение полей, химическая мелиорация земель и другие процессы. Относительно новым подходом к решению указанной проблемы является непосредственное воздействие электрическим током (напряжением), электрическим полем, магнитным полем (МП) и электромагнитным полем (излучением) на растения и почвенную среду с целью получения в них целесообразных (желаемых, возможно управляемых) изменений с применением современных электротехнологий в растениеводстве, садоводстве, овощеводстве, в том числе в сооружениях защищённого грунта [1, 2]. Растение и окружающая среда пронизаны сложными и тонко организованными в пространственном и временном отношениях электромагнитными полями (ЭМП) [3, 4]. В условиях непрерывного обмена с окружающей средой веществом, энергией и информацией в растительных организмах в результате физико-химических процессов создаются токи заряженных частиц, которые образуют внутри и за его пределами постоянные, квазистационарные и переменные электрические поля информационного уровня. С учётом вышеизложенного различные направления электротехнологии могут эффективно применяться в сельскохозяйственном производстве [5].

Множественные примеры применения магнитного поля, точнее «омагниченной» воды и водных систем в сельском хозяйстве и других областях человеческой деятельности, приводятся в работе [6]. В частности, рассматривается её благотворное влияние на овощные и зернобобовые культуры, которое объясняют авторы тем, что

молекулы воды, соединяясь между собой, образуют кластеры, которые часто слишком велики для проникновения в клетки растения. Процесс «омагничивания» воды размельчает их, благодаря чему возрастают возможности попадания её в клетку через корневую систему и водопроницающие ксилемные пучки, что способствует улучшению питания растений. Вопрос о влиянии МП на растительные объекты особенно актуален для Курской области, находящейся в районе магнитной аномалии. Исследования показывают, что в районе интенсивных аномалий ниже урожайность ряда сельскохозяйственных культур, снижена сахаристость сахарной свёклы, а также устойчивость растений к некоторым болезням [7].

Обнаружены данные, что слабое МП напряженностью 0,1...1,73 Э, создаваемое кольцами Гельмгольца, вызывает значительное изменение величины биоэлектрических потенциалов окоренившихся черенков традесканции [8]. Это может служить доказательством влияния МП на окислительно-восстановительные процессы в растительных тканях. Подтверждением тому являются работы, свидетельствующие о влиянии МП на метаболические процессы, скорость и направление ферментативных реакций [9].

В настоящее время не существует цельной теории, объясняющей механизм воздействия МП на растительные объекты. Однако, учитывая, что немагнитных материалов в природе не существует, можно предположить, что этот механизм находится на субклеточном уровне и имеет электромагнитную природу [10].

Существует мнение, согласно которому механизм биологического действия МП связан с изменением структуры воды, входящей в биологические объекты. В пользу такого предположения свидетельствует тот факт, что вода, пропущенная между полюсами постоянного магнита, приобретает свойства, отличающие ее от обычной и обладает физиологической активностью [11, 12].

Использованию электрического поля, точнее электроаэрозольной технологии посвящена монография, в которой рассматривается широкий круг её применения в сельском хозяйстве и других областях [13].

На основе анализа специальной литературы можно утверждать о малом количестве научных публикаций по использованию электротехнологии в садоводстве, где она

может оказаться достаточно эффективным средством для защиты растений от вредителей и болезней, при создании новых сортов плодово-ягодных культур, для повышения энергии прорастания посадочного материала и др. Поэтому данное направление исследований является актуальным и следует обстоятельно изучить с последующим внедрением позитивных результатов в садоводство. Например, можно начинать с воздействия на черенки плодово-ягодных культур ЭП, МП, ЭМП и токами различных частот или длин волн. Отдельным направлением проведения исследований в садоводстве может быть разработка технических средств для отпугивания птиц (скворцов, грачей и др.) от плантаций черешен и виноградников с помощью звуковых сигналов и ЭМП.

Цель работы – научные изыскания по определению перспективных научных направлений использования электротехнологии в садоводстве и созданию технических средств для их реализации.

В плане постановки задач рассматриваются два перспективных направления работ по использованию электротехнологии в садоводстве.

Материал и методы. Представлены технические устройства для получения омагниченной воды. Предложен оригинальный источник магнитного поля, состоящий

из индуктора с обмотками и сердечника из феррита и отличающийся дополнительными возможностями по регулированию частоты (скорости) вращения магнитного поля, образованию магнитных полей с различным составом гармоник, зависящим от формы выходного напряжения транзисторного преобразователя частоты. Приведена электрическая схема малоэнергоёмкого (питающаяся от аккумулятора или маломощного выпрямителя) и малогабаритного источника сильного электрического поля с использованием высокочастотных трансформаторов масса

Результаты и обсуждение.

Применение омагниченной воды в садоводстве. В работе [14] приводится пример использования магнитного поля для омагничивания воды, которой обрабатываются зелёные черенки плодово-ягодных культур. Увлажнение такой водной системой оказало положительное влияние на зелёные черенки сливы и чёрной смородины. Процесс корнеобразования у них начался на 2-3 дня раньше, укореняемость черенков повысилась до 20%. Количество придаточных корней первого порядка у черенков чёрной смородины увеличилось в среднем на 63,6%, у сливы – 103,2% по сравнению с контрольными вариантами. Увеличилась также суммарная длина корней. Рост побегов под влиянием омагниченной воды усилился и др.

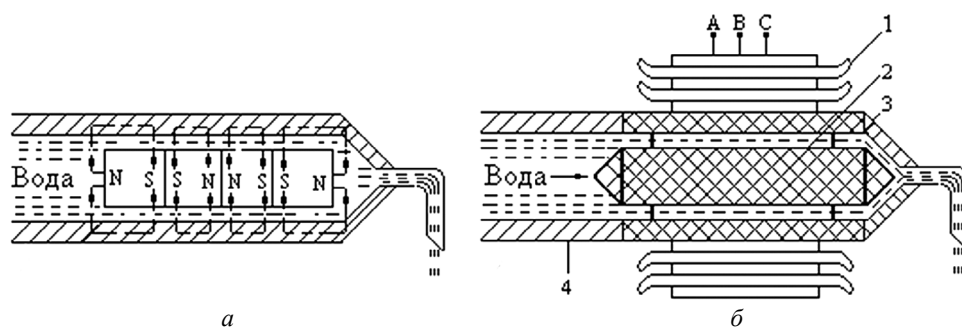


Рис. 1. Устройство для магнитной обработки воды (а), предлагаемый ИМП (б):

1 – индуктор с обмотками; 2 – сердечник из феррита; 3 – труба из диамагнитного материала; 4 – стальная труба; ABC – трёхфазная сеть

Fig. 1. Device for magnetic treatment of water (a), the proposed magnetic field source (MFS) (b):

1 – an inductor with windings; 2 – a ferrite core; 3 – a pipe made of diamagnetic material; 4 – a steel pipe; ABC – three-phase network

В качестве источника магнитного поля в нашей стране обычно используются аппараты с постоянными магнитами и электромагнитами, расположенные последовательно друг за другом и состыкованные одноимёнными полюсами. Они серийно выпускаются у нас и за рубежом.

На рисунке 1а схематически показано устройство для магнитной обработки воды с 4-мя постоянными магнитами (их может быть больше), закреплёнными внутри стальной трубы, по которой течёт вода. Между цепочкой магнитов и внутренним диаметром стальной трубы образуется зазор для протекания воды, где она и омагничивается. Аппарат с электромагнитами отличается, во-первых, тем, что вместо постоянных магнитов используются электромагниты на постоянном токе, во-вторых, последние размещены в герметически закрытой диамагнитной гильзе (например, латунной), заполненной трансформаторным маслом, внешний диаметр которого с внутренним стальной трубы образует соответствующий зазор, как

и в аппарате с постоянными магнитами. В этих аппаратах вода пересекает магнитные поля (потоки) чередующейся полярности.

Авторами предлагается использовать для этих целей оригинальный источник магнитного поля (ИМП), который подобен трёхфазному асинхронному двигателю с заторможенным ротором (рис. 1б) [15]. ИМП состоит из индуктора с обмотками (подобие статора) 1 и сердечника (подобие заторможенного ротора) 2 из феррита. Сердечник закреплён в отрезке трубы из диамагнитного материала 3 (например, полимерного), на которую насажен индуктор. Аппарат включается в рассечку стальной трубы (рис. 1б), по которой течёт вода, протекающая в зазоре между внутренним диаметром полимерной трубы и внешним сердечника. При подключении ИМП к трёхфазной сети в зазоре между индуктором и сердечником образуется вращающееся магнитное поле, которое пересекает текущую по нему воду, омагничивая её. Аппарат

может омагничивать и «стоячую» воду, если ёмкость с водой охватить им. ИМП может также питаться от однофазно-трёхфазного транзисторного преобразователя частоты (ТПЧ) [16]. В этом случае у аппарата появляются дополнительные возможности: регулирование частоты (скорости) вращения магнитного поля, образование гаммы магнитных полей с различным составом гармоник, зависящим от формы выходного напряжения ТПЧ, одни из которых вращаются в одну сторону, другие – в другую и др.

В настоящее время конкретные конструкции эффективных и оптимальных ИМП мало изучены, не изучены также свойства омагниченной ими воды во вращающемся магнитном поле, что даёт широкое поле деятельности молодым исследователям.

Применение электроаэрозольных генераторов в садоводстве. Известно, что традиционные способы защиты фруктовых садов от вредителей и болезней химическими средствами – опрыскивания жидкими химическими растворами или порошками чреваты качественными и количественными издержками, включая дополнительную нагрузку на экологию окружающей среды. При обработке растений инсектицидами их эффективность возрастает с повышением их дисперсности. В то же время при увеличении дисперсности уменьшается количество препарата, осаждающегося на растениях. Обычно на поверхность растения оседает до 15...25% препарата, а 70...85% уносится ветром за пределы обрабатываемого участка, зачастую оказывая отрицательное экологическое воздействие на окружающую среду. С целью уменьшения этих отрицательных явлений применяют электроаэрозольную технологию, сущность которой заключается в том, что жидкий раствор препарата под определённым давлением пропускают через сильное электрическое (электростатическое высокого напряжения) поле. При этом образуется тонкодисперсный электроаэрозоль (туман или облако из электрически заряжённых капелек раствора), который осаждается на растениях, поскольку, как показано в [17] растение само обладает меняющимся в динамике квазистационарным электрическим полем, образованным разностью потенциалов между корневой системой ($\varphi_k = 0$) и верхней частью ($\varphi_v = \varphi_{max}$) как травянистых, кустарниковых, так и древесных растений (плодовых). Учитывая избыточный электрический заряд распыляемых частиц от аэрозольного генератора, следует ожидать, что в спокойную ясную погоду аэрозольные частицы достаточно эффективно (до 80...90%) осаждаются на верхнюю и нижнюю части листовой поверхности растения, имеющими противоположный электрический заряд.

Известны преимущества этого способа опрыскивания садов (растений): потери препарата минимальны, практически весь материал осаждается на объекте (расход препарата в 2 раза меньше, чем при традиционной аэрозольной технологии); распылённый препарат осаждается на обеих сторонах листа благодаря электрическому заряду; раствор на покрываемой поверхности распределяется с большой степенью однородности; обеспечивается надёжное прилипание аэрозоля к объекту; отсутствует «отскакивание» осаждённых частиц при колебаниях покрываемой поверхности и др. Понятно, что при современных высоких ценах на препараты, электроаэрозольная технология является весьма привлекательным

способом для садоводов. Между тем этот достаточно эффективный способ опрыскивания садов мало распространён в нашей стране, в частности в Северо-Кавказском регионе и Крыму, где развито садоводство и виноградарство.

Одной из основных причин этого является отсутствие качественных источников электрического поля. В литературе приведены эффективные источники сильных электрических полей на современной элементной базе, в основу которых положены транзисторные инверторы напряжения (ТИН) и выпрямители с умножением напряжения (ВУМ) [16].

В качестве примера на рисунке 2а приведена принципиальная схема одного из простейших вариантов источника сильного электрического поля (ИСЭП), питающегося от аккумулятора или маломощного выпрямителя. Она состоит из ТИН (левая часть) и ВУМ (правая часть).

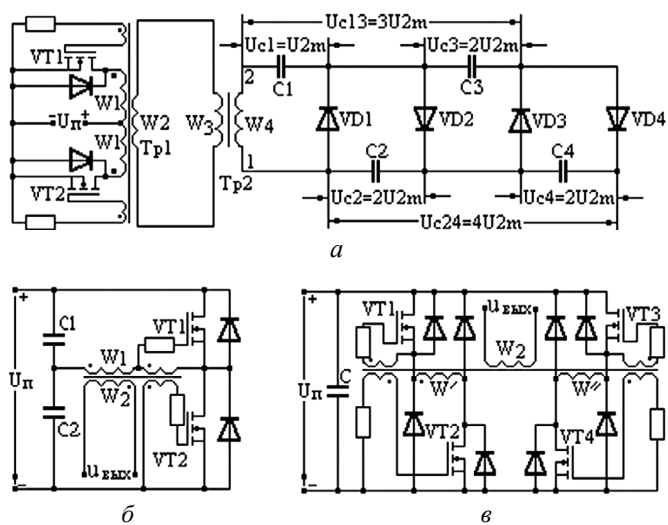


Рис. 2. Принципиальная схема источника сильного электрического поля:

а – транзисторные инверторы напряжения; б – полумостовая схема; в – мостовая схема

Fig. 2. Schematic diagram of the source of a strong electric field:

а – transistor voltage inverters; б – a half-bridge circuit; в – a full bridge circuit

С целью получения малогабаритных и с небольшим весом трансформаторов $Tr1$ и $Tr2$ их конструируют высокочастотными. При этом в качестве сердечников могут использоваться ферриты различных форм и конфигураций. Однако, как показала практика, такие трансформаторы с чрезмерно высокими частотами (например, $f \geq 20$ кГц) имеют целый ряд недостатков: при высоких частотах сказываются паразитные ёмкости обмоток трансформаторов, на перезаряд которых затрачивается значительная энергия; в ВУМ приходится применять высоковольтные и высокочастотные диоды, технические характеристики которых ниже, а цены увеличиваются с ростом частоты; возникают повышенные требования к качеству электрической изоляции трансформатора; у большинства изоляционных материалов с ростом частоты электрическая прочность падает; рабочие индукции ферритовых сердечников $Tr1$ и $Tr2$ низкие (порядка 0,2 Тл) и др.

Поэтому для высокочастотных трансформаторов ИСЭП рекомендуется брать $f \leq 5$ кГц. Дело в том, что масса и объём трансформаторов при таких частотах уменьшаются в 2 раза. Такой же эффект достигается повышением частоты от 5 до 20 кГц, а при дальнейшем её увеличении он уменьшается незначительно. Кроме этого, при частотах до 5 кГц в качестве магнитопроводов в трансформаторах ИСЭП можно использовать сердечники из электротехнических ленточных сталей марки Э2423 (Э360) толщиной ленты 0,05...0,08 мм, а рабочую расчётную индукцию брать порядка 0,8...1,0. Это существенно уменьшает число витков обмоток трансформаторов и тем самым компенсирует уменьшение их массогабаритов при частоте 20 кГц.

От трансформаторов Тр1 и Тр2 можно получать напряжение до 10 кВ и выше. Однако такие трансформаторы также имеют свои недостатки как с точки зрения необходимости усиления изоляции, которая увеличивает габариты трансформатора и цену, так и потери энергии в них. Поэтому выходные напряжения трансформаторов ИСЭП целесообразно брать $U_{\text{вых}} \leq 5$ кВ. Более того, с целью облегчения изоляции Тр1 и уменьшения коэффициентов трансформаций трансформаторы целесообразно иногда каскадировать (использовать Тр2). Однако при этом увеличиваются установленные мощности трансформаторов, возрастает общая индуктивность схемы, снижается КПД, растёт цена изделия и др. Поэтому такое каскадирование целесообразно ограничить двумя звеньями (рис. 2а) или вовсе избегать. При этом коэффициенты каскадных трансформаторов можно брать одинаковыми и равными ориентировочно $K_{mm1} \approx K_{mm2} \approx W_2/W_1 \approx W_4/W_3 \approx \sqrt{U_{\text{вых}}/U_{\text{п}}}$, (например, при $U_{\text{вых}} = 5000$ В и $U_{\text{п}} = 6$ В $K_{mm1} \approx K_{mm2} \approx 29$, при $U_{\text{вых}} = 300$ В и $U_{\text{п}} = 6$ В $K_{mm1} \approx K_{mm2} \approx 7$).

Принцип работы ИСЭП, его расчёт приводятся в работе Г.А. Таракановой и др. [9]. Приведём несколько замечаний по нему.

При применении ИСЭП в сельскохозяйственных предприятиях с различными размерами плантаций достаточно потребляемой мощности $P_{\text{пот.}} = 50...150$ Вт. При этом, когда $P_{\text{пот.}} \leq 50$ Вт целесообразно использовать ТИН (рис. 2а левая часть), который в научных источниках упоминается как генератор Ройера (Royer), когда $50 < P_{\text{пот.}} \leq 100$ Вт – полумостовую схему (рис. 2б), когда $P_{\text{пот.}} > 100$ Вт – мостовую схему (рис. 2в).

Применение в ИСЭП каскадных трансформаторов (Тр1 и Тр2) может оказаться целесообразным при $U_{\text{п}} \leq 6$ В и $U_{\text{вых1}} \geq 300$ В, если $U_{\text{п}} \geq 300$ В, то можно обойтись одним Тр1.

Таким образом, в настоящее время как ТИНЫ, так и ВУМы сами по себе изучены достаточно подробно. Между тем для предлагаемых целей они требуют доработок. Поэтому приведённые выше замечания не являются полными, что подразумевает проведение новых исследований в этом направлении с целью создания оптимальных устройств ИСЭП различных мощностей.

В нашей стране и за рубежом используются многочисленные приёмы воздействия ЭП, МП и ЭМП на растения и семена с целью их стимуляции. Сформировалось значительное число самостоятельных школ, которые, решая одинаковые (подобные) проблемы, базируются на различных теоретических предположениях [18]. Из анализа приведённых работ следует, что электромагнитная стимуляция

растений и предпосевная обработка семян часто позволяют улучшить качество продукции, повысить урожайность в среднем на 10...15%. Авторы этих методов считают, что предлагаемые ими способы воздействия на растительные объекты приводят только к положительным результатам. Другие исследователи, наоборот, доказывают угнетающие воздействия внешних ЭМП и отрицают всякую возможность стимуляции роста и развития растений электромагнитными методами. По нашему мнению, традиционные методы электромагнитного воздействия на растительные объекты не выявляют скрытых резервов их функциональной жизнедеятельности, а позволяют лишь при определенных условиях эмпирическим путём получить оптимальные параметры используемых ЭМП. Такой подход не часто приводит к воспроизводимым результатам, так как функциональное состояние растения находится в зависимости от меняющихся временных и гелио-физических факторов окружающей среды. Об этом свидетельствуют полученные зависимости адаптационных реакций организма от электромагнитных полей природного и антропогенного происхождения, а также долговременные эксперименты, показавшие высокую корреляционную взаимосвязь между активностью солнечных пятен и функциональной жизнедеятельностью растительных объектов [19, 20, 21].

Таким образом, биологическое действие ЭМП не вызывает сомнений как при непосредственном воздействии на растения, так и при воздействии через поливную воду или почвенный субстрат. Однако, в большинстве случаев выбор оптимальных режимов электромагнитной стимуляции производится эмпирическим путём. Такой подход приводит к противоречивым результатам. Несмотря на наличие большого количества исследований по эффектам нетеплового воздействия электромагнитных полей на биологические системы и растущий интерес к подобным исследованиям, сама проблема продолжает оставаться дискуссионной.

Выводы

1. Использование для полива древесных культурных растений и кустарников омагниченной воды и применение сильного электрического поля высокого напряжения для получения тонкодисперсного электроаэрозоля в виде тумана или облака из электрически заряженных капелек раствора (химического препарата) обеспечивают эффективность использования препарата от 25 до 75% икратно снижают экологическую нагрузку на окружающую среду.

2. Предложенный оригинальный источник магнитного поля, состоящий из индуктора с обмотками и сердечником из феррита, подобный трёхфазному асинхронному двигателю с заторможенным ротором и отличающийся дополнительными возможностями по регулированию частоты (скорости) вращения магнитного поля, образованию магнитных полей с различным составом гармоник, зависящим от формы выходного напряжения транзисторного преобразователя частоты позволяет получить омагниченную воду.

3. В случае, когда потребляемые мощности источника сильного электрического поля менее 50 Вт, целесообразно

использовать транзисторные инверторы напряжения, при $50 < P_{\text{пот.}} \leq 100$ Вт – полумостовую схему, когда $P_{\text{пот.}} > 100$ Вт – мостовую схему.

4. Применение в источниках сильного электрического поля каскадных трансформаторов (Тр1 и Тр2) может оказаться целесообразным при $U_{\text{п}} \leq 6$ В и $U_{\text{вых1}} \geq 300$ В, если $U_{\text{п}} \geq 300$ В, то можно обойтись одним Тр1.

Библиографический список

1. Бородин И.Ф. Электротехнология в сельскохозяйственном производстве // *Электричество*. 1982. № 11.
2. Живописцев Е.Н., Косицын О.А. Электротехнология и электрическое освещение. М.: ВО «Агрпромиздат», 1990.
3. Shogenov Yu.Kh., Mironova E.A., Moiseenkova V.Yu., Romanovsky Yu.M. Effect of monochromatic electromagnetic irradiation in the wavelength range of 330-3390 nm on plant bioelectric activity // *Russian Journal of Plant Physiology*. 1999. V. 46. N5. P. 697-703.
4. Vasil'ev V.A., Garkusha I.V., Petrov V.A., Romanovskii Yu.M., Shogenov Yu.Kh. Light induced electrical activity of green plants // *Biophysics*. 2003. V. 48. N4. P. 662-671.
5. Шогенов А.Х. Влияние электромагнитного поля на живые организмы // *Известия КБНЦ РАН*. 2003. № 1.
6. Ткаченко Ю.П. Магнитные технологии в сельском хозяйстве. <https://www.proza.ru/2016/09/26/1066>.
7. Травкин М.П. Теоретические и практические аспекты изучения биологического действия магнитных полей // *Науч. тр. Курского ГПИ*. 1978. Т. 191. С. 3-10.
8. Травкин М.П. К вопросу о влиянии магнитного поля на биоэлектрическую активность растений // *Физиология растений*. 1976. Т. 23. Вып. 5. С. 1074-1076.
9. Тараканова Г.А. Влияние постоянных магнитных полей на отдельные звенья процесса дыхания растений // *Физиология растений*. 1978. Т. 25. Вып. 1. С. 181-184.
10. Прищеп Л.Г. Механизм обмена информацией в растительном и животном мире // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 1996. № 8. С. 17-20.
11. Такетоми С., Тикадзуми С. Магнитные жидкости / Пер. с яп. М.К. Овечкина и А.Д. Мицкевича. М.: Мир, 1993. 272 с.
12. Классен В.И. Омагничивание водных систем. М.: Химия, 1978. 238 с.
13. Лекомцев П.Л. Электроаэрозольные технологии в сельском хозяйстве: монография. Ижевск, 2006.
14. Поликарпов Ф.Я., Пилюгина В.В. Использование омагниченной воды при укоренении зелёных черенков // *Садоводство*. 1978. № 8.
15. Способ электромагнитной обработки жидкостей: А.С. № 1165640, СССР / А.Х. Шогенов: Кабардино-Балкарский государственный университет (СССР). № 35168689/23-26; заявл. 07.07.85; опубл. 01.03.85. Бюл. № 25.
16. Шогенов А.Х., Стребков Д.С., Шогенов Ю.Х. Аналоговая, цифровая и силовая электроника. М.: Физматлит, 2017. 416 с.
17. Каменская К.И., Третьяков Н.Н., Шогенов Ю.Х. О роли биоэлектрической полярности в жизнедеятельности растений кукурузы в условиях гипогравитации // *Известия ТСХА*. 1986. № 6. С. 118-121.

18. Китлаев Б.Н. Теоретические и прикладные аспекты фотоэлектрических воздействий на семена и растения // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 1982. № 4. С. 21-26.

19. Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. М.: Мысль, 1976. 366 с.

20. Пресман А.С. Электромагнитные поля и живая природа. М.: Наука, 1968. 288 с.

21. Fischer H.P. Langzeitbeobachtungen uber der Zusammenhang von Samenkeimung und Sonnenfleckenatigkeit // *Ber. Deutsch. Bot. Ges.* 1982. Bd.95. N3. S.457-464.

References

1. Borodin I.F. Elektrotekhnologiya v sel'skokhozyaystvennom proizvodstve [Electrotechnology in agricultural production]. *Elektrichestvo*. 1982; 11.
2. Zhivopistsev Ye.N., Kositsyn O.A. Elektrotekhnologiya i elektricheskoye osveshcheniye [Electrotechnology and electric lighting]. Moscow, VO "Agropromizdat", 1990.
3. Shogenov Yu.Kh., Mironova E.A., Moiseenkova V.Yu., Romanovsky Yu.M. Effect of monochromatic electromagnetic irradiation in the wavelength range of 330-3390 nm on plant bioelectric activity. *Russian Journal of Plant Physiology*. 1999; 46; 5: 697-703.
4. Vasil'ev V.A., Garkusha I.V., Petrov V.A., Romanovskii Yu.M., Shogenov Yu.Kh. Light induced electrical activity of green plants. *Biophysics*. 2003; 48; 4: 662-671.
5. Shogenov A.Kh. Vliyaniye elektromagnitnogo polya na zhivyye organizmy [Influence of electromagnetic field on living organisms]. *Izvestiya KBNTS RAN*. 2003; 1.
6. Tkachenko Yu.P. Magnitnyye tekhnologii v sel'skom khozyaystve [Magnetic technologies in agriculture]. <https://www.proza.ru/2016/09/26/1066>.
7. Travkin M.P. Teoreticheskiye i prakticheskiye aspekty izucheniya biologicheskogo deystviya magnitnykh poley [Theoretical and practical aspects of studying the biological action of magnetic fields]. *Nauch. tr. Kurskogo GPI*. 1978; 191: 3-10.
8. Travkin M.P. K voprosu o vliyani magnitnogo polya na bioelektricheskuyu aktivnost' rasteniy [On the influence of the magnetic field on the bioelectric activity of plants]. *Fiziologiya rasteniy*. 1976; 23; 5: 1074-1076.
9. Tarakanova G.A. Vliyaniye postoyannykh magnitnykh poley na otdel'nyye zven'ya protsessa dykhaniya rasteniy [Influence of constant magnetic fields on the individual components of the respiration of plants]. *Fiziologiya rasteniy*. 1978; 25; 1: 181-184.
10. Prishchep L.G. Mekhanizm obmena informatsiyey v rastitel'nom i zhivotnom mire [Mechanism of information exchange in the plant and animal world]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva*. 1996; 8: 17-20.
11. Taketomi S., Tikadzumi S. Magnitnyye zhidkosti [Magnetic fluids] / Translated from Japanese by M.K. Ovechkin and A.D. Mitskevich. Moscow, Mir, 1993: 272.
12. Klassen V.I. Omagnichivaniye vodnykh system [Magnetization of water systems]. Moscow, Khimiya, 1978: 238.
13. Lekomtsev P.L. Elektroaerol'nyye tekhnologii v sel'skom khozyaystve: monografiya [Electroaerosol technology in agriculture: Monograph]. Izhvsk, 2006.

14. Polikarpov F.Ya., Pilyugina V.V. Ispol'zovaniye omagnichennoy vody pri ukorenении zelonykh Cherenkov [Use of magnetized water in green cutting rooting]. *Sadovodstvo*. 1978; 8.

15. Sposob elektromagnitnoy obrabotki zhidkostey [Method of electromagnetic treatment of liquids]: A.C. No.1165640, SSSR / A.Kh. Shogenov: Kabardino-Balkarskiy gosudarstvennyy universitet (SSSR). No. 35168689/23-26; applied on 07.07.85; issued on. 01.03.85. Bul. No.25.

16. Shogenov A.Kh., Strebkov D.S., Shogenov Yu.Kh. Analogovaya, tsifrovaya i silovaya elektronika [Analog, digital and power electronics]. Moscow, Fizmatlit, 2017: 416.

17. Kamenskaya K.I., Tret'yakov N.N., Shogenov Yu.Kh. O roli bioelektricheskoy polyarnosti v zhiznedeyatel'nosti rasteniy kukuruzy v usloviyakh gipogravitatsii [On the role

of bioelectric polarity in the life of maize plants in hypogravity]. *Izvestiya TSKHA*. 1986; 6: 118-121.

18. Kitlayev B.N. Teoreticheskiye i prikladnyye aspekty fotoelektricheskikh vozdeystviy na semena i rasteniya [Theoretical and applied aspects of photovoltaic effects on seeds and plants]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva*. 1982; 4: 21-26.

19. Chizhevskiy A.L. Zemnoye ekho solnechnykh bur' [Ground echo of solar storms]. Moscow, Mysl', 1976: 366.

20. Presman A.S. Elektromagnitnyye polya i zhivaya priroda [Electromagnetic fields and wildlife]. Moscow, Nauka, 1968: 288.

21. Fischer H.P. Langzeitbeobachtungen uber der Zusammenhang von Samenkeimung und Sonnenfleckenatigkeit. *Ber. Deutsch. Bot. Ges.* 1982; 95; 3: 457-464.

Критерии авторства

Стребков Д.С., Шогенов А.Х., Шогенов Ю.Х. выполнили теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись. Стребков Д.С., Шогенов А.Х., Шогенов Ю.Х. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 29.11.2019

Опубликована 20.12.2019

Contribution

Strebkov D.S., Shogenov A.Kh., Shogenov Yu.Kh. carried out theoretical studies and based on them generalized the results and wrote a manuscript. Strebkov D.S., Shogenov A.Kh., Shogenov Yu.Kh. have equal author's rights and bears equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on November 29, 2019

Published 20.12.2019

ТЕОРИЯ И МЕТОДИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

ТЕОРИЯ И МЕТОДИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ /
THEORY AND METHODOLOGY OF PROFESSIONAL EDUCATION

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 37.022:378.4

DOI: 10.34677/1728-7936-2019-6-60-65

МЕТОДОЛОГИЯ ВЫСШЕГО АГРАРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ: ПОЛИПАРАДИГМАЛЬНЫЙ ПОДХОД

КУБРУШКО ПЁТР ФЁДОРОВИЧ, чл.-корр. РАО, докт. пед. наук, профессор

E-mail: pkubrushko@mail.ru

НАЗАРОВА ЛЮДМИЛА ИВАНОВНА, канд. пед. наук, доцент

E-mail: nazarova@inbox.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Российская Федерация,
г. Москва, Тимирязевская ул., 49

Авторы проводят анализ современного состояния и перспектив развития аграрной сферы, рассматривают роль высшего аграрного образования в инновационном развитии агропромышленного комплекса, обосновывают необходимость совершенствования теории и практики высшего аграрного образования, в том числе исследования его методологических основ. Целью исследования выступает обоснование возможностей применения полипарадигмального подхода как основы методологии современного высшего аграрного образования. Показан процесс трансформации образовательной парадигмы в системе профессионального образования в последние десятилетия; рассмотрена сущность когнитивной, технократической, гуманистической образовательных парадигм; показаны возможности их сочетания в рамках полипарадигмального подхода к обоснованию теории и практики высшего аграрного образования; раскрыта целесообразность применения в рамках полипарадигмального подхода идей системного, синергетического, лично ориентированного, компетентностного, проектно-целевого подходов. Реализация полипарадигмального подхода при разработке педагогических систем в высшем аграрном образовании создаёт возможности для удовлетворения требований современного общества к подготовке специалистов качественно нового типа: высококвалифицированных, компетентных, конкурентоспособных, культурных, инициативных, креативных, предприимчивых, коммуникабельных, способных и готовых качественно выполнять свои профессиональные функции, социально мобильных, легко адаптирующихся к изменениям и быстро осваивающих новую технику и технологии современного наукоёмкого аграрного производства.

Ключевые слова: методология, методология образования, аграрное образование, образовательная парадигма, технократическая образовательная парадигма, гуманистическая образовательная парадигма, полипарадигмальный подход, цифровизация образования.

Формат цитирования: Кубрушко П.Ф., Назарова Л.И. Методология высшего аграрного образования: полипарадигмальный подход // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2019. № 6(94). С. 60-65. DOI: 10.34677/1728-7936-2019-6-60-65.

METHODOLOGY OF HIGHER AGRICULTURAL EDUCATION: POLYPARADIGMAL APPROACH

PETR F. KUBRUSHKO, Corresponding Member of the Russian Academy of Education, DSc (Ed), Professor

E-mail: pkubrushko@mail.ru

LIUDMILA I. NAZAROVA, PhD (Ed), Associate Professor

E-mail: nazarova@inbox.ru

Russian Timiryazev State Agrarian University; 127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49

The authors analyze the current state and prospects of development of the agricultural sector, consider the role of higher agricultural education in the innovative development of the agricultural sector, determine the need to improve the theory and practice of higher agricultural education, including the study of its methodological foundations. The study aims at analyzing

the possibilities of using a polyparadigm approach as the basis of the methodology of modern higher agricultural education. The authors overview the transformation process of the educational paradigm in the vocational education system in recent decades; consider the core of cognitive, technocratic, and humanistic educational paradigms; and evaluate the possibilities of combining them within the framework of a polyparadigm approach to provide grounds for the theory and practice of higher agricultural education. The authors prove the expediency of applying the ideas of systemic, synergetic, personality-oriented, competency-based, and design-targeted approaches within the framework of a polyparadigm approach. The implementation of a polyparadigm approach in the development of pedagogical systems in higher agricultural education provides opportunities to meet the requirements of modern society for the training of qualitatively new specialists: highly qualified, competent, competitive, cultural, proactive, creative, entrepreneurial, communicative, capable and willing to perform their professional functions in a highly efficient manner, socially mobile, easily adaptable to changes and quickly mastering new technology of modern high-tech agricultural production.

Key words: methodology, educational methodology, agricultural education, educational paradigm, technocratic educational paradigm, humanistic educational paradigm, polyparadigm approach, digitalization of education.

For citation: Kubrushko P.F., Nazarova L.I. Methodology of higher agricultural education: polyparadigm approach. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*. 2019; 6(94): 60-65. DOI: 10.34677/1728-7936-2019-6-60-65 (In Rus.).

Введение. В условиях усиливающейся глобализации возрастает роль аграрного сектора экономики в обеспечении продовольственной безопасности нашей страны. Однако проблем в развитии сельских территорий с каждым годом становится всё больше: углубляется информационный и инновационный разрыв между городской и сельской местностью, что ведёт к росту миграционного оттока сельского населения, к утрате освоенности сельских территорий [1]. Недостаточное информационное, научное, кадровое обеспечение агропромышленного комплекса (АПК) сдерживает развитие аграрного сектора экономики. Одним из ключевых условий решения этих проблем является опережающее развитие АПК, благодаря которому аграрная сфера станет более востребованной на рынке труда. Особая роль здесь отводится системе высшего аграрного образования, которая могла бы эффективно функционировать в условиях постиндустриального общества и экономики знаний. Сверхзадачей аграрного образования становится подготовка высококвалифицированных кадров, способных и готовых осуществлять инновационную профессиональную деятельность в сфере АПК.

На уровне государственной образовательной политики, в частности в области высшего образования, в качестве приоритетных направлений выделяются следующие: развитие сектора исследований и разработок в университетах, усиление кооперации вузов с передовыми компаниями реального сектора экономики и научными организациями, расширение международной интеграции российских вузов как в сфере образовательных программ, так и в сфере исследований и разработок, усиление академической мобильности и развитие сетевой организации образовательных и исследовательских программ.

Реальное же состояние дел в системе высшего аграрного образования пока ещё оставляет желать лучшего: нуждается в обновлении содержания многих направлений подготовки (особенно на уровне магистратуры [2]), требуется кардинальное переоснащение материально-технической базы с учётом специфики аграрного образования (в структуре имущественного комплекса аграрных вузов находятся земельные участки, опытные поля, учебно-опытные хозяйства, ветеринарные клиники, лаборатории семеноводства, виварии для содержания животных, лаборатории таксидермии и другие специфичные подразделения, непосредственно задействованные в учебном

процессе; кафедры аграрных вузов имеют свои филиалы, расположенные на сельскохозяйственных предприятиях, предприятиях переработки сельскохозяйственной продукции, леспромпхозах и др.), опережающее внедрение высоких технологий в образовательный процесс подготовки специалистов-аграриев, совершенствование системы аккредитации и многое другое [3].

Значимость решения проблем высшего аграрного образования обуславливает необходимость комплексных исследований возможностей его развития в сложившихся социально-экономических условиях. В связи с этим высокую актуальность приобретают вопросы совершенствования теории и практики высшего аграрного образования, в том числе исследования его методологических основ.

Цель исследования – обосновать возможности применения полипарадигмального подхода как основы методологии современного высшего аграрного образования.

Методы исследования: анализ и обобщение научно-педагогической литературы по методологии профессионального образования, специфике высшего аграрного образования, тенденциям развития профессионального образования в условиях цифровизации.

Исследование осуществлялось на базе Центра инженерной педагогики при кафедре педагогики и психологии профессионального образования ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (Центр аккредитован Международным обществом по инженерной педагогике IGIP).

Результаты и обсуждение. В педагогической науке достаточно давно и широко используется понятие «методология», однако оно всё ещё не получило однозначной трактовки. Так, В.В. Краевский и В.М. Полонский подразделяют методологию на два типа: 1) дескриптивную (описательную) – о структуре научного знания, закономерностях научного познания и т.д.; 2) нормативную (прескриптивную) – направленную непосредственно на регуляцию деятельности и представляющую собой рекомендации и правила осуществления научной деятельности [4]. Однако, по мнению А.М. Новикова и Д.А. Новикова, здесь целесообразно говорить о двух разных функциях (описательной и нормативной) одного учения – методологии. Они отмечают тот факт, что методология науки, научной деятельности, научного исследования в принципе ничем не отличается от любой человеческой деятельности,

исходя из чего логично определяют методологию как учение об организации деятельности. Организация деятельности предполагает её упорядочение в целостную систему с чётко определёнными характеристиками (особенности, принципы, условия, нормы деятельности), логической структурой (субъект, объект, предмет, формы, средства, методы, результат деятельности) и процессом её осуществления, т.е. временной структурой деятельности (фазы, стадии, этапы) [5].

Понятие «парадигма» имеет непосредственное отношение к методологии науки. В Философском энциклопедическом словаре приведены два значения понятия «парадигма» (греч. *paradigma* – пример, образец): 1) понятие, используемое в античной и средневековой философии для характеристики взаимоотношений духовного и реального мира; 2) теория (или модель постановки проблем), принятая в качестве образца решения исследовательских задач.

До сравнительно недавних пор, в условиях индустриального общества, в системе профессионального образования ведущую роль играла так называемая «знаниево-навыковая», или когнитивная, парадигма, ориентированная на формальное усвоение студентами знаний, умений, навыков (ЗУН), чего, как правило, не достаточно для качественного выполнения выпускниками профессиональных функций. Широко распространившийся в современном профессиональном образовании, в том числе аграрном, компетентностный подход не отрицает этой классической триады – «знания, умения, навыки», истоки которой уходят корнями в глубокое прошлое, в доиндустриальное общество (еще Конфуций говорил: «Я слышу и забываю, я вижу и запоминаю, я делаю и понимаю»; Я.А. Коменский также особое внимание уделял единству теории и практики; похожей точки зрения придерживался и Дж. Дьюи, продвигая свою основную идею «learning by doing» и т.д.).

Однако в постиндустриальном обществе производство всё в большей мере требует высоких наукоёмких технологий, для разработки и обслуживания которых необходимы высококвалифицированные специалисты [6]. Как справедливо отмечал А.М. Новиков, «если прежде основную роль играли природные ресурсы страны, давая тем или иным странам сравнительные преимущества в системе мирохозяйственных связей, то ныне на первый план выдвинулся уровень развития людских ресурсов – знание, творчество, мастерство, умение в широком смысле слова» [7]. Логично предположить, что в ближайшем будущем в информационном обществе конкурентоспособными будут страны, которые будут преумножать именно эти ресурсы.

Развитие новых технологий и создание наукоёмких производств, в том числе в аграрной сфере, приводит к изменениям в структуре рабочей силы: растёт доля работников умственного труда и снижается доля работников физического труда. В экономически развитых странах заметна тенденция к увеличению числа рабочих с высшим образованием, как этого требует современное высокотехнологичное производство.

В связи с переходом к постиндустриальному обществу стала формироваться технократическая образовательная парадигма, которая рассматривается как логическое продолжение когнитивной парадигмы. Во главу угла ставится

специалист как носитель профессиональных компетенций, необходимых для общества в целом и отдельного работодателя, в частности. Компетентностный подход, по своей сути, выражает в первую очередь ценности технократической парадигмы и – в меньшей степени – гуманистической парадигмы. Однако же он позволяет лучше технологизировать образовательный процесс, т.е. обеспечить гарантированное достижение воспроизводимых результатов образовательного процесса. Особенно важным представляется выделение в рамках компетентностного подхода универсальных компетенций инновационной деятельности как условия инновационного развития любой отрасли:

- способность и готовность к непрерывному образованию, постоянному совершенствованию, переобучению и самообучению, профессиональной мобильности, стремление к новому;

- способность к критическому мышлению;
- способность и готовность к разумному риску, креативность и предприимчивость;

- умение работать самостоятельно, готовность к работе в команде и в высококонкурентной среде и др.

Формирование таких компетенций предполагает адаптацию для этих целей не просто отдельных направлений социально-экономической политики (в первую очередь политики в сфере образования), но и общественной среды в целом, создание условий для свободы творчества и самовыражения, поощряющих и вознаграждающих людей, обладающих соответствующими компетенциями и достигающих успеха. А в этом уже чётко прослеживаются ценности гуманистической парадигмы.

Гуманистическая образовательная парадигма ориентирована на творческий, конструктивный, субъект-субъектный характер взаимодействия педагога и обучающегося как равноправных субъектов образовательного процесса [8]. Основным методологическим подходом в рамках данной парадигмы является личностно ориентированный подход, предполагающий персонализацию обучения, учёт индивидуально-психологических особенностей обучающихся, создание условий для развития и саморазвития своих способностей и в целом – для самореализации личности в её профессиональной деятельности. В условиях цифровизации высшего образования эти идеи находят всё более широкое воплощение в электронной информационно-образовательной среде вуза [9], в формировании и развитии которой участвует множество специалистов: программистов, компьютерных дизайнеров, преподавателей, администраторов, методистов и многих других. Грамотное применение электронных образовательных ресурсов помогает, с одной стороны, оптимизировать процесс формирования компетенций у обучающихся, а с другой – сделать процесс обучения адаптивным, максимально комфортным для обучающегося, позволяет удовлетворить его образовательные потребности.

На первый взгляд, технократическая и гуманистическая образовательные парадигмы выражают диаметрально противоположные ценности (первая ориентирована на запросы работодателя, на формирование прагматически значимых компетенций, вторая – на интересы личности, её самоопределение, выбор собственной траектории развития), однако более глубокий анализ показывает

не просто возможность их разумного сочетания, но и необходимость интеграции. В педагогике профессионального образования предлагаются различные варианты сопряжения технократической и гуманистической образовательных парадигм, но наиболее обоснованной представляется разработанная А.А. Вербицким теория контекстного обучения, т.е. обучения в контексте будущей профессиональной деятельности. Согласно этой теории, «усвоение содержания обучения осуществляется не путём простой передачи студенту информации, а в процессе его собственной, внутренне мотивированной активности, направленной на предметы и явления окружающего мира» [10].

Специфической особенностью контекстного обучения выступает профессионально-деятельностная направленность образовательного процесса на максимальное приближение учебной деятельности к профессиональной: содержание обучения чётко ориентировано на конкретные прикладные задачи профессиональной подготовки выпускника с учётом его познавательных особенностей, мотивов, склонностей и других личностных качеств; в целом образовательный процесс приобретает интегративный характер путём реализации связей между различными дисциплинами, учебно-исследовательской и научно-исследовательской работой студентов; целенаправленно развиваются творческие способности, самостоятельность, профессионально-ценностные ориентации будущего специалиста, мотивы профессионально-личностного роста [11].

В любой образовательной парадигме отражаются потребности общества, личности, государства, предлагается модель образовательной системы, в которой содержатся ответы на вопросы о ценностях и целях образования, содержании, образовательных технологиях, функциях образовательных организаций, способах взаимодействия основных субъектов образования. Учитывая всё усложняющуюся реальность информационного общества, необходимо таким образом трансформировать систему высшего аграрного образования, чтобы она, вопреки своей традиционной инерционности и определенному консерватизму, могла удовлетворять запросам как общества в целом, так и каждой личности, в частности, в условиях стремительно изменяющихся научно-технической, социально-экономической, культурной и других сфер общества.

В связи с этим представляется целесообразным применение полипарадигмального подхода, направленного на формирование у общества «отношения к проектированию образования как стратегически значимого института успешной личностной и профессиональной социализации, обеспечивающего рост социально-экономических ресурсов государства и приводящего через накопление человеческого капитала к росту государственного капитала» [12]. В качестве образовательной стратегии рассматривается ориентация на интересы личности, развитие её профессиональной компетентности, интеллекта, креативности и общей культуры.

В рамках полипарадигмального подхода могут найти применение основные идеи системного, синергетического, личностно ориентированного, компетентностного, проектно-целевого и других подходов [13, 14].

Системный подход, применяемый при исследовании сложных объектов, занимает ключевые позиции

в педагогической науке. С его помощью выявляются взаимосвязи между компонентами системы для повышения их эффективности. Системный подход основывается на принципах целостности, структурности, иерархичности, историзма.

Во многих исследованиях системный подход интегрирует с синергетическим, рассматривающим принципы и закономерности самоорганизации педагогических систем. К основным принципам педагогической синергетики относят открытость, нелинейность и неравновесность.

Личностно ориентированный подход в образовании декларирует признание уникальности, самооценности, индивидуальности, самобытности каждого обучающегося, обладающего неповторимым субъектным опытом.

В связи с тем, что в дидактике профессионального образования прочно закрепилось рассмотрение результатов образовательной деятельности через компетенции, при разработке педагогических систем необходимо учитывать требования компетентностного подхода. Данный подход послужил методологической основой разработки Федеральных государственных образовательных стандартов, ориентированных на удовлетворение потребности государства и общества в высококвалифицированных, компетентных, социально-мобильных, креативных кадрах, способных самостоятельно решать задачи профессионального и личностного развития, планировать свою образовательную траекторию в системе непрерывного профессионального образования.

В процессе компетентностно-ориентированного обучения познавательная деятельность строится по схеме разрешения реальных производственных проблем; преподаватель ставит перед обучающимися стратегические задачи, указывает начальные точки поиска необходимой информации, тем самым развивая самостоятельность и творческие способности студентов; в лабораторных опытах, на практических занятиях, во время производственной практики студентам предоставляется возможность самостоятельно проводить исследования; обучающиеся сталкиваются в производственном обучении с новыми, неизвестными явлениями, представлениями, идеями; подвергают сомнению принятые представления, идеи, правила.

Важной составляющей полипарадигмального подхода становится проектно-целевой подход, предполагающий рассмотрение целей, содержания, технологий образования как проекта инновационной деятельности на интегративной основе [14]. Реализация такого подхода в системе высшего аграрного образования способствует повышению ее гибкости, адаптивности, развивает различные формы социального партнёрства университетов с научными учреждениями, предприятиями АПК, бизнес-структурами, повышает конкурентоспособность образовательных организаций на рынке образовательных услуг.

Выводы

Реализация полипарадигмального подхода при разработке педагогических систем в высшем аграрном образовании создаёт возможности для удовлетворения требований современного общества к подготовке специалистов качественно нового типа: высококвалифицированных, компетентных, конкурентоспособных, культурных,

инициативных, креативных, предприимчивых, коммуни-кабельных, способных и готовых качественно выполнять свои профессиональные функции, социально мобильных, легко адаптирующихся к изменениям и быстро осваивающих новую технику и технологии современного наукоёмкого аграрного производства. Подготовка именно таких специалистов является одним из важнейших условий развития аграрной отрасли и обеспечения продовольственной безопасности страны.

Библиографический список

1. Стратегия устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2030 года [Электронный ресурс]. URL: http://mcx-consult.ru/d/77622/d/strategiya_razvitiya_selskikh_territoriy_rf_do_2030_goda.pdf
2. Силайчев П.А. Современные проблемы структуры высшего аграрного образования // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2011. № 3 (48). С. 71-75.
3. Ахалкина Е.Н., Крохмаль Л.А. К проблеме развития аграрного образования в России // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2015. Т. 6. № 2-1 (22). С. 129-136.
4. Краевский В.В., Полонский В.М. Методология для педагога: теория и практика: учеб. пособие; под ред. П.И. Пидкасистого. М.; Волгоград: Перемена, 2001. 323 с.
5. Новиков А.М., Новиков Д.А. Методология: Словарь основных понятий. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. 208 с.
6. Трофимов Е.Н., Кальней В.А., Шишов С.Е. и др. Профессиональное образование: современные подходы и перспективы развития: монография. М.: Литературное агентство «Университетская книга», 2019. 188 с.
7. Новиков А.М. Постиндустриальное образование. М.: Эгвес, 2008. 136 с.
8. Девисилов В.А., Кубрушко П.Ф. Ноксологическое образование в контексте гуманизации и гуманитаризации профессионального обучения в высшей школе // Безопасность в техносфере. 2011. № 1. С. 59-64.
9. Косырев В.П., Стрельцов В.В. Формирование информационной образовательной среды вуза // Вестник Московского государственного университета культуры и искусств. 2015. № 2 (64). С. 214-218.
10. Вербицкий А.А., Ларионова О.Г. Личностный и компетентностный подходы в образовании: проблемы интеграции: монография. М.: Логос, 2009. 336 с.
11. Kubrushko P.F., Nazarova L.I. Professional development of technical university lecturers in field of innovation teaching // 2013 International Conference on Interactive Collaborative Learning, ICL 2013. P. 467-469.
12. Старикова О.Г. Полипарадигмальный подход как методологическая основа стратегического развития российского высшего образования // Образование. Наука. Инновации: Южное измерение. 2010. № 2 (12). С. 34-39.
13. Корчагин В.Н. Системно-синергетический подход к исследованию проблемы непрерывного образования в вузе // Научное обозрение: гуманитарные исследования. 2016. № 11. С. 55-65.
14. Мухаметзянова Г. Проектно-целевой подход – императив формирования профессиональной компетентности // Высшее образование в России. 2008. № 8. С. 104-110.

References

1. Strategiya ustoychivogo razvitiya sel'skikh territoriy Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda [Strategy for sustainable development of rural territories of the Russian Federation for the period until 2030] [Electronic resource]. URL: http://mcx-consult.ru/d/77622/d/strategiya_razvitiya_selskikh_territoriy_rf_do_2030_goda.pdf (In Russian)
2. Silaychev P.A. Sovremennyye problemy struktury vysshogo agrarnogo obrazovaniya [Current problems of higher agricultural education structure]. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*, 2011; 3(48): 71-75. (In Russian)
3. Akhalkina E.N., Krokhamal' L.A. K probleme razvitiya agrarnogo obrazovaniya v Rossii [Concerning agricultural education development in Russia]. *MIR (Modernizatsiya. Innovatsii. Razvitiye)*, 2015; 6; 2-1(22): 129-136. (In Russian)
4. Kravetskiy V.V., Polonskiy V.M. Metodologiya dlya pedagoga: teoriya i praktika: ucheb. posobiye [Methodology for the teacher: theory and practice: training manual]; ed. by P.I. Pidkasiy. Moscow, Volgograd, Peremena, 2001: 323. (In Russian)
5. Novikov A.M., Novikov D.A. Metodologiya: Slovar' osnovnykh ponyatiy [Methodology: Glossary of basic concepts]. Moscow, Knizhnyy dom "LIBROKOM", 2013: 208. (In Russian)
6. Trofimov E.N., Kal'ney V.A., Shishov S.E. et al. Professional'noye obrazovaniye: sovremennyye podkhody i perspektivy razvitiya: monografiya [Professional education: modern approaches and development prospects: Monograph]. Moscow, Literaturnoye agentstvo "Universitetskaya kniga", 2019: 188. (In Russian)
7. Novikov A.M. Postindustrial'noye obrazovaniye [Post-industrial education]. Moscow, Egves, 2008: 136. (In Russian)
8. Devisilov V.A., Kubrushko P.F. Noksologicheskoye obrazovaniye v kontekste gumanizatsii i gumanitarizatsii professional'nogo obucheniya v vysshey shkole [Noxological education in the context of humanization and humanitarization of higher professional education]. *Bezopasnost' v tekhnosfere*, 2011; 1: 59-64. (In Russian)
9. Kosyrev V.P., Strel'tsov V.V. Formirovaniye informatsonnoy obrazovatel'noy sredy vuza [Formation of the educational information environment of the university]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta kul'tury i iskusstv*, 2015; 2 (64): 214-218. (In Russian)
10. Verbitskiy A.A., Larionova O.G. Lichnostnyy i kompetentnostnyy podkhody v obrazovanii: problemy integratsii: monografiya [Personal and competency-based approaches in education: problems of integration: Monograph]. Moscow, Logos, 2009: 336. (In Russian)
11. Kubrushko P.F., Nazarova L.I. Professional development of technical university lecturers in field of innovation teaching. *2013 International Conference on Interactive Collaborative Learning, ICL 2013*: 467-469. (In English)
12. Starikova O.G. Poliparadigmal'nyy podkhod kak metodologicheskaya osnova strategicheskogo razvitiya rossiyskogo vysshogo obrazovaniya [Polyparadigmal approach as a methodological basis for the strategic development of Russian higher education]. *Obrazovaniye. Nauka. Innovatsii: Yuzhnoye izmereniye*, 2010; 2 (12): 34-39. (In Russian)

13. Korchagin V.N. Sistemno-sinergeticheskiy podkhod k issledovaniyu problemy nepreryvnogo obrazovaniya v vuze [System-synergetic approach to the study of the problem of continuing university education]. *Nauchnoye obozreniye: gumanitarnyye issledovaniya*, 2016; 11: 55-65. (In Russian)

Критерии авторства

Кубрушко П.Ф., Назарова Л.И. выполнили теоретические исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись. Кубрушко П.Ф., Назарова Л.И. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 15.11.2019

Опубликована 20.12.2019

14. Mukhametzyanova G. Proyektno-tselevoy podkhod – imperativ formirovaniya professional'noy kompetentnosti [Design-targeted approach as an imperative of the professional competence development]. *Vysshye obrazovaniye v Rossii*, 2008; 8: 104-110. (In Russian)

Contribution

Kubrushko P.F., Nazarova L.I. carried out theoretical studies and based on them generalized the results and wrote a manuscript. Kubrushko P.F., Nazarova L.I. have equal author's rights and bearequal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on November 15, 2019

Published 20.12.2019

ТЕОРИЯ И МЕТОДИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ /
THEORY AND METHODOLOGY OF PROFESSIONAL EDUCATION
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER
УДК 378.1
DOI: 10.34677/1728-7936-2019-6-65-69

ФОРМИРОВАНИЕ ПОЗНАВАТЕЛЬНОГО ИНТЕРЕСА У СТУДЕНТОВ АГРАРНОГО ВУЗА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ

БЕЛОПУХОВ СЕРГЕЙ ЛЕОНИДОВИЧ, докт. с.-х. наук, профессор

E-mail: belopuhov@mail.ru

ГРИГОРЬЕВА МАРИНА ВИКТОРОВНА, канд. пед. наук, доцент

E-mail: marina_gry@inbox.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

Познавательный интерес является неотъемлемой составляющей мотивации активного, творческого, компетентного и способного к саморазвитию специалиста. Именно в таких специалистах нуждается в настоящее время агропромышленный комплекс. Поэтому развитие познавательного интереса студентов остаётся актуальной задачей современного аграрного образования. В статье показано, что курсовое проектирование обладает большим потенциалом для формирования познавательного интереса у студентов. При выполнении курсового проекта студенты, решая ряд разнообразных и при этом лично значимых проблем, проявляют познавательную активность и креативность. При организации данного вида учебной деятельности следует придерживаться системного подхода и соблюдать следующие условия: темы курсовых проектов должны быть интересными и практико-ориентированными, методические рекомендации должны в полной мере обеспечить информационную поддержку студента относительно планирования и правильного оформления проекта. В статье показана роль тематики курсовых проектов для повышения познавательного интереса студентов. Описаны структура и содержание соответствующих методических рекомендаций для студентов. Представлены результаты исследования изменения уровня познавательного интереса по трём критериям: регулятивному, содержательно-деятельностному и эмоциональному. Эксперимент проводился в три этапа и показал достоверное увеличение познавательного интереса у студентов в ходе работы над курсовыми проектами.

Ключевые слова: познавательный интерес, мотивация учебной деятельности, образовательный процесс в вузе, метод проектов, методическое обеспечение образовательного процесса, курсовые проекты.

Формат цитирования: Белопухов С.Л., Григорьева М.В. Формирование познавательного интереса у студентов аграрного вуза при выполнении курсовых проектов // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2019. № 6(94). С.65-69. DOI: 10.34677/1728-7936-2019-6-65-69 (In Rus.).

INCREASING COGNITIVE MOTIVATION OF AGRICULTURAL UNIVERSITY STUDENTS IN THE IMPLEMENTATION OF COURSE PROJECTS

SERGEY L. BELOPUKHOV, DSc (Ag), Professor

E-mail: belopuhov@mail.ru

MARINA V. GRIGORIEVA, PhD (Ed), Associate Professor

E-mail: marina_gry@inbox.ru

Russian Timiryazev State Agrarian University; 127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49

Cognitive motivation is an essential part of the personality structure of an active, creative, competent specialist who is capable of self-development. There is great demand for such specialists in agriculture at present. Therefore, the development of cognitive motivation of students remains a relevant task of modern agricultural education. The paper shows that the method of course projects is highly promising in terms of increasing cognitive motivation of students. When students perform a course project solving a number of diverse and at the same time personally significant problems they show cognitive activity and creativity. When organizing this kind of learning activity, teachers should follow a systematic approach and to comply with the following conditions: the themes of course projects should be interesting and practice-oriented, methodical recommendations should provide full information support to students regarding planning and making the right layout of the project. The paper shows the role of the themes of course projects for increasing the cognitive motivation of students and describes the structure and content of the corresponding methodical recommendations for students. The authors present the research results on the changes in the development level of cognitive motivation differentiated according to three criteria: regulatory, content-activity, and emotional. The experiment was conducted in three stages and showed a significant increase in cognitive motivation among students performing their course projects.

Key words: cognitive motivation, motivation for carrying out educational activities, university study process, project method, methodological support of the study process, course projects.

For citation: Belopukhov S.L., Grigorieva M.V. Formation of cognitive interest among students of agricultural university in the implementation of course projects. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*. 2019; 6(94): 65-69. DOI: 10.34677/1728-7936-2019-6-65-69 (In Rus.).

Введение. Современное общество заинтересовано в высокообразованных и способных к непрерывному саморазвитию выпускниках высшей школы. И основой такого личностного развития будущих специалистов служит сильная мотивация. Познавательный интерес как ведущий мотив образовательного процесса всегда находился под пристальным вниманием исследователей. Исследованию познавательного интереса посвящены труды В.Б. Бондаревского, А.К. Дусавицкого, А.К. Марковой, Е.А. Меньшиковой, В.М. Мясищева, Ф.К. Савиной, Г.И. Шукиной и многих других. Классики педагогики и психологии указывали на то, что без познавательного интереса учебная деятельность не будет успешной. А.Н. Леонтьев связывал понятие познавательного интереса с мотивацией и целеполаганием ученика, вместе с тем определяя его как чувство. Особенности познавательного интереса студентов изучали С.Л. Волкова, М.А. Герасимова, Т.О. Гордеева, О.В. Крючков, Н.И. Татаркина, Е.А. Суховерова и др. Современное студенчество во многом отлично от своих предшественников, и характер их мотивации не является исключением. Поиск путей развития познавательного интереса студентов аграрного вуза является неотъемлемой частью нашей работы, направленной на повышение качества современного выпускника.

Цель исследований: формирование познавательного интереса студентов аграрного вуза в процессе курсового проектирования.

Методы исследования. В эксперименте принимали участие магистранты факультета почвоведения,

агротехники и экологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. На констатирующем и контролирующем этапе эксперимента применялись такие методы, как анкетирование, наблюдение, анализ и беседа.

Результаты и обсуждение. Процесс обучения начинается с возникновения у обучающихся познавательного интереса. Именно познавательный интерес делает процесс обучения увлекательным и творческим. Кроме того, познавательный интерес является одним из важнейших факторов, запускающих механизм восприятия и создающий условия для активизации познавательной деятельности. В студенческом возрасте, когда сильны тенденции профессионального самоопределения личности, преимущественно два типа мотивов определяют учебную деятельность: мотивы достижения и познания. Для развития и усиления познавательного интереса личности к учебной деятельности психологами и педагогами предложены различные методы, реализуемые практически во всех компонентах образовательного процесса (целеполагание, содержание, деятельность и контроль результатов). Именно системный подход позволяет достичь результативности при решении данной задачи.

Широкий спектр внутренних и внешних мотивов реализуется в учебной деятельности проектного типа, когда обучающийся активно работает над решением поставленной проблемы [1, 2]. Кроме того, проект, являясь цельным фрагментом образовательного пути студента, позволяет реализовать системный подход, подчиняя поставленной цели все компоненты учебного процесса.

Современная педагогика определяет проектные методы как способ достижения дидактической цели через детальную разработку проблемы (технологии), которая должна завершиться вполне реальным, конкретным практическим результатом, оформленным тем или иным образом, как совокупность приёмов, действий обучающихся в их определённой последовательности для достижения поставленной задачи – решения проблемы, лично значимой для обучающегося и оформленной в виде некоего конечного продукта [3].

Курсовые проекты, как разновидность проектной учебной деятельности, являются эффективным методом в решении проблем мотивации, развития познавательного интереса и самостоятельности студентов.

Для студентов, обучающихся в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, кафедрой химии разработаны два курсовых проекта по дисциплинам «Метрология, стандартизация и сертификация растениеводческой продукции» и «Контроль химических, биохимических и микробиологических показателей качества объектов агроферы». Разработаны соответствующие методические указания [4, 5]. В них представлены тематика, структура, порядок выполнения работы, изложены требования к написанию и оформлению курсовых работ, описана процедура защиты и критерии оценки работы. Также приведены соответствующие нормативные документы, представлены списки основной и дополнительной учебной и научной литературы. Рассмотрено программное обеспечение и Интернет-ресурсы (базы данных, информационно-справочные и поисковые системы). Все разделы методических указаний детально и просто изложены, при этом предоставлен большой вариатив фактической информации, которая может понадобиться обучающимся при решении задач выбранного проекта.

Для выполнения студентам предлагается большой выбор интересных практико-ориентированных тем, например, для дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация растениеводческой продукции» некоторые из рекомендованных тем: «Метрология, стандартизация и технические измерения в нанотехнике и производстве наноматериалов», «Методы измерений и эталоны в контроле продуктов питания», «Государственные метрологические органы Российской Федерации и зарубежных стран», «Статистические методы анализа причин возникновения брака, дефектов, применение в технике», «Нормативные документы для продукции сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности на примере льноводства». Примеры рекомендованных тем для дисциплины «Контроль химических, биохимических и микробиологических показателей качества объектов агроферы»: «Биохимические показатели качества зерна тритикале, выращиваемой на Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева», «Химические и биохимические показатели качества семян масличного льна, выращиваемого в условиях Московской и Калужской областей», «Химические, биохимические и микробиологические показатели качества зерна белого люпина, выращиваемого в Белгородской области», «Химические и физико-механические показатели качества волокна льна-долгунца, выращиваемого в Нечерноземной зоне Российской Федерации», «Химические показатели качества конопляного масла».

Интересные практико-ориентированные темы – ключевое условие эффективности курсового проекта в отношении повышения познавательного интереса студентов к изучаемой дисциплине и к своему профессиональному образованию в целом. Оптимизация содержания заданий, как один из важнейших факторов повышения познавательного интереса, указывается многими исследователями [6, 7].

В ходе выполнения курсового проекта студенты решают ряд разнообразных дидактических задач. Ознакомление с методическими рекомендациями, определение темы и проблемы исследования, поиск путей и методов решения поставленных задач, определение алгоритма исследования. Далее осуществляется выполнение и оформление работы.

В ходе выполнения курсового проекта студенты развивают коммуникативные навыки, общение с преподавателем происходит на всех этапах работы. Развиваются навыки работы с информацией: поиск, анализ, систематизация. Развиваются навыки устной и письменной речи. Формируется умение планировать и осуществлять исследовательскую работу. Развивается самостоятельность, ответственность и навыки самоорганизации.

Для оценки влияния курсового проектирования на формирование познавательного интереса студентов был проведён эксперимент, состоящий из трех этапов: констатирующий, формирующий и контролирующий. На основе анализа работ исследователей были выделены следующие критерии оценки познавательного интереса: регулятивный, содержательно-деятельностный и эмоциональный [8, 9, 10]. Характеризовались они тремя уровнями: низкий, средний и высокий. В ходе эксперимента использовались такие методы, как анкетирование, наблюдение, анализ и беседа.

На констатирующем этапе эксперимента проводилась первичная диагностика уровня сформированности познавательного интереса обучаемых. С помощью анкетирования, наблюдения и беседы было установлено, что у большинства познавательный интерес находится на низком (62%) и среднем уровнях (39%). Только 12% обучающихся показали высокий уровень (рис. 1).

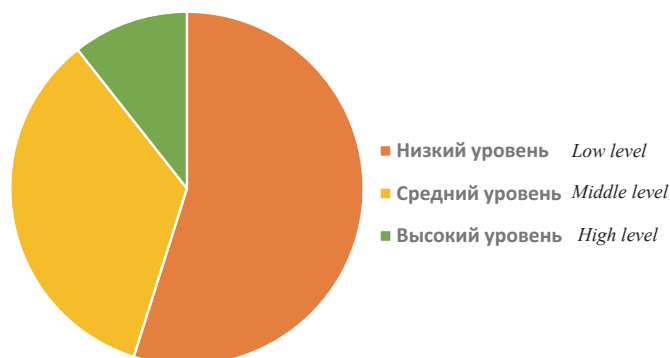


Рис. 1. Распределение обучающихся по уровням сформированности познавательного интереса на констатирующем этапе эксперимента

Fig. 1. Distribution of students by the development levels of cognitive motivation at the ascertaining stage of the experiment

На формирующем этапе осуществлялась организация работы по повышению познавательного интереса. Студенты выполняли курсовые проекты, пользуясь соответствующими методическими пособиями. Наблюдение показало, что практически с самого начала работы над своим курсовым проектом интерес многих студентов к учебному предмету повысился. Это выразилось в повышении их активности, как самостоятельной, так и коммуникационной.

На контролирующем этапе, который состоялся после защиты студентами курсовых проектов, в ходе повторной диагностики уровня сформированности познавательного интереса, было установлено, что у многих обучающихся познавательный интерес увеличился. Повысилось не только число баллов, но у многих произошло продвижение на уровень выше: 27% магистрантов показали высокий уровень познавательного интереса, 45% – средний и 34% – низкий.

Познавательный интерес формируется в ходе активной деятельности и, в свою очередь, стимулирует дальнейшую познавательную активность. Проведенные анкетирование и собеседование со студентами, выполнившими и защитившими курсовой проект, показало достоверное повышение познавательного интереса к изучаемой дисциплине (рис. 2).



Рис. 2. Распределение обучающихся по уровням сформированности познавательного интереса на контролирующем этапе эксперимента

Fig. 2. Distribution of students by the development levels of cognitive motivation at the controlling stage of the experiment

Выводы

Таким образом, методически грамотно организованное курсовое проектирование, основанное на выполнении студентами актуальных практико-ориентированных заданий, максимально приближенных к профессиональной деятельности, способствует развитию познавательного интереса у будущих специалистов агропромышленного профиля и, как следствие, повышению их мотивации к освоению необходимых профессиональных компетенций.

Библиографический список

1. Трофимов Е.Н., Кальней В.А., Шишов С.Е. и др. Профессиональное образование: современные подходы

и перспективы развития: монография. М.: Литературное агентство «Университетская книга», 2019. 188 с.

2. Козленкова Е.Н., Кривчанский И.Ф. Проектная деятельность школьников как средство профессионального самоопределения в области инженерных профессий // Международный научный журнал. 2019. № 4. С. 62-69.

3. Полат Е.С. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования / Под ред. Е.С. Полат. М.: Академия, 2000. 272 с.

4. Белоухов С.Л. Выполнение курсовой работы по дисциплине «Контроль химических, биохимических и микробиологических показателей качества объектов агросферы»: метод. указания. М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2015. 47 с.

5. Белоухов С.Л. Выполнение курсовой работы по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация растениеводческой продукции»: метод. указания. М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2015. 43 с.

6. Крючков О.В. Формирование познавательного интереса у студентов вузов в ходе преподавания гуманитарных дисциплин: автореф. дис. ... канд. пед. наук. М., 2011. 24 с.

7. Назарова Л.И., Чистова Я.С. Роль научно-исследовательской практики студентов магистратуры в формировании исследовательских компетенций // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2015. № 4 (68). С. 29-34.

8. Ненахова Е.Н. Диагностика познавательного интереса у обучающихся старших классов средней общеобразовательной школы // Наука и школа. 2014. № 2. С. 207-211.

9. Щукина Г.И. Методы изучения и формирования познавательных интересов учащихся. М.: Педагогика, 2007. С. 352-358.

References

1. Trofimov Ye.N., Kal'ney V.A., Shishov S.Ye. et al. Professional'noye obrazovaniye: sovremenniye podkhody i perspektivy razvitiya: monografiya [Professional education: modern approaches and development prospects: Monograph]. Moscow, Literaturnoye agentstvo "Universitetskaya kniga", 2019: 188. (In Russian)

2. Kozlenkova Ye.N., Krivchanskiy I.F. Proyekt'naya deyatel'nost' shkol'nikov kak sredstvo professional'nogo samoopredeleniya v oblasti inzhenernykh professiy [Design activity of pupils as a means of professional self-determination in the field of engineering professions]. *Mezhdunarodniy nauchniy zhurnal*. 2019; 4: 62-69. (In Russian)

3. Polat Ye.S. Noviye pedagogicheskiye i informatsionnyye texnologii v sisteme obrazovaniya [New pedagogical and information technologies in the education system]. Moscow, Akademiya, 2000: 272. (In Russian)

4. Belopukhov S.L. Vypolneniye kursovoy raboty po distsipline "Kontrol' khimicheskikh biokhimicheskikh i mikrobiologicheskikh pokazateley kachestva ob"ektov agrosfery" [Controlling chemical, biochemical, and microbiological quality indicators of agrosphere objects]. *Metodicheskie ukazaniya*. Moscow, RGAU-MSKHA imeni K.A. Timiryazeva, 2015: 47. (In Russian)

5. Belopukhov S.L. Vypolneniye kursovoy raboty po distsipline "Metrologiya, standartizatsiya i sertifikatsiya

rastenievodcheskoy produktsii" [Metrology, standardization and certification of crop products]. Metodicheskiye ukazaniya. Moscow, RGAU-MSKHA imeni K.A. Timiryazeva, 2015: 43. (In Russian)

6. Kryuchkov O.V. Formirovaniye poznavatel'nogo interesa u studentov vuzov v khode prepodavaniya gumanitarnykh distsiplin [Increasing cognitive motivation among university students of humanities]. Self-review of PhD (Ed) thesis. Moscow, 2011: 24. (In Russian)

7. Nazarova L.I., Chistova Ya.S. Rol' nauchno-issledovatel'skoy praktiki studentov magistratury v formirovanii issledovatel'skikh kompetentsiy [Role of the research practice

of postgraduate (master) students in the development of research competencies]. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agro-engineering University*. 2015; 4 (68): 29-34. (In Russian)

8. Nenakhova Ye.N. Diagnostika poznavatel'nogo interesa u obuchayushchikhsya starshikh klassov sredney obshheobrazovatel'noy shkoly [Diagnosing cognitive motivation in senior students of secondary school]. *Nauka i shkola*. 2014; 2: 207-211. (In Russian)

9. Shchukina G.I. Metody izucheniya i formirovaniya poznavatel'nykh interesov uchashchikhsya [Methods of studying and forming cognitive motivation of students]. Moscow, Pedagogika, 2007: 352-358. (In Russian)

Критерии авторства

Белопухов С.Л., Григорьева М.В. выполнили теоретические исследования, на их основании проведен эксперимент. Белопухов С.Л., Григорьева М.В. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 15.11.2019

Опубликована 20.12.2019

Contribution

Belopukhov S.L., Grigorieva M.V. performed theoretical studies, and based on them conducted an experiment. Belopukhov S.L., Grigorieva M.V. have equal author's rights and bearequal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on November 15, 2019

Published 20.12.2019

ТРЕБОВАНИЯ К ПУБЛИКАЦИЯМ

Статья, направляемая в журнал для публикации, должна соответствовать основной тематике журнала. Рукописи в обязательном порядке рецензируются. Авторы должны предоставлять только оригинальные работы.

Структура статьи

УДК

Название статьи без сокращений, но максимально точно отражать проблему.

Сведения об авторах. Полностью указываются: фамилия, имя, отчество, должность, ученая степень, ученое звание, название организации – место работы (учебы) в именительном падеже, юридический адрес организации (индекс, страна, город, улица, дом), телефон, e-mail.

Реферат (200-250 слов) – это самостоятельный законченный материал. Вводная часть минимальна. Нужно коротко и емко отразить актуальность и цель исследований, условия и схемы экспериментов, привести полученные результаты (с обязательным аргументированием на основании цифрового материала), сформулировать выводы. Необходимо применять следующие слова: **исследовано, проведено, показано, доказано, установлено, получено**. Нельзя использовать аббревиатуры и сложные элементы форматирования (например, верхние и нижние индексы).

Ключевые слова (7-10 слов или словосочетаний)

Статья должна обязательно содержать следующие разделы:

- Введение (актуальность);
- Цель исследований;
- Материал и методы;
- Результаты и обсуждение;
- Выводы.

Библиографический список должен быть составлен в соответствии с последовательностью ссылок в тексте. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

На английский язык следует перевести: название статьи; сведения об авторах, полное название научного учреждения; реферат и ключевые слова; названия таблиц, рисунков, литературных источников.

Машинный перевод недопустим!

Требования к оформлению статьи

1. Шрифт Times New Roman, размер – 14 пт, интервал – 1,5. Страницы должны иметь нумерацию.
2. Рисунки к статье представляются отдельными файлами в формате tiff, jpg, bmp, dwg. На рисунках должны быть только те обозначения, которые упоминаются в статье.
3. Простые внутристрочные и однострочные формулы должны быть набраны символами в редакторе формул Microsoft Word, без использования специальных редакторов. Не допускается набор: часть формулы символами, а часть в редакторе формул.

Автор несет юридическую и иную ответственность за содержание статьи.

Отрицательная рецензия, а также несоответствие статьи требованиям может служить основанием для отказа в публикации.

Статьи присылать по адресу: vestnik@rgau-msha.ru.