



ISSN 2073-7599

Сельскохозяйственные МАШИНЫ и ТЕХНОЛОГИИ

№ 1 2017

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ И ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЖУРНАЛ

РОБОТОТЕХНИКА С МОДУЛЕМ
МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ РАСТЕНИЙ

ПОЧВОЗАЩИТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПОВЫШЕНИЕ
ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
МАШИНОИСПОЛЬЗОВАНИЯ



СЕЛЕКЦИОННЫЕ МАШИНЫ В САДОВОДСТВЕ



ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ АГРОИНЖЕНЕРНЫЙ ЦЕНТР ВИМ НОВЕЙШАЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНИКА

Многоцелевое автоматизированное высококлиренсное энергосредство
с интеллектуальной системой управления



Разработано ВИМ



Высоклиренсное энергетическое средство с гидрофицированным ротационным рыхлителем для междурядной обработки почвы



Высоклиренсное энергетическое средство с пропашным культиватором для междурядной обработки почвы



Адаптивная высокоточная машина экологически безопасного внесения жидких минеральных удобрений и химических средств защиты насаждений в пристовольную зону с микропроцессорным пультом управления



Сельскохозяйственные МАШИНЫ и ТЕХНОЛОГИИ

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

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Журнал зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций
(РОСКОМНАДЗОР)

Свидетельство ПИ № ФС77-68608
от 3 февраля 2017 г.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

В.А. Колесникова,

канд. техн. наук, заслуженный
работник сельского хозяйства РФ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ:

В.В. Альт, академик РАН,
СибФТИ, Новосибирск

М.Н. Ерохин, академик РАН,
РГАУ-МСХА, Москва

Ю.А. Иванов, академик РАН,
ВНИИМЖ, Москва

А.Ю. Измайлов, академик РАН,
ВИМ, Москва

И.М. Куликов, академик РАН,
ВСТИСП, Москва

Ю.Ф. Лачуга, академик РАН,
Москва

Э.И. Липкович, академик РАН,
АЧИИ ДГАУ, зерноград

Я.П. Лобачевский, член-корр. РАН,
д.т.н., проф., ВИМ, Москва

В.Д. Попов, академик РАН,
ИАЭП, Санкт-Петербург

Б.А. Рунов, академик РАН,
Москва

Д.С. Стребков, академик РАН, ВИМ,
Москва

В.И. Черноиванов, академик РАН,
ВИМ, Москва

ИНОСТРАННЫЕ ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

В.И. Кравчук, член-корр. НААН
Украины, Киев

Ж.С. Садыков, д.т.н., проф.,
НИИ АИПИИТ, КазНАУ,

Казахстан, Алматы

С.Г. Яковчик, к.с.-х.н., НПЦ НАН
Беларуси, Минск

НАД НОМЕРОМ РАБОТАЛИ:

В.В. Бижаев

С.В. Гришуткина

Р.М. Нурбаганова

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

109428, Москва,

1-й Институтский проезд, 5

Телефоны: (499) 174-88-11
(499) 174-89-01

E-mail: smit@vim.ru

**Журнал включен в перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ
для публикации трудов соискателей ученых степеней кандидата и доктора наук**

СОДЕРЖАНИЕ

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

**Измайлов А.Ю., Хорт Д.О., Смирнов И.Г., Филиппов Р.А.,
Кутырев А.И.**

Обоснование параметров робототехнического средства с
опрыскивателем и модулем магнитно-импульсной обработки
растений в садоводстве 3

**Панасюк А.Н., Годжаев З.А., Канделя М.В., Липкань А.В.,
Ширяев В.М., Кузьмин В.А.**

Особенности работы уборочной техники на слабонесущих
грунтах в Дальневосточном регионе 11

Лобачевский Я.П., Старовойтов С.И., Гринь А.М.

Энергетические и технологические аспекты работы дискового
рабочего органа 18

Савельев Ю.А., Добрынин Ю.М., Ишкин П.А.

Теоретическое исследование водного баланса почвы и процесса
испарения почвенной влаги 23

Пономаренко И.Г., Новоженев И.А.

Влияние количества сканеров на качество обеспечения растений
питательными элементами при их дифференцированном внесении .. 29

Ахмеджонов Д.Г.

Устройство для создания подпочвенного экрана 34

Голубкович А.В., Беленькая Л.И., Дадько А.Н., Ловкис В.Б.

Опыт сжигания растительных отходов в топочном блоке ТБР-2,0 ... 37

Чурюмов В.Ю.

Особенность работы сепаратора с гибким цилиндром
для разделения зерновой смеси 42

ИНФОРМАЦИЯ

Перечень статей, опубликованных в 2016 году 47

*Журнал включен в список периодических изданий
для Международной базы данных AGRIS*

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ). Полные тексты
статей размещены на сайте электронной научной библиотеки: elibrary.ru



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

SCIENTIFIC-THEORETICAL
JOURNAL

The journal is registered by Federal Agency
of supervision of legislation observance
of mass communications sphere and cultural
heritage protection

Certificate ПИ № ФС77-68608
from February, 3rd, 2017

EDITOR-IN-CHIEF
Kolesnikova V.A.

EDITORIAL BOARD:

Al't V.V. – D.Sc.(Eng.), m. of RAS
Erokhin M.N. – D.Sc.(Eng.), m. of RAS
Ivanov Yu.A. – D.Sc.(Agr.), m. of RAS
Izmaylov A.Yu. – D.Sc.(Eng.), m. of RAS
Lachuga Yu.F. – D.Sc.(Eng.), m. of RAS
Lipkovich E.I. – D.Sc.(Eng.), m. of RAS
Lobachevskiy Ya.P. – corr.m. of RAS,
D.Sc.(Eng.), prof.
Popov V.D. – D.Sc.(Eng.), m. of RAS
Runov B.A. – D.Sc.(Eng.), m. of RAS
Strebkov D.S. – D.Sc.(Eng.), m. of RAS
Chernoivanov V.I. – D.Sc.(Eng.), m. of RAS

EDITORIAL BOARD
FOREIGN MEMBERS:

Kravchuk V.I. – D.Sc.(Eng.), corr.m. of NAAS
of Ukraine
Sadykov Zh.S. – D.Sc.(Eng.), prof.
of Kazakhstan
Yakovchik S.G. – C.Sc.(Agr.), SPC of NAS
of Belarus

THEY WORKED
WITH JOURNAL ISSUE:

Bizhaev V.V.
Grishutkina S.V.
Nurbagandova R.M.

EDITORS OFFICE'S ADDRESS

109428, Moscow,
1st Institutskiy proezd, 5
Tel.: +7 (499) 174-88-11
+7 (499) 174-89-01
E-mail: smit@vim.ru

Printed by FSAC VIM
Russian Academy of Science

The journal is included in the Russian
Index of Scientific Citation (RISC).
Full texts of articles are placed on the
website of electronic library: elibrary.ru

The format is 205 × 290 mm
Passed for printing 15.01.2017
The circulation is 500 copies

[SEL'SKOKHOZYAYSTVENNYE MASHINY I TEKHNologii]

CONTENTS

NEW TECHNICS AND TECHNOLOGIES

- A.Yu. Izmaylov, D.O. Khort, I.G. Smirnov, R.A. Filippov, A.I. Kuttyrev**
Justification of parameters of robotic means with sprayer and
module magnetic-pulse processing of plants in horticulture 3
- A.N. Panasyuk, Z.A. Godzhaev, M.V. Kandelya, A.V. Lipkan',
V.M. Shiryaev, V.A. Kuz'min**
Features of harvesting machinery operation on weak soils
in the Far East Region 11
- Ya.P. Lobachevskiy, S.I. Starovoytov, A.M. Grin**
Energetic and technological aspects of disc working tool operation 18
- Yu.A. Savel'ev, Yu.M. Dobrynin, P.A. Ishkin**
Theoretical study of soil water balance and process of soil
moisture evaporation 23
- I.G. Ponomarenko, I.A. Novozhenov**
Influence of scanners number on quality of nutrients providing
of plants at differentiated fertilization 29
- D.G. Akhmedjonov,**
Device for the subsoil shield creation 34
- A.V. Golubkovich, L.I. Belen'kaya, A.N. Dadyko; V.B. Lovkis**
Experience in vegetable waste burning in furnace block TBR-2.0 37
- V.Yu. Churyumov**
Feature of operation of separator with flexible cylinder for grain
unmixing 42

INFORMATION

- List of articles published in 2016 47**

*The journal is included in the periodical editions list
for the International data base AGRIS*

Редакция журнала не несет ответственности за информацию, содержащуюся в статье.
Перепечатка материалов, опубликованных в журнале, допускается только с разрешения редакции.

УДК 681.5

DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-1-3-10

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО СРЕДСТВА С ОПРЫСКИВАТЕЛЕМ И МОДУЛЕМ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ РАСТЕНИЙ В САДОВОДСТВЕ

Измайлов А.Ю., докт. техн. наук, академик РАН;
Хорт Д.О., канд. с-х. наук;

Смирнов И.Г., канд. с-х. наук;
Филиппов Р.А., канд. с-х. наук;
Кутырев А.И.*, аспирант

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, 1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Российская Федерация, *e-mail: alexeykutyrev@gmail.com

В современных условиях ведения сельского хозяйства использование роботизированных машин позволяет создавать высокоинтеллектуальное автоматизированное производство сельхозпродукции, полностью заменять ручной труд, минимизировать негативное воздействие химикатов на человека и сокращать потери рабочего времени, связанные с человеческим фактором. Проанализированы особенности конструкции и технологического применения разрабатываемого в ВИМ робототехнического средства с опрыскивателем для низкорастущих культур и модулем магнитно-импульсной обработки растений в садоводстве. Обоснованы параметры робототехнического средства: мощность двигателя 36 л.с., ширина колеи передних колес 1260 мм, задних – 1410 мм, дорожный просвет 350 мм, общая длина агрегата 4900 мм, наименьший радиус поворота 5,6 м. Выявлена целесообразность и эффективность внедрения совмещенного технологического приема обработки садовых растений (опрыскивание и магнитно-импульсная обработка) с помощью робототехнического средства. Такая обработка позволит повысить урожайность на 25-30 процентов вследствие стимуляции обменных процессов на определенных фазах развития растений слабыми низкочастотными импульсными магнитными полями в сочетании с дополнительным синхронным облучением импульсами света 445 нм и 660 нм и адресного внесения средств химической защиты растений. Проведено имитационное математическое моделирование подвижности 3D-модели робота в виде совокупности тел с различными упругодемпфирующими характеристиками в машинных технологиях возделывания низкорастущих культур в садоводстве. Для проверки модели проведены расчеты динамического поведения корпуса робота на различных режимах движения. Представлены графики параметров движения робота, полученных по результатам моделирования динамики разгона. Предложена методика и проведен расчет показателя локальной автономности выполнения задания беспилотным робототехническим средством на опрыскивании с одновременной магнитно-импульсной обработкой растений на основе анализа совокупности единичных показателей автономности. Определены преимущества технологического применения робота в машинных технологиях в садоводстве.

Ключевые слова: робототехническое средство, садоводство, модуль магнитно-импульсной обработки, технологический адаптер, автоматизированное производство.

■ **Для цитирования:** Измайлов А.Ю., Хорт Д.О., Смирнов И.Г., Филиппов Р.А., Кутырев А.И. Обоснование параметров робототехнического средства с опрыскивателем и модулем магнитно-импульсной обработки растений в садоводстве // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2017. №1. С. 3-10.

JUSTIFICATION OF PARAMETERS OF ROBOTIC MEANS WITH SPRAYER AND MODULE MAGNETIC-PULSE PROCESSING OF PLANTS IN HORTICULTURE

A.Yu. Izmaylov, Dr. Sci. (Eng.), member of RAS;
D.O. Khort, Cand. Sci. (Agri.);

I.G. Smirnov, Cand. Sci. (Agri.);
R.A. Filippov, Cand. Sci. (Agri.);
A.I. Kutyrev*

Federal Research Agro-engineering Center VIM, 1st Institutskiy proezd, 5, Moscow, 109428, Russian Federation, *e-mail: alexeykutyrev@gmail.com

Robotic machines use in farming allows to create highly intellectual automated agricultural production, to replace completely a manual work, minimize the negative effects of chemicals on human and to reduce the losses of working hours connected with a human factor. The authors analyzed features of a design and technological using of the worked out in VIM robotic mean with a sprayer for low-growing cultures and the module of magnetic-pulse processing of plants in horticulture. Parameters of robotic mean are proved: engine capacity is 36 h.p., track width of forward wheels of 1260 mm,

back ones – 1410 mm, a ground clearance height – 350 mm, the total length of the unit is 4900 mm, the smallest turning radius is 5.6 m. Feasibility and efficiency of implementation combined method of plants processing (spraying and magnetic-pulse processing) by robotic means. This processing will make it possible to increase productivity by 25-30 percent due to stimulation of exchange processes in certain phases development of plants by weak low-frequency pulse magnetic fields in combination with additional synchronous radiation by light impulses 445 and 660 nanometers and targeted introduction of chemical crop-protection agents. Imitating mathematical modeling of mobility of a 3D robot model in the form set of bodies with various elastic characteristics in machine technologies of low-growing cultures cultivation in horticulture is carried out. Calculations dynamic behavior of robot body at various movement modes are made for model check. The schedules of robot movement parameters received subsequent to results of acceleration dynamics modeling are presented. The technique is offered and calculation of an indicator of local autonomy of task performance by unmanned robotic means for spraying with simultaneous magnetic-pulse processing of plants on the basis of the analysis of set of single indicators is made. Benefits of technological use robot in machine technologies in horticulture are determined.

Keywords: Robotic means; Horticulture; Module of magnetic-pulse processing; Technology adapter; Automated production.

■ **For citation:** Izmaylov A.Yu., Khort D.O., Smirnov I.G., Filippov R.A., Kuttyrev A.I. Justification of parameters of robotic means with sprayer and module magnetic-pulse processing of plants in horticulture. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. 2017; 1: 3-10. DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-1-3-10. (In Russian)

Уровень производства продукции садоводства определяется степенью развития и внедрения инновационных машинных технологий и технических средств нового поколения с современным информационным и приборным обеспечением. Низкий уровень механизации негативным образом сказывается на агротехнических сроках выполнения технологических операций, качестве продукции и себестоимости производства. Очевидно, что без повышения уровня механизации производства плодов и ягод на всех технологических стадиях (подготовка почвы, посадка сада, уход за насаждениями, уборка урожая, послеуборочная обработка и хранение) невозможно получение высококачественной продукции в объемах, соответствующих требованиям продовольственной безопасности России.

Цель исследований – обосновать параметры конструкции, проанализировать подвижность и технологическое применение робототехнического средства с модулем магнитно-импульсной обработки растений и системой автоматического движения на опрыскивании низкорастущих культур; выявить целесообразность и эффективность внедрения комбинированного агротехнологического приема обработки растений – опрыскивания с магнитно-импульсным облучением растений, которое позволяет стимулировать процессы жизнедеятельности растений, экономить средства химической защиты и повышать эффективность производственного процесса.

Материалы и методы. При разработке робототехнического средства использовали серийные узлы и агрегаты трактора ВИМ-320.4. Робототехническое энергосредство оснащено дизельным двигателем мощностью 36 л.с., передним и задним навесным устройством и комплексной системой ав-

топилотирования. В исследовании использован анализ технико-эксплуатационных параметров современных отечественных и зарубежных робототехнических средств сельскохозяйственного назначения с комплектами навесного оборудования. Основным методом обоснования конструктивных параметров машины стало компьютерное проектирование конструктивно-технологических схем работы робототехнического средства с набором технологических адаптеров. При разработке технологических и конструктивных схем работы машины использованы современные ГОСТы и исходные требования на базовые процессы: фрезерную и пропашную междурядную обработку почвы в садах, опрыскивание насаждений, борьбу с сорняками в междурядьях. Исследования и обработка данных проведены по следующим методикам: «Детерминационный анализ (*Determinacy Analysis, DA*) – метод вычисления правил для диагностики, объяснения, принятия решений»; «Методика оценки новой сельскохозяйственной техники в составе зональных агротехнологий» (РосНИИТиМ); «Методика проектирования технологических процессов в растениеводстве» (МГАУ им. В.П. Горячкина).

Результаты и обсуждение. Многофункциональное робототехническое средство, разработанное в Федеральном научном агроинженерном центре ВИМ, было представлено на центральном стенде ФАНО России в рамках выставки «Золотая осень 2016» (рис. 1).

Конструкция машины позволяет изменять агротехнический просвет и ширину колеи, устанавливать различные ходовые системы. Корпус разработан по современным дизайнерским и технологическим критериям, имеет технологические люки для обслуживания всех узлов. Система управления робототехническим средством содержит централь-

ный компьютер, который собирает информацию с датчиков и сенсоров, обрабатывает ее и передает управляющие сигналы на приводы движения машины. Движение робота осуществляется как по радиосигналу с пульта дистанционного управления, так и в автономном режиме по заранее заданной карте местности по данным от ГЛОНАСС/GPS дифференциального приемника спутниковой навигационной системы. Для обеспечения надежного спутникового сигнала используют базовую корректирующую станцию. Для автоматического контроля и текущего местоположения робота задействована инерциальная система. Передача сигналов от робота на планшет управления осуществляется посредством канала *Wi-Fi* на расстояние до 200 м.



Рис. 1. Робототехническое средство на выставке «Золотая осень – 2016»

Fig. 1. Robotic means at the exhibition «Golden Autumn – 2016»



Режим ручного управления позволяет управлять движением робота в аварийных ситуациях, при проведении сервисных операций, погрузки или выгрузки его для транспортировки. В случае непреодолимого препятствия или неисправности системы автоматического управления ручное дистанционное управление позволяет корректировать маршрут или безопасно доводить робот до зоны технического обслуживания.

Машина создана с использованием новейших разработок в области механизации и автоматизации сельхозтехники, с соблюдением мировых стандартов качества машиностроительной продукции и имеет высокие технико-экономические показатели. Робототехническое средство предназначено для выполнения различных технологических операций: обработки почвы, ухода за насаждениями, в том числе обработки растений импульсами магнитной индукции и средствами химической защиты (рис. 2) и транспортных работ в автономном режиме без непосредственного участия оператора-водителя в технологическом процессе [1-4].

Электронный прибор магнитно-импульсной обработки (МИО) растений состоит из блока управления, световых излучателей и трех магнитных индукторов на основе плоской спиральной катушки двойной намотки. Предназначен для стимуляции жизненных и ростовых процессов посадочного материала, овощных культур, садовых растений, в



Рис. 2. Универсальный технологический адаптер для МИО растений, представленный на выставке «Золотая осень – 2016»

Fig. 2. Universal technological adapter for magnetic-pulse processing of plants at the exhibition «Golden Autumn – 2016»

том числе в закрытом грунте. С периодической последовательностью он излучает одно- или разнополярные импульсы магнитной индукции в сверхнизкочастотном диапазоне в двух режимах интенсивности облучения – с возможностью частотного сканирования, одновременного дополнительного синхронного облучения импульсами света определенных длин волн оптического диапазона (рис. 3) [5, 6].

Технические характеристики блока управления магнитно-импульсной обработки растений представлены в таблице.

Table	Таблица
ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ SPECIFICATIONS	
Показатели Parameters	Значение Value
Частотный диапазон, Гц Frequency range, Hz	0,1-100
Вид регулировки частоты импульсов Type of pulses frequency control	плавный smooth
Регулируемая длительность импульса, с Variable pulse duration, s	от 1 до 999 from 1 to 999
Количество световых излучателей, шт. Number of light emitters, pcs	2
Рабочая площадь индуктора, см ² Working area of the inductor, cm ²	2140
Питание от сети Mains supply	50 Гц, 220 В 50 Hertz, 220 V

На основе современных ГОСТов (ГОСТ 53053-2008, ОСТ 70.4.4.-90), исходных агротехнических требований к базовым технологическим процессам в садоводстве и компьютерного моделирования проведен анализ применения и разработаны

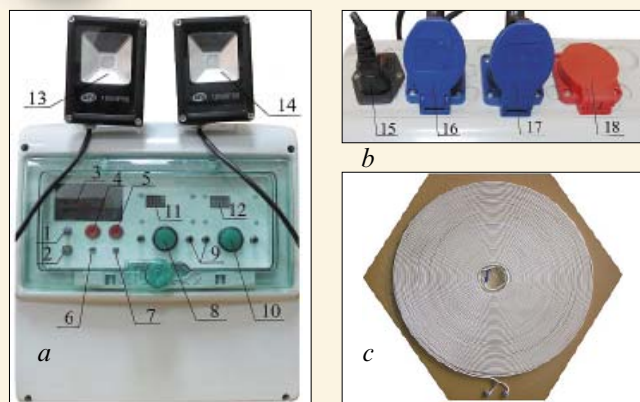


Рис. 3. Электронный прибор магнитно-импульсной обработки растений:

а – блок управления; б – контакты блока управления (вид сверху); с – магнитный индуктор;

1 – переключатель частоты магнитно-импульсного излучения; 2 – переключатель частоты светового излучения; 3 – дисплей отображения частоты излучений; 4 – кнопка запуска таймера магнитно-импульсного излучения; 5 – кнопка запуска таймера светового излучения; 6 – переключатель режима работы магнитно-импульсного излучения (3 режима: выкл.; таймер; постоянная работа); 7 – переключатель режима работы светового излучения (3 режима: выкл.; таймер; постоянная работа); 8 – световой индикатор режима работы; 9 – кнопки управления таймером; 10 – индикатор режима работы светового излучения; 11 – дисплей таймера работы индукторов; 12 – дисплей таймера светового излучения; 13 – световой излучатель, 445 нм; 14 – световой излучатель, 650 нм; 15 – питание блока управления; 16, 17 – разъемы подключения световых излучателей; 18 – разъемы подключения индукторов

Fig. 3. The electronic device of magnetic-pulse processing of plants:

а – control block; б – contacts of control unit (top view); с – magnetic inductor;

1 – switch of frequency of magnetic pulse radiation; 2 – light emission frequency switch; 3 – frequency radiation display; 4 – button for start of magnetic pulse radiation timer; 5 – button for start of light emission timer; 6 – switch of running regime of magnetic pulse radiation (3 modes: off ; timer; full-time); 7 – light emission mode switch (3 modes: off ; timer; full-time); 8 – light mode indicator; 9 – timer controls; 10 – light indicator off running regime; 11 – display of timer of inductors operation; 12 – display of light emission timer; 13 – light emitter 445 nm; 14 – light emitter 650 nm; 15 – control unit power; 16, 17 – connectors for light emitters; 18 – connectors for inductors

конструктивно-технологические схемы работы беспилотного робота с технологическим адаптером на операции магнитно-импульсной обработки растений [7, 8]. При проектировании учитывали возможность применения технологического адаптера МИО в промышленных садовых насаждениях интенсивного типа и низкорастущих ягодниках – на примере земляники садовой (рис. 4).

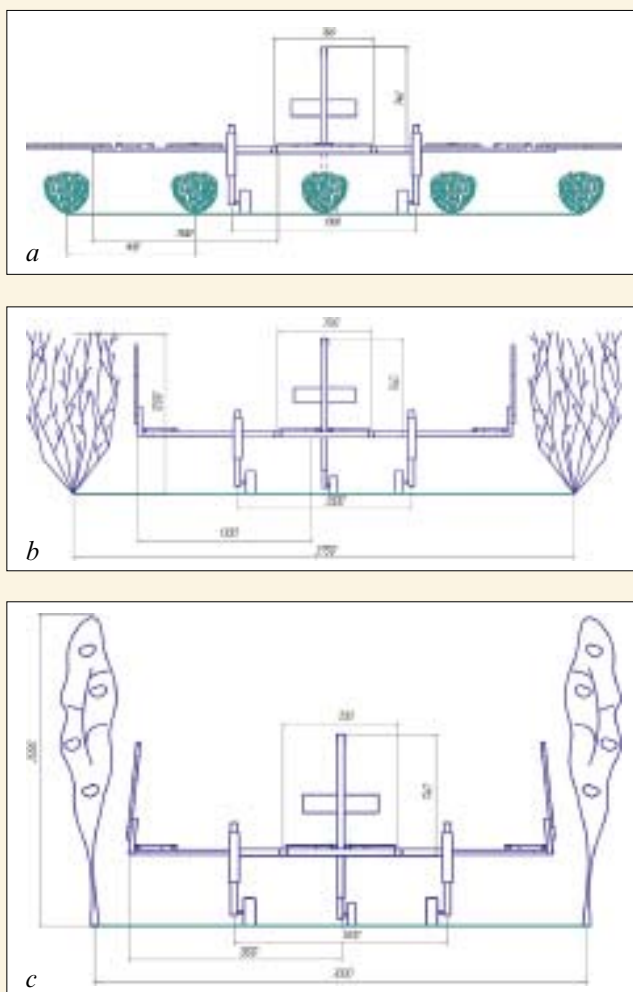


Рис. 4. Конструктивно-технологические схемы применения технологического адаптера с модулем магнитно-импульсной обработки растений на робототехническом средстве: а – промышленные плантации земляники; б – плантации ягодных кустарников; с – плантации плодовых насаждений интенсивного типа

Fig. 4. Construnctional and technological schemes of use of technology adapter with module for magnetic-pulse processing of plants integrated on the robot:

а – industrial plantation of strawberries; б – plantations of berry shrubs; с – plantations of intensive orchards

Анализ схем технологического применения на различных культурах показал, что робот с адаптером МИО должен иметь регулируемую колею 140-180 см. Тогда его можно применять на посадках низкорастущих ягодников с междурядьем 75-100 см, в садах интенсивного типа с междурядьями 3,5 м и кустарниковых ягодниках с междурядьями 2,5-3,5 м [9-11].

На основе имитационного математического моделирования в различных условиях эксплуатации проведен анализ подвижности робототехнического средства. Для проверки модели проведены расчеты динамического поведения корпуса робота при различных режимах движения (рис. 5).

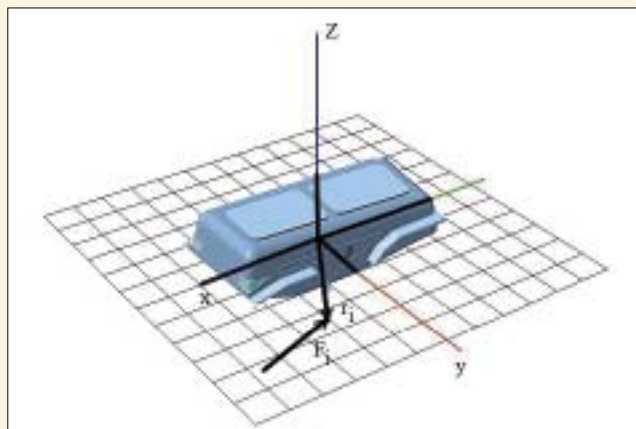


Рис. 5. Динамическая модель корпуса

Fig. 5. Dynamic model of body

В программном комплексе многотельного проектирования математическая модель робота представлена в виде совокупности тел с различными упругодемпфирующими характеристиками. Данный метод позволил на этапе проектирования провести оптимизацию конструктивных параметров.

Уравнение динамики корпуса:

$$\begin{cases} m\ddot{S}_c = \sum_1^{K_f} F_i \\ J\ddot{\omega}_c = \sum_1^{K_f} (A^T F_i) r_i + \sum_1^{K_m} M_{ei} + I \cdot \omega_c \end{cases} \quad (1)$$

где $\ddot{S}_c$ – вектор координат центра масс корпуса в неподвижной системе координат; $\omega_c = (\omega_x, \omega_y, \omega_z)^T$ – вектор проекции угловой скорости корпуса на подвижную, связанную с корпусом, систему координат; $J = \text{diag}(J_x, J_y, J_z)$ – диагональная матрица масс тела; K_f – количество внешних сил, действующих на корпус;

F_i – трехмерный вектор внешних сил, действующих на точку, заданный в неподвижной системе координат;

A_T – ортогональная матрица поворота (ориентации), которая переводит вектор, заданный в подвижной системе координат, в неподвижную систему;

r_i – радиус-вектор точки приложения силы в подвижной системе координат;

K_m – количество внешних моментов;

M_{ei} – трехмерный вектор внешних моментов, действующих на точку, заданный в подвижной системе координат;

I – вектор кинетического момента тела;

$I \omega_c$ – вектор моментов гироскопических сил.

В описании модели используются кинематические уравнения Эйлера:

$$\begin{cases} \dot{\phi} = (\omega_x \cos \psi - \omega_y \sin \psi) / \cos \theta \\ \dot{\theta} = \omega_x \sin \psi + \omega_y \cos \psi \\ \dot{\psi} = (\omega_x \sin \psi - \omega_y \cos \psi) \tan \theta + \omega_z \end{cases} \quad (2)$$

где ϕ, θ, ψ – корабельные углы Эйлера, то есть углы последовательных поворотов вокруг осей x, y, z , связанных с корпусом системой координат [12]. Матрицу поворота определяют через углы:

$$A = \begin{bmatrix} a & b & c \end{bmatrix}, \quad (3)$$

где a, b, c – столбцы матрицы:

$$\begin{aligned} a &= \begin{bmatrix} \cos \theta \\ \sin \phi \sin \theta \cos \psi + \cos \phi \sin \psi \\ -\cos \phi \sin \theta \cos \psi + \sin \phi \sin \psi \end{bmatrix} \\ b &= \begin{bmatrix} -\cos \theta \sin \psi \\ -\sin \phi \sin \theta \cos \psi + \cos \phi \cos \psi \\ \cos \phi \sin \theta \sin \psi + \sin \phi \cos \psi \end{bmatrix} \\ c &= \begin{bmatrix} \sin \theta \\ \sin \phi \cos \theta \\ \cos \phi \cos \theta \end{bmatrix}. \end{aligned}$$

Исходными данными для расчета выступают: масса $m = 1980$ кг номинальная мощность тягового двигателя $N_e = 26478$ Вт, моменты инерции относительно осей x, y, z – $J_x = 440,9$; $J_y = 1344,7$; $J_z = 1614,2$ кг·м², радиус колеса $r = 0,52$ м.

По результатам моделирования динамики разгона получены графики параметров движения робота (рис. 6).

Для определения автономности проведения роботом технологической операции опрыскивания низкорастущих культур с магнитно-импульсной обработкой растений проведен расчет на основе анализа совокупности следующей информации:

- о состоянии участка окружающей среды, в котором роботу предстоит функционировать;
- о роботе, используемом для выполнения задания;
- о задании, которое должно быть выполнено;
- о планировании выполняемого задания.

Обобщенный показатель локальной автономности выполнения задания рассчитан по совокупности единичных показателей (рис. 7):

- показатель уровня выполнимости задания в автономном режиме в соответствии с приоритетами их выполнения (F^*);
- временные затраты на выполнение задания (F_1);
- энергетические затраты на выполнение задания (F_{en}).

Расчет обобщенного показателя локальной автономности F_a проведен в соответствии с функциональной зависимостью:

$$F_a = f(F^*, F_1, F_{en}). \quad (4)$$

Для решения использовали метод расчета функциональной зависимости F^*, F_1 и F_{en} – со взвешенной зависимостью коэффициентов:

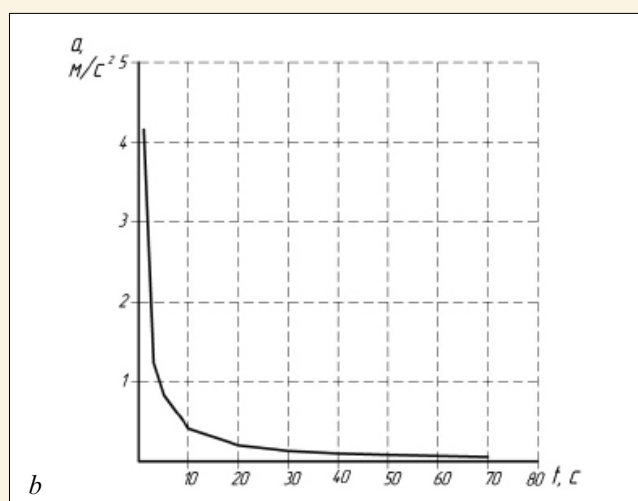
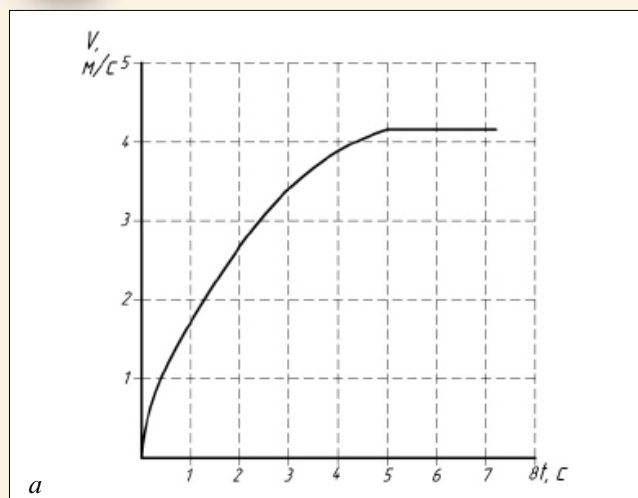


Рис. 6. Графики параметров движения:

a – скорости; b – ускорения

Fig. 6. Graphs of motion parameters:

a – speed; b – acceleration

$$F_1 = k^* \cdot F^* + k_i \cdot F_i + k_{en} \cdot F_{en}, \quad (5)$$

где k^* , k_i и k_{en} – весовые коэффициенты, определяющие влияние различных проявлений автономности на обобщенный показатель локальной автономности.

Расчет уровня выполнимости задания в автономном режиме F^* выполнен по формуле:

$$F^* = \frac{\sum_{i=1}^n N_i^a \cdot F_i^m}{\sum_{i=1}^n F_i^m}, \quad (6)$$

где N_i^a – оценка возможности выполнения данного компонента задания в автономном режиме;

F_i^m – функциональная значимость данного компонента задания;

n – число компонентов задания.

Таким образом, F^* достигает максимального значения 1, если все задание может быть выполне-



Рис. 7. Схема показателей автономности робототехнического средства

Fig. 7. Scheme of indicators of robotic autonomy

но роботом автономно; равняется 0, если робот может выполнять задание только в режиме дистанционного управления; принимает промежуточные значения, если часть задания выполняется автономно, а для реализации другой части требуется вмешательство оператора.

Временные затраты на выполнение задания F_i рассчитали по формуле:

$$F_i = F_i^* \cdot \prod_{i=1}^m k_i^{c_i} \cdot p_i, \quad (7)$$

где F_i^* – оценочное время выполнения задания без учета вероятностных факторов;

p_i – вероятность свершения события, ведущего к проявлению поправочного коэффициента;

$k_i^{c_i}$ – поправочные коэффициенты, учитывающие влияние события на время выполнения задания.

Значения поправочных коэффициентов определяют эмпирическим путем. Затем проводят сравнение со временем, допустимым для выполнения задания.

Энергетические затраты на выполнение задания F_{en} определили по формуле:

$$F_{en} = F_{en}^* \cdot \prod_{i=1}^m k_i^{c_i} \cdot p_i, \quad (8)$$

где F_{en}^* – оценочная величина затрат энергии роботом для выполнения задания без учета вероятностных факторов.

Затем сравнивают F_{en} с доступными для робота энергозапасами при выполнении задания.

По результатам расчета, обобщенный показатель локальной автономности выполнения задания робототехническим средством на опрыскивании низкорастущих культур с магнитно-импульсной обработкой растений составляет:

$$F_a = (k^* \cdot F^* + k_i \cdot F_i + k_{en} \cdot F_{en}) \cdot 100\% = (0,8 \cdot 0,43 + 0,9 \cdot 0,129 + 0,9 \cdot 0,125) \cdot 100\% = 57,2\%.$$

Предложенная методика расчета автономности



не накладывает ограничений на номенклатуру и количество единичных и обобщенных показателей, принимаемых во внимание [13].

Выводы. Полученное значение обобщенного показателя локальной автономности показывает, что для робототехнического средства сельскохозяйственного назначения его значение достаточно высокое в сравнении с другими аналогичными разработками. Однако для эффективного применения в промышленном сельхозпроизводстве робототехнические средства должны иметь уровень автономности не ниже 80%, что позволит более качественно и оперативно выполнять функциональные технологические операции и расширять их в соответствии с требованиями новых интеллектуальных агротехнологий. Для достижения уровня автоном-

ности 80% в разработанном робототехническом средстве необходимо усовершенствовать систему позиционирования и автопилотирования в сложных условиях (туман, ночь, дождь и т.д.).

Выявлена целесообразность и эффективность внедрения нового агротехнологического приема обработки садовых растений на базе робототехнического средства – дифференцированного опрыскивания с магнитно-импульсной обработкой растений. Слабые низкочастотные импульсные магнитные поля в сочетании с дополнительным синхронным облучением импульсами света положительно воздействуют на рост и развитие растений, что позволит сократить количество химических обработок, обеспечить рост урожайности на 20% и снизить трудовые затраты на 25-35%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Slaughter D.C., Giles D.K., Downey D. Autonomous robotic weed control systems: A review. Computers and electronics in agriculture. University of California, Biological and Agricultural Engineering, United States, 2008: 63-78.
2. Blasco J., Aleixos N., Roger J.M., Rabatel G., Molto E. Robotic Weed Control using Machine Vision. Biosystems Engineering. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Spain. 2002: 149-157.
3. Siemens M.C., Herbon R., Gayler R.R., Nolte K.D. and Brooks D. Automated machine for thinning lettuce – Evaluation and development. Dallas: ASABE, 2012; 4; 3221-3234.
4. Хорт Д.О., Филиппов Р.А., Кутырев А.И. Многофункциональное робототехническое средство с системой технического зрения // Инновации в сельском хозяйстве. 2015. N4(14). С. 115-121.
5. Смирнов И.Г., Артюшин А.А., Хорт Д.О., Филиппов Р.А., Кутырев А.И., Цымбал А.А. Робототехнические средства в растениеводстве // Научный журнал КубГАУ. 2016;118(04): 1651-1660. URL: <http://ej.kubagro.ru/2016/04/pdf/109.pdf> (Дата обращения 13.02.2017).
6. Кутырева А.И. Технологический адаптер для робототехнического средства в садоводстве // Плодоводство и ягодоводство России. 2016. Т. XXXXVI. С. 180-185.
7. Кутырев А.И. Особенности разработки робототехнического средства для садоводства // Плодоводство и ягодоводство России. 2016. Т. XXXXVI. С. 175-179.
8. Лобачевский Я.П., Смирнов И.Г., Хорт Д.О., Филиппов Р.А., Кутырев А.И. Инновационная техника для машинных технологий в садоводстве // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: Материалы VIII Международной научно-практической

конференции «ИнформАгро-2016», Москва, 25-27 мая 2016 г., РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, М., 2016. С. 199-203.

9. Измайлов А.Ю., Смирнов И.Г., Хорт Д.О., Филиппов Р.А. Анализ технологического применения многофункционального беспилотного робота // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации государственной программы развития сельского хозяйства: Сборник докладов научно-технической конференции. Ч. 2. М.: ВИМ, 2015. С. 207-209.

10. Ермолов И. Л. Расширение функциональных возможностей мобильных технологических роботов путем повышения уровня их автономности с использованием иерархической комплексной обработки бортовых данных: дис... д-ра техн. наук. М., 2012. С. 350.

11. Хорт Д.О., Филиппов Р.А. Применение автоматизированной системы управления производственными процессами в садоводстве // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. 2013. Т. 3. №6. С. 356-360.

12. Ермолов И. Л. Расширение функциональных возможностей мобильных технологических роботов путем повышения уровня их автономности с использованием иерархической комплексной обработки бортовых данных: дис... д-ра техн. наук: 05.20.05 Москва, 2012 С. 350.

13. Измайлов А.Ю., Смирнов И.Г., Лобачевский Я.П., Хорт Д.О., Филиппов Р.А. Роботы для современных машинных технологий в растениеводстве // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства: Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции. М.: ВИМ, 2015. С. 128-132.

REFERENCES

1. Slaughter D.C., Giles D.K., Downey D. Autonomous robotic weed control systems: A review. Computers and electronics in agriculture. University of California, Biological and Agricultural Engineering, United States, 2008: 63-78. (In English)
2. Blasco J., Aleixos N., Roger J.M., Rabatel G., Molto E.

Robotic Weed Control using Machine Vision. Biosystems Engineering, Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Spain. 2002: 149-157. (In English)

3. Siemens M.C., Herbon R., Gayler R.R., Nolte K.D. and Brooks D. Automated machine for thinning lettuce – Evaluation and development. Dallas: ASABE, 2012; 4: 3221-3234. (In English)

4. Khort D.O., Filippov R.A., Kuttyrev A.I. Multipurpose robotic means with technical vision systema. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*. 2015; 4(14): 115-121. (In Russian)

5. Smirnov I.G., Artyushin A.A., Khort D.O., Filippov R.A., Kuttyrev A.I., Tsybmal A.A. Robotic means in crop production. *Nauchnyy zhurnal KubGAU*. 2016; 118(04): 1651-1660. URL: <http://ej.kubagro.ru/2016/04/pdf/109.pdf> (Accessed 13.02.2017). (In Russian)

6. Kuttyrev A.I. Technological adapter for robotic means in horticulture. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. 2016; XXXVI: 180-185. (In Russian)

7. Kuttyrev A.I. Features of design of robotic means for horticulture. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. 2016; XXXVI: 175-179. (In Russian)

8. Lobachevskiy Ya.P., Smirnov I.G., Khort D.O., Filippov R.A., Kuttyrev A.I. Innovative machinery for machine technologies in horticulture. *Nauchno-informatsionnoe obespechenie innovatsionnogo razvitiya APK: Materialy VIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «InformAgro-2016»*, Moscow, 25-27 May 2016, RGAU – MSKha imeni K.A. Timiryazeva, Moscow, 2016: 199-203. (In Russian)

9. Izmaylov A.Yu., Smirnov I.G., Khort D.O., Filippov R.A. Analysis of technological use of multipurpose

unmanned robot. *Intellektual'nye mashinnye tekhnologii i tekhnika dlya realizatsii gosudarstvennoy programmy razvitiya sel'skogo khozyaystva: Sbornik dokladov nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*. Vol. 2. Moscow: VIM, 2015: 207-209. (In Russian)

10. Ermolov I. L. Rasshirenie funktsional'nykh vozmozhnostey mobil'nykh tekhnologicheskikh robotov putem povysheniya urovnya ikh avtonomnosti s ispol'zovaniem ierarkhicheskoy kompleksnoy obrabotki bortovykh dannykh: dis... d-ra tekhn. nauk. Moscow, 2012: 350. (In Russian)

11. Khort D.O., Filippov R.A. Primenenie avtomatizirovannoy sistemy upravleniya produktsionnymi protsessami v sadovodstve // *Sbornik nauchnykh trudov Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta ovitsevodstva i kozovodstva*. 2013; V. 3; 6: 356-360. (In Russian)

12. Ermolov I. L. Rasshirenie funktsional'nykh vozmozhnostey mobil'nykh tekhnologicheskikh robotov putem povysheniya urovnya ikh avtonomnosti s ispol'zovaniem ierarkhicheskoy kompleksnoy obrabotki bortovykh dannykh [Expansion of functionality of mobile technological robots by increase in level of their autonomy with use of hierarchical complex processing of onboard data]: dis... d-ra tekhn. nauk: 05.20.05 Moscow, 2012: 350. (In Russian)

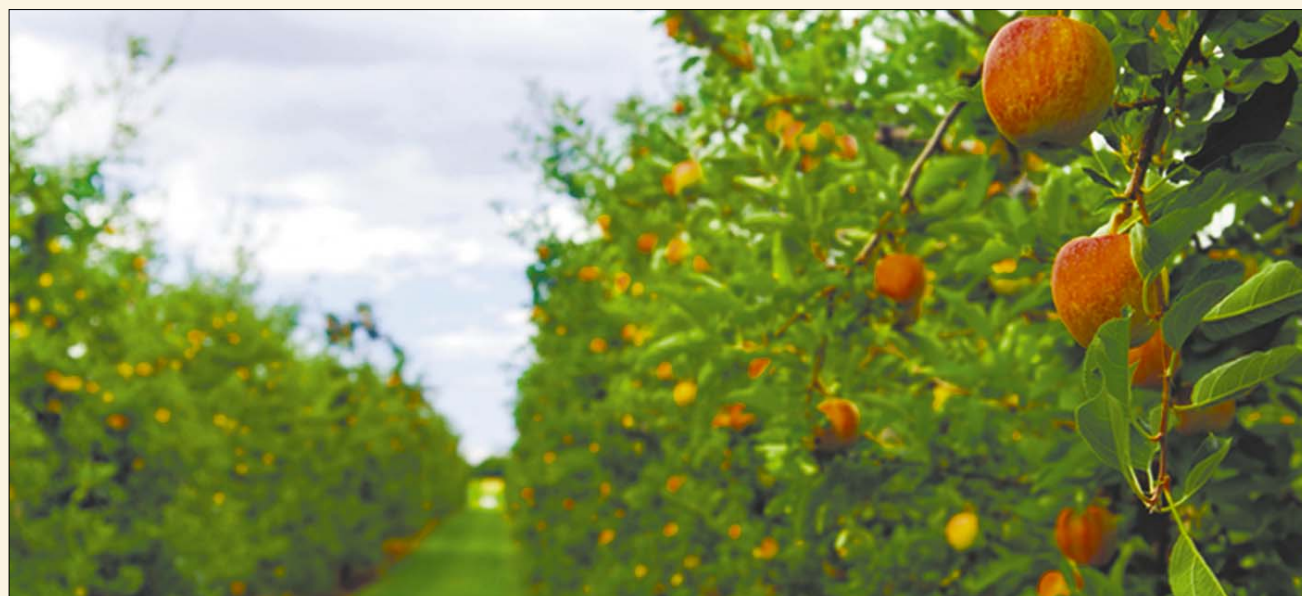
13. Izmaylov A.Yu., Smirnov I.G., Lobachevskiy Ya.P., Khort D.O., Filippov R.A. Robots for modern machine technologies in crop production. *Intellektual'nye mashinnye tekhnologii i tekhnika dlya realizatsii Gosudarstvennoy programmy razvitiya sel'skogo khozyaystva: Sbornik nauchnykh dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*. Moscow: VIM, 2015: 128-132. (In Russian)

Критерии авторства. Все авторы несут ответственность за представленные в статье сведения и плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution. The authors are responsible for information and plagiarism avoiding.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.



УДК 629:367; 631.35.076

DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-1-11-17

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ УБОРОЧНОЙ ТЕХНИКИ НА СЛАБОНЕСУЩИХ ГРУНТАХ В ДАЛЬНЕВОСТОЧНОМ РЕГИОНЕ

Панасюк А.Н.^{1*},
докт. техн. наук;
Годжаев З.А.²,
докт. техн. наук;

Канделя М.В.¹,
канд. техн. наук, профессор;
Липкань А.В.¹;

Ширяев В.М.¹;
Кузьмин В.А.²

¹Дальневосточный научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства, ул. Василенко, 5, г. Благовещенск, Амурская область, 675027, Российская Федерация,
*e-mail: alex28rus@list.ru

²Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, 1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Российская Федерация

На основании исследований авторы выявили актуальные задачи уборочных работ в Амурской области: обеспечение проходимости машин по переувлажненной почве, необходимость адаптирования машин к технологиям уборки сои, перевод части комбайнового парка на гусеничный ход, внедрение перегрузочных почвошадящих технологий уборки, повышение экономической эффективности машиноиспользования и послеуборочной сушки зерна колосовых и кукурузы. Показаны перспективные пути решения этих проблем: совершенствование конструкции гусеничных ходовых тележек комбайнов на резиноармированных гусеницах (РАГ); разработка и производство соезернового комбайна на РАГ или комплекта приспособлений к зерноуборочному комбайну на РАГ как опции, переводящей его в разряд соезерновых; разработка технологии, обеспечивающей сбор зерносоевого вороха полевой машиной на РАГ с одновременным измельчением и разбрасыванием соломы по полю, доставку зерносоевого вороха на стационарный пункт послеуборочной обработки для последующего разделения на семенное, товарное зерно и соевую полову как ценный белковый корм для животноводства, готовый для скармливания и хранения; разработка кормоуборочного комбайна на РАГ на блочно-модульной основе, то есть на базе универсального энергосредства на РАГ с 4-машинной схемой объемного гидропривода ходовой части; совершенствование конструкции гусеничных блоков с треугольной формой обвода; реализация перегрузочных технологий уборочных работ по системе ВИМЛИФТ. Производство уборочно-транспортных машин должно осуществляться на блочно-модульной основе – в виде комплекса самоходных сельскохозяйственных машин на базе высвобождаемого гибкого энерго модуля с комплектом сменных технологических адаптеров, обеспечивающих его загрузку в течение года. Агросрок уборки кукурузы на зерно следует перенести на более позднее время, когда зерно естественным образом достигает кондиционной влажности.

Ключевые слова: уборочные работы; агроэкологическая проходимость; комбайн; резиноармированная гусеница; перегрузочная почвошадящая технология; экономическая эффективность машиноиспользования; послеуборочная сушка зерна.

■ **Для цитирования:** Панасюк А.Н., Годжаев З.А., Канделя М.В., Липкань А.В., Ширяев В.М., Кузьмин В.А. Особенности работы уборочной техники на слабонесущих грунтах в Дальневосточном регионе // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2017. №1. С. 11-17.

FEATURES OF HARVESTING MACHINERY OPERATION ON WEAK SOILS IN THE FAR EAST REGION

A.N. Panasyuk^{1*},
Dr. Sci. (Eng.);
Z.A. Godzhaev²,
Dr. Sci. (Eng.);

M.V. Kandelya¹,
Cand. Sci. (Eng.);
A.V. Lipkan¹;

V.M. Shiryayev¹;
V.A. Kuz'min²

¹Far Eastern Research Institute of Agricultural Engineering and Electrification, Vasilenko St., 5, Blagoveshchensk, Amur region, 675027, Russian Federation, *e-mail: alex28rus@list.ru

²Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 1st Institutskiy proezd, 5, Moscow, 109428, Russian Federation

The authors based on own researches established actual problems of harvesting in the Amur region: ensuring passability of machines on the waterlogged soil, need of machines adaptivising to technologies of soybean harvesting, transfer of a part of the combine fleet to a caterpillar track, implementation of reloading reducing impact on the soil technologies of harvesting, increase in cost efficiency of mashines use and postharvest drying of grain and corn. Perspective solutions of problems are shown: design development of caterpillar end trucks of combines with the rubber-reinforced tracks (RRT); engineering and production of the soybean-grain harvester with RRT or a set of devices for the grain harvester with RRT as the option transferring it to the category the soybean-grain ones; process development to provide harvesting of soybean heap by the machine with RRT which crush and spread straw across the field simultaneous, to deliver soybean heap to stationary point of postharvest handling for the subsequent separation into seeds, marketable soybean and a soy chaff as valuable protein feed for livestock production, ready for feeding and storage; engineering of the forage harvester with RRT on a block and modular basis, that is based on the multipurpose power mean on RRT with the 4-machine scheme of a hydrostatic power drive of a undercarriager; development of a design of caterpillar blocks with triangular shape of contour; implementation of reloading technologies of harvest operations on system VIMLIFT. Production of harvest transport vehicles should be performed on a block and modular basis – in the form of a complex of self-propelled agricultural machines based on the released multipurpose power module with a set of the replaceable technological adapters providing its loading within a year. The agroterm of corn on grain harvesting should be delayed to later time when grain reaches standard humidity naturally.

Keywords: Harvesting; Agroecological passability; Harvester; Rubber-reinforced track; Reloading reducing impact on the soil technology; Economic efficiency of the operating; Postharvest grain drying.

For citation: Panasyuk A.N., Godzhaev Z.A., Kandelya M.V., Lipkan' A.V., Shiryayev V.M., Kuz'min V.A. Features of harvesting machinery operation on weak soils in the Far East Region. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2017; 1: 11-17. DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-1-11-17. (In Russian)

Сельскохозяйственное производство Дальневосточного региона при проведении уборочных работ сталкивается с зональными особенностями: уборка влажных хлебов, кукурузы, труднообмолачиваемого риса и легкотравмируемой сои, экстремальные почвенно-климатические условия (переувлажнение почвы вследствие обильных дождей, снег, морозы, суточный перепад температур). Отсюда академическим и научно-исследовательским учреждениям региона сельскохозяйственного профиля предстоит решить следующие задачи:

- 1) обеспечение физической и агроэкологической проходимости уборочных машин;
- 2) адаптирование зерноуборочных комбайнов к технологиям уборки сои с минимальными прямыми и косвенными потерями;
- 3) расширение зонального парка уборочных и транспортно-технологических машин на гусеничном ходу;
- 4) внедрение перегрузочных почвошадящих технологий уборки как в условиях переувлажнения почвы, так и при нормальных погодных условиях;
- 5) повышение экономической эффективности использования машин зональной мобильной полевой энергетики;
- 6) необходимость послеуборочной сушки зерна зерновых колосовых культур и кукурузы.

Материалы и методы. Обеспечение физической и агроэкологической проходимости предусматривает постановку зерноуборочных комбайнов на резиноармированные гусеницы (РАГ). Переход на

РАГ этой категории уборочно-транспортных машин в Амурской области – реально свершившийся факт. Созданы и серийно производятся зерноуборочные комбайны КЗС-812С «Амур-Палессе» и КЗС *Vector 450 Track* – соответственно с 2011 и 2012 гг. (рис. 1). Следующей задачей в данном направлении станет совершенствование конструкции гусеничных ходовых тележек (ГХТ) этих комбайнов на РАГ для повышения эксплуатационной надежности, рациональной развесовки по опорам и дальнейшего адаптирования комбайнов под уборку сои.

Результаты и обсуждение. С этой целью инженерам предстоит:

- доработать конструкцию ведущего моста ГХТ с 2-машинной схемой объемного гидропривода ходовой части типа ТГР-3 для достижения более высокого технического уровня (рис. 1а) [1];
- усовершенствовать схему управления поворотом на месте ГХТ с 4-машинной схемой объемного гидропривода ходовой части типа ТГР-5 с разнонаправленным движением гусениц (рис. 1б) [2];
- доработать унифицированную ГХТ до более высокого технического уровня как вариант готового изделия под заказ – для перевода других уборочно-транспортных машин на резиноармированный гусеничный ход в других регионах России и поставок за рубеж.

Адаптирование зерноуборочных комбайнов к процессу уборки сои предусматривает соблюдение следующих условий:



Рис. 1. Самоходные зерноуборочные комбайны на гусеничных тележках с резиноармированными гусеницами:

а – КЗС-812С «Амур-Палессе» на ГХТ мина ТГР-3;

б – КЗС Vector 450 Track на ГХТ мина ТГР-5

Fig. 1. Self-propelled harvesters with rubber-reinforced caterpillar end trucks:

а – KZS-812S Amur-Palesse; б – KZS Vector 450 Track

- низкий срез (проходят испытания усовершенствованные жатки соевые унифицированные ЖСУ-700, ЖСУ-900 и их модификации для комбайнов производства КЗ «Ростсельмаш» (рис. 1б);

- снижение потерь при очесывании бобов планками мотвила (логарифмические пружинные пальцы мотвила, установка необходимого числа оборотов мотвила для обеспечения оптимального соотношения линейной скорости граблин мотвила к рабочей скорости, правильный выбор высоты и выноса мотвила над режущим аппаратом в зависимости от высоты растений сои);

- улучшение равномерности подачи массы в молотилку вследствие расположения подбирающих пальцев шнека по винтовой линии;

- обеспечение мягкого, щадящего режима обмолота двухбарабанной молотилкой, в том числе благодаря применению понижающего редуктора;

- снижение уровня дробления и микроповреждений сои в результате изменения конструкции и материалов транспортирующих рабочих органов (шнеки и элеваторы), а также конфигурации бичей барабана;

- сокращение энергозатрат и улучшение качества измельчения влажной соломы благодаря повышению оборотов и расположению по винтовой линии ножей измельчителя-разбрасывателя незер-

новой части урожая [3];

- сбор половы как биологически ценного питательного корма для КРС.

Решение данной проблемы предусматривает разработку и производство соезернового комбайна на РАГ или комплекта приспособлений к зерноуборочному комбайну на РАГ как опции, переводящей его в разряд соезерновых.

Адаптивное обеспечение технологий для уборки сои предусматривает разработку новых технологий, обеспечивающих выполнение тех же задач, что и при адаптации комбайна:

- снижение единичного и суммарного уровня воздействия на почву;

- уменьшение уровня дробления и микроповреждений семян сои, то есть повышение качества посевного материала;

- измельчение и рассев по поверхности поля незерновой части урожая для последующей ее заделки в почву для поддержания ее плодородия;

- сбор половы сои как биологически ценного корма.

Этим условиям соответствует, например, технология уборки, рекомендуемая для семеноводческих хозяйств, предусматривающая сбор зернового вороха полевой машиной на РАГ с одновременным измельчением и разбрасыванием соломы по полю. Затем транспортно-технологическое средство на РАГ с помощью механизма погрузки-разгрузки (МПР) системы ВИМЛИФТ подбирает оставленные на поле сменные кузова и доставляет на край поля, где их устанавливают с помощью такого же МПР на автотранспортные средства и доставляют на стационар [4-6]. Там ворох очищают и разделяют на семенное, продовольственное зерно и полосу с подготовкой ее к хранению и последующему скормливаю (гранулирование, брикетирование).

Расширение зонального парка уборочных и транспортно-технологических машин на РАГ включает три позиции.

Первая – разработка технологий уборки кукурузы на силос, зеленой массы на сенаж, уборки трав на сено, в том числе в поймах рек и с неудобий. Для этого необходим кормоуборочный комбайн бункерного (кузовного) типа на РАГ. Желательно его разрабатывать на блочно-модульной основе, то есть на базе высвобождаемого энергосредства и комплектов сменных адаптеров: жаток и измельчителей, косилок-плющилок, валковых жаток, пресс-подборщиков и т.п. Без жатвенного адаптера кормоуборочный комбайн можно использовать как кузов-перегрузчик.

Мощный двигатель и надежный мост обеспечат расширение сферы использования энергомодуля как тягово-приводного энергосредства в посевной период.

Работа в данном направлении начата с создания

кормоуборочного комбайна на РАГ – КВК 6028С (рис. 2а).

Рассмотрим теоретическую основу процесса движения гусеничной уборочной машины, а также кинематику и динамику его поворота в условиях слабонесущих грунтов, характерных для дальневосточного региона (рис. 3). Поворот гусеничного трактора в реальных условиях представляет собой сложный процесс, который осуществляется изменением скорости движения гусениц. В простейшем случае процесс поворота рассматривается с некоторыми допущениями: движение происходит по горизонтальной поверхности, нагрузки распределены на опорные поверхности равномерно, силами инерции пренебрегают [7-9].



Рис. 2. Расширение зонального парка уборочно-транспортных машин и тракторов на РАГ:

а – кормоуборочный комбайн КВК 6028С; б – зерноуборочный комбайн GS-10.5С «Амурец»; в – зерноуборочный комбайн Vector 410 на полугусеничном ходу с гусеничными блоками ШПР (шасси полугусеничное на РАГ); д – использование гусеничных блоков ШПР для формирования 4-звенного гусеничного хода трактора Т-150-4Г.

Fig. 2. Expansion of the zone fleet of harvest transport machines and tractors on RRT:

а – forage harvester KVK 6028S; б – grain harvester GS-10.5C Amurets; в – grain harvester Vector 410 on semi-caterpillar to the course with caterpillar blocks of the chassis semi-caterpillar on RRT (CSR); д – use of the CSR caterpillar blocks for formation of a 4-unit caterpillar drive of the T-150-4G tractor

На данной схеме приняты следующие обозначения: $XOYZ$ – неподвижная система координат, $CX_1Y_1Z_1$ – подвижная система координат; C_1, C_2, C_3, C_4 – точки крепления центров опорных катков; K_1, K_2, K_3, K_4 – точки контакта гусениц с поверхностью; $\vec{v}_{C_1}, \vec{v}_{C_2}, \vec{v}_{C_3}, \vec{v}_{C_4}$ – скорости точек крепления центра опорных катков; $\vec{v}_{C_1}^{x1}, \vec{v}_{C_2}^{x1}, \vec{v}_{C_3}^{x1}, \vec{v}_{C_4}^{x1}$ – проекции скоростей точек крепления центров опорных катков на ось CX_1 ; $\vec{v}_{C_1}^{y1}, \vec{v}_{C_2}^{y1}, \vec{v}_{C_3}^{y1}, \vec{v}_{C_4}^{y1}$ – проекции скоростей точек крепления центра опорных

катков на ось CY_1 ; $\vec{v}_{K_1}, \vec{v}_{K_2}, \vec{v}_{K_3}, \vec{v}_{K_4}$ – скорости точек контакта опорных катков с поверхностью; $\vec{v}_{K_1}^{x1}, \vec{v}_{K_2}^{x1}, \vec{v}_{K_3}^{x1}, \vec{v}_{K_4}^{x1}$ – проекции скоростей точек контакта опорных катков с поверхностью на ось CX_1 ; $\vec{v}_{K_1}^{y1}, \vec{v}_{K_2}^{y1}, \vec{v}_{K_3}^{y1}, \vec{v}_{K_4}^{y1}$ – проекции скоростей

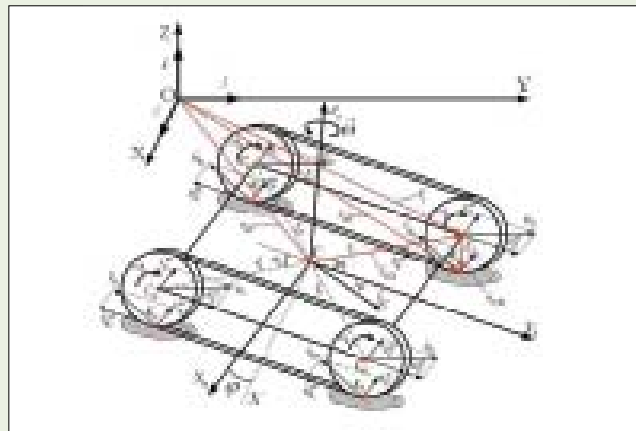


Рис. 3. Расчетная схема гусеничной машины

Fig. 3. Caterpillar machine analytical model

точек контакта опорных катков с поверхностью на ось CY_1 ; $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$ – угловые скорости вращения опорных катков; l_1 – расстояние от центра масс до 1-го и 4-го катка; l_2 – расстояние от центра масс (т.С) до 2-го и 3-го катка; φ – угол поворота корпуса робота вокруг CZ_1 ; α_1, α_2 – углы между линией CC_1 и осью CY_1 (α_1 для $i=1,4$; α_2 для $i=2,3$ соответственно); ψ – угол продольных колебаний машин [10-11].

При движении трактора с угловой скоростью ω_T около центра поворота O (рис. 4) будем иметь:

$$\omega_T = \frac{v_0}{R}, \quad (1)$$

где v_0 – скорость точки O_1 (точка пересечения перпендикуляра, опущенного из центра поворота O на продольную ось симметрии трактора);

R – радиус поворота.

Перемещение гусениц при повороте можно разложить на движения: вращение вокруг полюсов O_1 и O_2 с угловой скоростью ω_T и прямолинейно-поступательное движение со скоростями v_1 и v_2 , которые можно выразить следующими соотношениями:

$$\begin{aligned} v_1 &= \omega_T(R - 0,5B) = v_0 \frac{R - 0,5B}{R}, \\ v_2 &= \omega_T(R + 0,5B) = v_0 \frac{R + 0,5B}{R}, \end{aligned} \quad (2)$$

где B – колея трактора; v_1, v_2 – скорости, соответственно, отстающей и забегающей гусениц.

При повороте трактора, кроме линейного перемещения, гусеницы поворачиваются вокруг полюсов вращения O_1 и O_2 , что вызывает появление сил трения и боковых реакций между опорной поверхностью и грунтом [12].

На рисунке 5 показаны силы и моменты, действующие на трактор:

P_{f1} и P_{f2} – силы сопротивления перекачиванию соответственно отстающей и забегающей гусениц;

P_{k1} и P_{k2} – силы тяги соответственно на отстающей и забегающей гусеницах;

M_c – суммарный момент касательных сил трения и реакции грунта на опорные поверхности гусениц.

Суммарный момент от элементарных сил сопротивления повороту обеих гусениц выражается следующим интегралом:

$$M_c = 4 \int_0^{0.5L} \frac{\mu G}{2L} x dx = \frac{\mu GL}{4}, \quad (3)$$

где G – вес трактора; μ – коэффициент сопротивления повороту, учитывающий трение и реакции грунта при сдвиге опорной поверхности; он в большей мере определяется радиусом поворота и условно принимается одинаковым по всей длине поверхности; L – длина опорной поверхности гусениц.

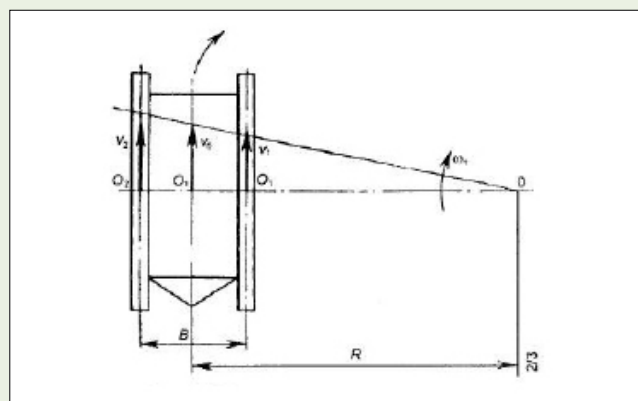


Рис. 4. Схема поворота гусеничного трактора

Fig. 4. Scheme of caterpillar tractor turn

Второе направление – постановка комбайнов класса 7-10 кг/с с объемом бункера до 6-8 м³ на ГХТ с РАГ (рис. 2б). При урожайности 18-36 ц/га данные машины обеспечат минимальную себестоимость работ и снижение уровня техногенного механического воздействия на почву.

Третий вариант – совершенствование конструкции и производство гусеничных блоков модели ШПР для формирования полугусеничных ходов с треугольной формой обвода резиноармированных гусениц и верхним расположением ведущей звездочки для комбайнов (рис. 2с). В качестве опций колесных комбайнов предусмотрен комплект сменных или дополнительных колес на управляемый мост. Это расширит возможности их использования для формирования полугусеничного хода на тракторах с управляемыми колесами и 4-звенного гусеничного хода – на тракторах с ломающейся рамой (рис. 2д).

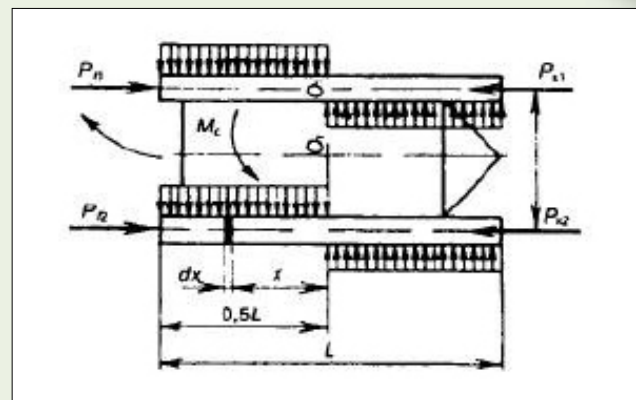


Рис. 5. Схема сил и моментов, действующих на трактор при повороте

Fig. 5. Scheme of forces and moments operating on the tractor at turn

Внедрение перегрузочных почвошадящих технологий уборки предусматривает разработку и производство универсального кузова-перегрузчика на РАГ для сбора урожая, доставки на край поля и перегрузки в автотранспортные средства. Более перспективна реализация перегрузочных технологий по системе ВИМЛИФТ. Чтобы адаптировать такие технологии к условиям Дальнего Востока, необходимы разработка и производство энерго модуля транспортно-технологического средства на РАГ с механизмом погрузки-разгрузки типа МПР-1 или МПР-2 и комплектом сменных кузовов грузоподъемностью 10-20 т. Внедрение перегрузочных технологий по системе ВИМЛИФТ позволит исключить при уборке сельскохозяйственных культур заезд на поле тяжелой колесной автомобильной и тракторной техники и, соответственно, деградацию почвы [13-14].

Повышение экономической эффективности зональной мобильной полевой энергетики связано с расширением сферы использования, занятости в течение года вычлняемого из состава самоходной сельскохозяйственной машины мобильного энерго модуля – самоходного шасси, включающего в себя дорогие двигатель, гидрообъемную и механическую трансмиссии, резиноармированные гусеницы, пост управления и контроля с кабиной. По нашим расчетам, повышение технико-экономической эффективности самоходных сельскохозяйственных машин нового поколения неизбежно связано с их блочно-модульным проектированием. Производство всех уборочно-транспортных машин должно осуществляться на блочно-модульной основе – в виде комплекса самоходных сельскохозяйственных машин на базе высвобождаемого, гибкого энерго модуля с комплектом сменных технологических адаптеров, обеспечивающих его загрузку в течение года [15-16].

Уборочно-транспортный технологический комплекс машин на базе универсального энергосред-

ства на РАГ блочно-модульной структуры состоит из самоходного шасси УЭС-150РГ, самоходной жатки валковой ЖВС-6РГ, самоходного кузова-перегрузчика СКП-6РГ, самоходного кузова-самосвала СКС-6РГ, универсального тягового энергосредства УТЭС-150РГ в агрегате с культиватором-разуплотнителем.

Необходимость послеуборочной сушки зерна зерновых колосовых культур и кукурузы напрямую связана с проблемой энергосбережения и снижения себестоимости производимой продукции. Для этого нужны конструкции активного вентилирования холодным воздухом или высокоэффективные системы горячей сушки с рекуперацией тепла [17].

Решение данной проблемы возможно и в другом направлении. Так, с появлением высокопроизводительных комбайнов на РАГ с высокоэффективной системой регулирования микроклимата в кабине и системой облегченного запуска двигателя при от-

рицательных температурах появляется возможность смещения агросроков уборки кукурузы на зерно на более поздние сроки, когда зерно естественным образом достигает кондиционной влажности, то есть в ноябре, при устойчивых отрицательных температурах и замерзшей почве.

Выводы

Таким образом, для выполнения уборочных работ на слабонесущих грунтах Дальневосточного региона необходимы перспективные ходовые системы, обеспечивающие проходимость, и, как следствие, своевременную уборку урожая. Приведены аналитические зависимости действия сил и их направления при повороте машин на съёмных гусеничных движителях. В настоящий момент можно смело утверждать, что съёмные гусеничные движители являются наиболее перспективным видом ходовых систем для сельскохозяйственных машин Дальневосточного региона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Липкань А.В., Самсонов Р.Е. Экспериментальная оценка воздействия на почву зерноуборочных комбайнов на резиноармированных гусеницах на уборке сои в Амурской области // Дальневосточный аграрный вестник. 2012. Вып. 2 (22). С. 17-21.
2. Липкань А.В., Самсонов Р.Е., Лазарев В.И., Кандела М.В. Сравнительная оценка воздействия на почву зерноуборочных комбайнов // Механизация и электрификация технологических процессов в сельскохозяйственном производстве: Сборник научных трудов. Вып. 20. Благовещенск: ДальГАУ, 2013. С. 183-198.
3. Пат. № 2285563 РФ. Измельчитель соломы / Мухин В.П., Присяжный М.М., Татаринов М.И., Хилько В.И. // Бюлл. 2006.
4. Измайлов А.Ю., Артюшин А.А., Евтюшенков Н.Е. Научное обеспечение транспортного адаптера // Техника в сельском хозяйстве. 2007. №6. С. 22-23.
5. Годжаев З.А., Евтюшенков Н.Е., Крюков М.Л. Транспортные средства на гусеничном ходу // Сельский механизатор. 2016. №4. С. 39-40.
6. Годжаев З.А., Евтюшенков Н.Е. Снижение воздействия ходовых систем на почву // Сельский механизатор. 2016. №8. С. 38-39.
7. Горин Г.С., Годжаев З.А., Головач В.М., Кузьмин В.А. Исследования поворачиваемости трактора для построения гибридной теории поворота // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. №5. С. 3-11.
8. Измайлов А.Ю., Годжаев З.А., Прядкин В.И. Влияние давления в высокоэластичной шине на тяговые свойства колеса // Автомобильная промышленность. 2015. №2. С. 9-12.
9. Ervin R.D., Mallikarjunarao C.A. A study of the yaw stability of tractor-semitrailer combination. Veh. Sys. Dyn., 1981, vol. 10, N-2-3. -pp. 102-105.
10. Яцун С.Ф., Чжо Пью Вей, Мальчиков А.В., Тарасова Е.С. Математическое моделирование мобильного гусеничного робота // Современные проблемы науки и образования. 2013. №6.
11. MacAdam C.C. A computer simulation study of the closed-loop stability and maneuverability of articulated coach/driver systems. Veh. Sys. Dyn., 1983, vol. 12, N:1/3. pp. 96-97.
12. Липкань А.В., Самсонов Р.Е., Панасюк А.Н. Результаты производственной проверки эффективности шасси полугусеничного типа на комбайнах и перспективы его использования на тракторах // Инновационные технологии и техника нового поколения – основа модернизации сельского хозяйства: Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции. Т. 2. М.: ВИМ, 2012. С. 67-71.
13. Fancher P.S. The static stability of articulated commercial vehicles. Veh. Sys. Dyn., 1985, vol. 14, N:4. pp. 201-227.
14. Годжаев З.А., Измайлов А.Ю., Евтюшенков Н.Е., Крюков М.Л. К вопросу создания экологически безопасных всесезонных автомобилей сельскохозяйственного назначения // Тракторы и сельхозмашины. 2016. №3. С. 48-52.
15. Патент № 2491176 РФ. Переходное устройство для установки дополнительных колес на управляемый мост транспортного средства / Липкань А.В., Мухин В.П., Гулевич Л.Н. // Бюлл. 2013.
16. Кандела М.В., Липкань А.В. Разработка транспортно-технологического средства на гусеничном ходу // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2014. №2. С. 15-19.
17. Козлов А.В. Технология двухэтапной сушки семенного зерна повышенной влажности в условиях Дальневосточного региона // Техника в сельском хозяйстве. 2014. №2. С.7-9.

REFERENCES

1. Lipkan' A.V., Samsonov R.E. Experimental assessment of impact on the soil by combine harvesters on rubber tracks on soya cleaning in the Amur region. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik*. 2012; 2 (22): 1721. (In Russian)
2. Lipkan' A.V., Samsonov R.E., Lazarev V.I., Kandelya M.V. Sravnitel'naya otsenka vozdeystviya na pochvu zernouborochnykh kombaynov [Comparative assessment of grain harvesters impact on the soil]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya tekhnologicheskikh protsessov v sel'skokhozyaystvennom proizvodstve: Sbornik nauchnykh trudov*. Vol. 20. Blagoveshchensk: Dal'GAU, 2013: 183-198. (In Russian)
3. Pat. № 2285563 RF. Izmel'chitel' solomy [Straw chopper]. Mukhin V.P., Prisyazhnyy M.M., Tatarinov M.I., Khil'ko V.I. Byull. 2006. (In Russian)
4. Izmaylov A.Yu., Artyushin A.A., Evtyushenkov N.E. Scientific support of the transport adapter. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve*. 2007; 6: 2223.5. (In Russian)
5. Godzhaev Z.A., Evtyushenkov N.E., Kryukov M.L. Caterpillar track vehicles. *Sel'skiy mekhanizator*. 2016; 4: 3940. (In Russian)
6. Godzhaev Z.A., Evtyushenkov N.E. Decrease in impact of undercarriages on the soil. *Sel'skiy mekhanizator*. 2016; 8: 3839. (In Russian)
7. Gorin G.S., Godzhaev Z.A., Golovach V.M., Kuz'min V.A. Researches of tractor turnability for construction of hybrid theory of turn. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2016; 5: 3-11. (In Russian)
8. Izmaylov A.Yu., Godzhaev Z.A., Pryadkin V.I. Influence of pressure in the highly elastic trunk on traction properties of the wheel. *Avtomobil'naya promyshlennost'*. 2015; 2: 912. (In Russian)
9. Ervin R.D., Mallikarjunarao C.A. A study of the yaw stability of tractorsemitrailer combination. *Veh. Sys. Dyn.*, 1981, vol. 10, N.23. pp. 102105. (In English)
10. Yatsun S.F., Chzho P'o Vey, Mal'chikov A.V., Tarasova E.S. Mathematical modeling of mobile tracked robot. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2013; 6. (In Russian)
11. MacAdam C.C. A computer simulation studi of the closedloop stability and maneuverability of articulated coach/driver systems. *Veh. Sys. Dyn.*, 1983, vol. 12, N:1/3. pp. 9697. (In English)
12. Lipkan' A.V., Samsonov R.E., Panasyuk A.N. Results of production check of efficiency of the semicaterpillar chassis on combines and the prospects of its use on tractors. *Innovatsionnye tekhnologii i tekhnika novogo pokoleniya – osnova modernizatsii sel'skogo khozyaystva: Sbornik nauchnykh dokladov Mezhdunarodnoy nauchnotekhnicheskoy konferentsii*. Vol. 2. Moscow: VIM, 2012: 6771. (In Russian)
13. Fancher P.S. The static stability of agriculated comercial vehicles. *Veh. Sys. Dyn.*, 1985, vol. 14, H:4. pp. 201227. (In English)
14. Godzhaev Z.A., Izmaylov A.Yu., Evtyushenkov N.E., Kryukov M.L. Revisiting the creation of environmentally safe allweather machines of agricultural purpose. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2016; 3: 4852. (In Russian)
15. Pat. № 2491176 RF. Perekhodnoe ustroystvo dlya ustanovki dopolnitel'nykh koles na upravlyаемyy most transportnogo sredstva [Transitional device for additional wheels mounting on vehicle steering axle]. Lipkan' A.V., Mukhin V.P., Gulevich L.N. Byull. 2013. (In Russian)
16. Kandelya M.V., Lipkan' A.V. Development of a transportation and technological vehicle on track. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2014; 2: 1519. (In Russian)
17. Kozlov A.V. TTechnology of twostage drying of high moisture seed grains in the Far East region conditions. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve*. 2014; 2: 79. (In Russian)

Критерии авторства. Все авторы несут ответственность за представленные в статье сведения и плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution. The authors are responsible for information and plagiarism avoiding.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.



ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАБОТЫ ДИСКОВОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА

Лобачевский Я.П.¹,

докт. техн. наук, член-корр. РАН;

Старовойтов С.И.^{2*},

канд. техн. наук;

Гринь А.М.²,

канд. экон. наук

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

²Брянский государственный аграрный университет, ул. Советская, 2а, с. Кокино, Выгоничский район, Брянская обл., 243365, Российская Федерация, *e-mail: starovoitov.si@mail.ru

Снижение энергоемкости – важное условие при обработке почвы и выборе рабочих органов, в частности дисковых, которые устанавливаются на плугах, дисковых боронах, дискаторах, луцильниках, комбинированных агрегатах. Предположили, что трансформация внешней режущей кромки сегмента вырезного диска в сторону его вогнутой поверхности снизит энергоемкость взаимодействия. Использовали навесную лабораторную установку, на которой можно монтировать стрельчатые и долотообразные лапы, плужные корпуса, дисковые рабочие органы. Предусмотрена возможность изменения угла атаки и глубины хода с помощью опорных колес. Сегменты трех вырезных дисков диаметром 560 мм в нагретом состоянии были подвергнуты пластическому деформированию. Внешнюю режущую кромку сегмента отгибали с помощью шаблона и контролировали измерительным инструментом. Условия проведения испытаний: фон – стерня зерновых, гранулометрический состав – суглинок, абсолютная влажность – 24,47 процента, твердость – 2,44 МПа. Установили, что горизонтальная составляющая тягового сопротивления вырезных дисков с трансформированной на 1, 2 и 3 градуса внешней режущей кромкой меньше аналогичного параметра стандартного рабочего органа на 24,86; 30,92 и 27,48 процента соответственно. При этом отмечается увеличение степени заделки растительных остатков на 2,63; 5,96 и 8,30 процента в абсолютном выражении. Коэффициент крошения поверхностного слоя увеличился на 2,27; 4,51 и 20,33 процента в абсолютном выражении. Величина гребнистости поверхности уменьшилась на 12,75; 33,33 и 41,44 процента соответственно.

Ключевые слова: обработка почвы, дискование, внешняя режущая кромка, снижение энергоемкости.

■ **Для цитирования:** Лобачевский Я.П., Старовойтов С.И., Гринь А.М. Энергетические и технологические аспекты работы дискового рабочего органа // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2017. №1. С. 18-22.

ENERGETIC AND TECHNOLOGICAL ASPECTS OF DISC WORKING TOOL OPERATION

Ya.P. Lobachevskiy¹,

Dr. Sci. (Eng.), corr. member of RAS;

S.I. Starovoytov^{2*},

Cand. Sci. (Eng.);

A.M. Grin²,

Cand. Sci. (Econ.)

¹Federal Research Agro-engineering Center VIM, 1st Institutskiy proezd, 5, Moscow, 109428, Russian Federation

²Bryansk State Agrarian University, Sovetskaya St., 2a, vil. Kokino, Vygonichi district, Bryansk region, 243365, Russian Federation, *e-mail: starovoitov.si@mail.ru

Power consumption decrease is an important factor at the soil tillage and for the choice of working tools, in particular disc ones which are mounted on plow, harrow, disc headers, and stubblers. The authors have assumed that transformation of the external blade edge of a segment of a cutout disc towards his concave surface will reduce power consumption of interaction. A laboratory setup was used for mounting V-shaped and chisel-tip tines, plow bodies, disc working tools. A lead angle and tillage depth can be changed due to basic wheels. Segments of three 560 mm cutout disks were plastic deformed. The external blade edge of a segment was unbent by means of a templet and controlled by the measuring tool.

Test conditions: a background is a cereal crops stubble, soil type is clay loam, absolute humidity equals 24.47 percent, hardness is 2.44 MPa. The horizontal component of traction resistance of cutout discs with the blade edge transformed by 1, 2 and 3 degrees external is less than similar parameter of standard working tool on 24.86; 30.92 and 27.48 percent respectively. At the same time degree of plant remains incorporation accrued by 2.63; 5.96 and 8.30 percent in absolute terms. The soil surface crumbling coefficient increased by 2.27; 4.51 and 20.33 percent in absolute terms. The size of a surface roughness decreased by 12.75; 33.33 and 41.44 percent respectively.

Keywords: Soil tillage; Soil discing; External blade edge; Decrease in power consumption.

For citation: Lobachevskiy Ya.P., Starovoytov S.I., Grin A.M. Energetic and technological aspects of disc working tool operation. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2017; 1: 18-22. DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-1-18-22. (In Russian)

Обработка почвы почворезущими рабочими органами – необходимая операция в производстве сельскохозяйственной продукции. К основным почворезущим рабочим органам относят лемехи плужных корпусов, стрельчатые плоскорезы и универсальные лапы, дисковые рабочие органы.

Дисковые рабочие органы нашли применение в дисковых плугах, боронах, дискаторах, лушильниках [1-4]. Крепление дисков может быть индивидуальным, на жесткой или подпружиненной стойке, или групповым. Группа может включать два или более дисков на одной оси. В последнем случае диски насажены на квадратную ось.

Диски подразделяются по форме, сплошности режущей кромки, виду и характеру выреза. Наибольшее распространение получили сферические диски с округлым вырезом, сегмент которого имеет переднюю (внешнюю) и заднюю режущие кромки [5-8].

Было высказано и теоретически доказано предположение о том, что трансформация внешней режущей кромки сегмента вырезного диска на 2° в сторону вогнутой поверхности снижает энергоемкость процесса [9-12].

Цель исследования – энергетическая и технологическая оценка взаимодействия сферического вырезного дискового рабочего органа и дисков с режущей кромкой, трансформированной в сторону вогнутой поверхности на угол 1° , 2° и 3° .

Материалы и методы. Подготовили 4 вырезных дисковых рабочих органа, диаметром 560 мм (рис. 1). Три диска в нагретом состоянии были подвергнуты пластическому деформированию. Нагрев осуществляли газовой горелкой. Внешнюю режущую кромку сегмента отгибали с помощью шаблона и контролировали измерительным инструментом.

Для определения горизонтальной составляющей тягового сопротивления использовали тензозвено и разработанную лабораторную установку (рис. 2) [13, 14]. На нее можно монтировать долотообразные и стрельчатые лапы, дисковые рабочие органы, плужный корпус. Здесь же предусмотрена



Рис. 1. Партия вырезных дисков

Fig. 1. Cutout discs

возможность изменения угла атаки и глубины обработки в ходе регулировки положения опорных колес с помощью винтового механизма.

Контролировали скорость движения лаборатор-

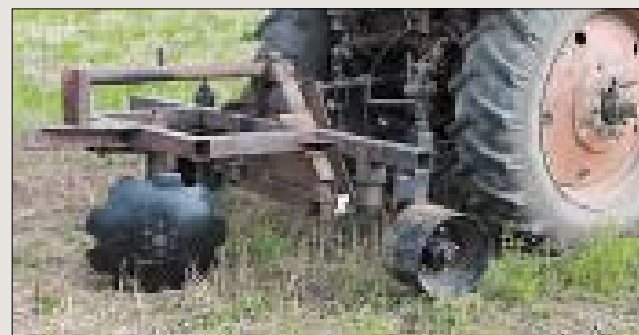


Рис. 2. Лабораторная установка и тензозвено

Fig. 2. Laboratory setup and strain unit

ной установки, твердость и абсолютную влажность суглинистой почвы, глубину хода рабочих органов при фиксированном угле атаки.

Фон – стерня зерновых, гранулометрический состав – суглинок, абсолютная влажность – 24,47%, твердость – 2,44 МПа. Состав агрегата: лаборатор-



Рис. 3. Полевые испытания вырезных дисков
Fig. 3. Field-control testing of the cutout discs

ная установка + МТЗ-82 (рис. 3). Угол атаки – 22°.

Результаты и обсуждение. Результаты анализа кривых горизонтальной составляющей тягового сопротивления вырезных дисков представлены в таблице.

Горизонтальная составляющая тягового сопро-

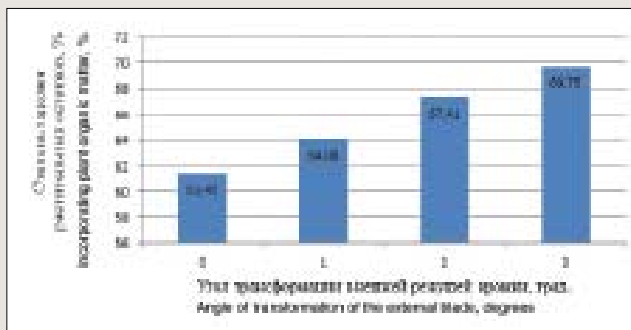


Рис. 4. Степень заделки растительных остатков вырезными дисками

Fig. 4. Plant organic matter incorporating by cutout discs

ции режущей кромки сегмента вырезного диска представлена на рисунке 6.

Увеличение угла трансформации внешней кромки сегмента вырезного диска на 1°, 2° и 3° повысило содержание частиц длиной менее 50 мм на 2,27;

Table		Таблица		
ЗАВИСИМОСТЬ ТЯГОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ И ГЛУБИНЫ ХОДА ОТ УГЛА ТРАНСФОРМАЦИИ ВНЕШНЕЙ РЕЖУЩЕЙ КРОМКИ DEPENDENCE OF TRACTION RESISTANCE AND WORKING DEPTH ON THE ANGLE OF TRANSFORMATION OF THE EXTERNAL BLADE				
Параметры Parameters	Диск вырезной стандартный Cutout ordinary disc	Углы трансформации внешней режущей кромки вырезных дисков, град. Cutout disc with angle of transformation of the external blade, degrees		
		1	2	3
Горизонтальная составляющая тягового сопротивления, H Horizontal component of traction resistance, N	262	197	181	190
Глубина хода, см Working depth, sm	7,25	8,40	8,55	8,75

тивления вырезного диска с углом трансформации внешней режущей кромки 1°, 2° и 3° меньше исследуемого параметра стандартного вырезного диска на 24,81; 30,92 и 27,48% соответственно, а глубина хода – больше на 15,8; 17,9 и 20,8% соответственно.

Зависимость степени заделки растительных остатков от угла трансформации режущей кромки сегмента вырезного диска представлена на рисунке 4.

Увеличение угла трансформации режущей кромки на 1°, 2° и 3° повышает степень заделки растительных остатков на 2,63; 5,96 и 8,30% в абсолютном выражении соответственно.

Зависимость гребнистости поверхности почвы от угла трансформации режущей кромки сегмента вырезного диска представлена на рисунке 5.

Увеличение угла трансформации внешней кромки сегмента на 1°, 2° и 3° снижает гребнистость на 12,75; 33,33 и 41,44% в абсолютном выражении соответственно.

Зависимость содержания в обрабатываемой почве частиц длиной менее 50 мм от угла трансформа-

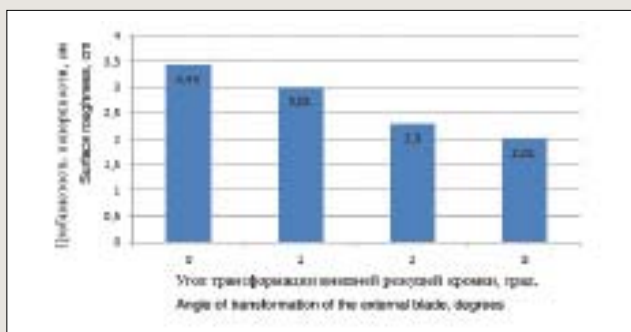


Рис. 5. Гребнистость поверхности при работе вырезных дисков

Fig. 5. Surface roughness at cutout discs operation

4,51 и 20,33% в абсолютном выражении, что свидетельствует о лучшем крошении почвы.

Выводы

1. Горизонтальная составляющая тягового сопротивления вырезных дисков с внешней режущей кромкой, трансформированной на 1°, 2° и 3°, меньше, соответственно, на 24,86; 30,92 и 27,48% анало-

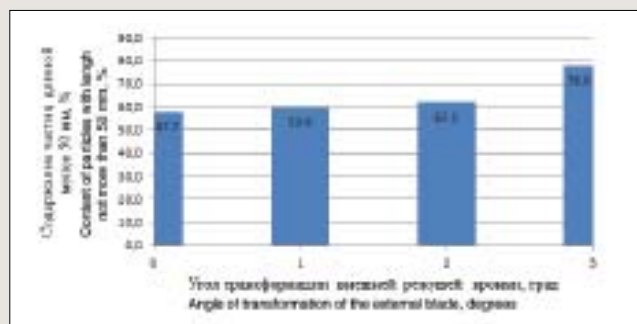


Рис. 6. Степень крошения почвы при работе вырезных дисков
Fig. 6. Soil crumbling coefficient at cutout discs operation

гичного параметра стандартного рабочего органа.

2. При работе вырезных дисков с внешней режущей кромкой, трансформированной на 1°, 2° и 3°, отмечены увеличение степени заделки растительных остатков на 2,63; 5,96 и 8,30% в абсолютном выражении; улучшение степени крошения поверхностного слоя на 2,27; 4,51 и 20,33%; снижение гребнистости поверхности на 12,75; 33,33 и 41,44% соответственно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лобачевский Я.П., Эльшейх А.Х. Обоснование расстановки дисковых рабочих органов в комбинированных почвообрабатывающих агрегатах // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2009. N4. С. 22-25.
2. Лобачевский Я.П. Новые почвообрабатывающие технологии и технические средства // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2000. N8. С. 30-32.
3. Лобачевский Я.П. Современные почвообрабатывающие технологии. М.: МГАУ, 1999. 39 с.
4. Мазитов Н.К., Лобачевский Я.П., Сахапов Р.Л., Галютдинов Н.Х., Шарафиев Л.З. Влаго- и энергосберегающая технология обработки почвы и посева в остро-засушливых условиях // Техника и оборудование для села. 2013. N3 (189). С. 2-6.
5. Лобачевский Я.П., Старовойтов С.И., Чемисов Н.Н. Энергетическая и технологическая оценка почвообрабатывающего рабочего органа // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2015. N5. С. 10-13.
6. Лобачевский Я.П., Эльшейх А.Х. Обоснование геометрических параметров сферического диска с повернутой и наклоненной осью вращения в комбинированных агрегатах для обработки орошаемых почв Республики Судан // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2009. N4. С. 20-25.
7. Измайлов А.Ю., Сидоров С.А., Лобачевский Я.П., Хорошенков В.К., Кузнецов П.А., Юрков М.А., Голосиненко С.А. Научные принципы повышения износостойких рабочих органов почвообрабатывающей техники // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2012. N3. С. 5-7.

8. Spokas K.A., Forcella F., Archer D.W., Reicosky D.C. SeedChaser: Vertical Soil Tillage Distribution Model. Computers and Electronics in Agriculture. 2007; 57: 62-73.
9. Shmulevich I., Asaf Z., Rubinstein D. Interaction between soil and a wide cutting blade using the discrete element method. Soil & Tillage Research. 2007; 97: 37-50.
10. Ibrahmi A., Bentaher H., Hbaieb M., Maalej A., Mouazen A.M. Study the effect of tool geometry and operational conditions on mouldboard plough forces and energy requirement. Computers and Electronics in Agriculture. 2015; 117: 258-267.
11. Лобачевский Я.П., Эльшейх А.Х. Теоретическое обоснование оптимального расстояния между рыхлительными лапами и дисками орудия с комбинированными рабочими органами // Вестник МГАУ. 2008. N4. С. 36-39.
12. Пат. на полезную модель N164907. Диск вырезной / Старовойтов С.И. // Бюл. 2016. N26.
13. Пат. на полезную модель N146642 МПК A01B 67/00. Устройство для определения горизонтальной составляющей навесного плуга / Старовойтова Н.П., Чемисов Н.Н., Лавров В.И. // Бюл. N29. 2014.
14. Старовойтов С.И., Блохин В.Н., Чемисов Н.Н., Дунин М.Е. Особенности конструкций для динамометрирования навесных плугов // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: Сборник научных трудов XXV Международной научно-практической конференции. Брянск. 2013. Т 1. С. 158-162.

REFERENCES

1. Lobachevskiy Ya.P., El'sheykh A.Kh. Justification of placement of disk working toolss in the combined soil-cultivating units. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2009; 4: 22-25. (In Russian)
2. Lobachevskiy Ya.P. New soil-cultivating technologies and technical means. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva*. 2000; 8: 30-32. (In Russian)
3. Lobachevskiy Ya.P. *Sovremennnye pochvoobrabatyvayushchie tekhnologii* [Modern soil-cultivating technologies]. Moscow: MGAU, 1999: 39. (In Russian)
4. Mazitov N.K., Lobachevskiy Ya.P., Sakhapov R.L., Galyautdinov N.Kh. Sharafiev L.Z. Moisture and Energy-Saving Technology of Soil Cultivation and Sowing in Strongly Arid Conditions. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2013;

3(189): 2-6. (In Russian)

5. Lobachevskiy Ya.P., Starovoytov S.I., Chemisov N.N. Power and technological evaluation of soil cultivating working tool. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2015; 5: 10-13. (In Russian)

6. Lobachevskiy Ya.P., El'sheykh A.Kh. Justification of placement of disk working tools in combined soil-cultivating units. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2009; 4: 20-25. (In Russian)

7. Izmaylov A.Yu., Sidorov S.A., Lobachevskiy Ya.P., Khoroshenkov V.K., Kuznetsov P.A., Yurkov M.A., Golosienko S.A. Scientific principles of increase of wear resistance of working tools of soil-cultivating machinery. *Vestnik Rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki*. 2012; 3: 5-7. (In Russian)

8. Spokas K.A., Forcella F., Archer D.W., Reicosky D.C. SeedChaser: Vertical Soil Tillage Distribution Model. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2007; 57: 62-73. (In English)

9. Shmulevich I., Asaf Z., Rubinstein D. Interaction between soil and a wide cutting blade using the discrete element method. *Soil & Tillage Research*. 2007; 97: 37-50. (In English)

10. Ibrahmi A., Bentaher H., Hbaieb M., Maalej A., Mouazen A.M. Study the effect of tool geometry and operational conditions on mouldboard plough forces and energy requirement. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2015; 117: 258-267. (In English)

11. Lobachevskiy Ya.P., El'sheykh A.Kh. Theoretical justification of optimum space between shanks and disks on implement with combined working tools. *Vestnik MGAU*. 2008; 4: 36-39. (In Russian)

12. Pat. na poleznuyu model' N164907. Диск вырпзной [Cutout disc]. Starovoytov S.I. Byul. 2016. N26. (In Russian)

13. Pat. na poleznuyu model' N146642 MPK A01V 67/00. Ustroystvo dlya opredeleniya gorizonta'noy sostavlyayushchey navesnogo pluga [Device for definition of horizontal component of mounted plough]. Starovoytova N.P., Chemisov N.N., Lavrov V.I. Byul. N29. 2014. (In Russian)

14. Starovoytov S.I., Blokhin V.N., Chemisov N.N., Design features for dynamometer test of mounted ploughs. *Konstruirovaniye, ispol'zovaniye i nadezhnost' mashin sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya*: Sbornik nauchnykh trudov XXV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Bryansk. 2013. Vol. 1: 158-162. (In Russian)

Критерии авторства. Все авторы несут ответственность за представленные в статье сведения и плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution. The authors are responsible for information and plagiarism avoiding.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

объявляет набор

в аспирантуру на бюджетные и платные места

на 2016-2017 учебный год

Лицензия №1376 от 10.04.2016

Государственная аккредитация

(приказ Рособрнадзора № 63 от 21 января 2016года)

По направлению подготовки 35.06.04

Технология, средства механизации и энергетическое оборудование
в сельском, лесном и рыбном хозяйстве.

Профиль: машины, агрегаты и процессы (по отраслям).

Профиль: технологии и средства механизации сельского хозяйства.

Адрес института: 109428, Москва, 1-й Институтский проезд, 5.

Телефон для справок: 8 (495) 709-33-68.

УДК 631.432.4

DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-1-23-28

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДНОГО БАЛАНСА ПОЧВЫ И ПРОЦЕССА ИСПАРЕНИЯ ПОЧВЕННОЙ ВЛАГИ

Савельев Ю.А.¹,
докт. техн. наук;

Добрынин Ю.М.²,
канд. техн. наук;

Ишкин П.А.^{2*},
канд. техн. наук

¹Самарская государственная сельскохозяйственная академия, ул. Учебная, 2, п. Усть-Кинельский, г. Кинель, Самарская область, 446442, Российская Федерация

²Поволжская государственная зональная машиноиспытательная станция, ул. Шоссейная, 82, г. Кинель, п. Усть-Кинельский, Самарская область, 446442, Российская Федерация, *e-mail: ishkin_pa@mail.ru

В засушливых регионах Российской Федерации, на долю которых приходится почти половина всего производимого в стране зерна, эффективность растениеводства во многом зависит от количества доступной для растений влаги. Однако дефицит почвенной влаги обусловлен не только недостатком атмосферных осадков, но и неэффективным их сбережением: потери достигают 70 процентов. В связи с этим важно выявить факторы, влияющие на интенсивность испарения почвенной влаги, и разработать способы снижения непродуктивных потерь влаги на испарение. По результатам теоретического исследования водного баланса почвы определены функциональные зависимости потери влаги на испарение. Установили зависимость интенсивности испарения влаги от физико-механических характеристик почвы, состояния ее поверхности и метеорологических условий. Наместили пути снижения потерь влаги на испарение. Во-первых, надо улучшить качество крошения почвы, чтобы уменьшить испаряющую поверхность почвы. Во-вторых, создать защитный мульчирующий слой, который позволит увеличить альбедо почвы и снизить ее температуру, что вкуче сократит непроизводительные потери влаги на испарение и повысит ее приток при конденсации из паров воздуха. Рассмотрены наиболее распространенные виды обработки почвы: дискование и мелкая плоскорезная обработка с мульчированием поверхности. В качестве контрольного фона выбран агрофон «без обработки». Установлено, что в сбережении почвенной влаги существенное преимущество имеет безотвальная мульчирующая обработка. Так, общие запасы почвенной влаги в варианте после дискования и в контроле (без обработки) уменьшились, соответственно, на 24,9 и 19,8 мм, в то время как в варианте с мульчирующей обработкой этот показатель снизился всего на 15,6 мм. Мульчирующий слой обладает более низкой теплопроводностью, что обеспечивает снижение непродуктивных потерь влаги на испарение.

Ключевые слова: почвообработка, накопление влаги в почве, мульчирование, испарение, теплопоглощительная способность.

■ **Для цитирования:** Савельев Ю.А., Добрынин Ю.М., Ишкин П.А. Теоретическое исследование водного баланса почвы и процесса испарения почвенной влаги // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2017. N. С. 23-28.

THEORETICAL STUDY OF SOIL WATER BALANCE AND PROCESS OF SOIL MOISTURE EVAPORATION

Yu.A. Savel'ev¹,
Dr. Sci. (Eng.);

Yu.M. Dobrynin²,
Cand. Sci. (Eng.);

P.A. Ishkin^{2*},
Cand. Sci. (Eng.)

¹Samara State Agrarian Academy, Uchebnaya St., 2, set. Ust'-Kinel'skiy, Kinel, Samara region, 446442, Russian Federation

²Volga State Machinery Testing Station, Shosseynaya St., 82, set. Ust'-Kinel'skiy, Kinel, Samara region, 446442, Russian Federation, *e-mail: ishkin_pa@mail.ru

Nearly a half of all grain production in the Russian Federation is grown in dry regions. But crop production efficiency there depends on amount of moisture, available to plants. However deficit of soil moisture is caused not only by a lack of an atmospheric precipitation, but also inefficient water saving: losses reach 70 percent. With respect thereto it is important to reveal the factors influencing intensity of soil moisture evaporation and to develop methods of decrease in unproductive moisture losses due to evaporation. The authors researched soil water balance theoretically

and determined the functional dependences of moisture loss on evaporation. Intensity of moisture evaporation depends on physicommechanical characteristics of the soil, a consistence of its surface and weather conditions. To decrease losses of moisture for evaporation it is necessary, first, to improve quality of crumbling of the soil and therefore to reduce the evaporating surface of the soil. Secondly – to create the protective mulching layer which will allow to enhance albedo of the soil and to reduce its temperature that together will reduce unproductive evaporative water losses and will increase its inflow in case of condensation from air vapors. The most widespread types of soil cultivation are considered: disk plowing and stubble mulch plowing. Agricultural background «no tillage» was chosen as a control. Subsoil mulching tillage has an essential advantage in a storage of soil moisture. So, storage of soil moisture after a disking and in control (without tillage) decreased respectively by 24.9 and 19.8 mm while at the mulching tillage this indicator revised down by only 15.6 mm. The mulching layer has lower heat conductivity that provides decrease in unproductive evaporative water losses.

Keywords: Soil cultivation; Soil moisture conservation; Mulching; Evaporation; Heat absorption capacity.

■ For citation: Savel'ev Yu.A., Dobrynin Yu.M., Ishkin P.A. Theoretical study of soil water balance and process of soil moisture evaporation. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2017; 1: 23-28. DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-1-23-28. (In Russian)

В Российской Федерации около 30% посевных площадей приходится на засушливые степные регионы, где выращивают почти половину всего производимого в стране зерна, а также 40% подсолнечника и 80% проса. В почвенно-климатических условиях этих регионов эффективность растениеводства во многом зависит от количества доступной для растений влаги [1].

Однако дефицит почвенной влаги обусловлен не только недостатком атмосферных осадков, но и неэффективным их сбережением. Установлено, что потери влаги на непродуктивное испарение достигают 40-70% от общего количества выпадающих осадков [2-4].

Цель исследования – выявление факторов, влияющих на интенсивность испарения почвенной влаги, и обоснование способа снижения непродуктивных потерь влаги на испарение.

Материалы и методы. Почвенная влага представляет собой подвижную почвенную фазу, движущуюся или задерживающуюся под действием сорбционных, осмотических, менисковых и гравитационных сил [5, 6].

Ее количество определяется водным балансом, учитывающим начальные, конечные запасы влаги в почве и все статьи прихода и расхода ее за определенный период. Уравнение водного баланса можно представить формулой:

$$B_0 + O_c + B_{\Gamma} + B_K + B_{\Pi P} + B_B = E_{\text{исп}} + E_T + B_{\text{и}} + B_{\Pi} + B_C + B_1,$$

где B_0 – начальный запас влаги в почве, мм;

O_c – сумма осадков за наблюдаемый период, мм;

B_{Γ} – приток влаги, поступающей из грунтовых вод, мм;

B_K – приток влаги, конденсирующейся из паров воздуха, мм;

$B_{\Pi P}$ – поверхностный приток влаги, мм;

B_B – боковой приток влаги от почвенных и грунтовых вод, мм;

$E_{\text{исп}}$ – количество влаги, испарившейся за наблюдаемый период, мм;

E_T – количество влаги, расходуемой на транспирацию (десукция), мм;

$B_{\text{и}}$ – инфильтрация влаги в почвенно-грунтовую толщу, мм;

B_{Π} – отток влаги в результате поверхностного стока, мм;

B_C – отток влаги при боковом внутрипочвенном стоке, мм;

B_1 – запас влаги в конце наблюдений, мм.

Для равнинной местности $B_B = B_C = 0$. Для склоновой местности B_B и $B_C \neq 0$, но чаще всего $B_B = B_C$, поэтому в уравнении баланса их можно не учитывать как взаимно уравновешивающиеся величины. С учетом этого из уравнения баланса запас влаги в конце наблюдений можно представить следующей формулой:

$$B_1 = B_0 + (O_c + B_{\Gamma} + B_K + B_{\Pi P}) - (E_{\text{исп}} + E_T + B_{\text{и}} + B_{\Pi}). \quad (2)$$

В условиях богарного земледелия к природным неуправляемым факторам можно отнести: количество осадков, приток влаги, поступающей из грунтовых вод, и инфильтрацию влаги в почвенно-грунтовую толщу.

В осенний период в зоне Среднего Поволжья количество выпадающих осадков не превышает водопоглотительной способности почвы [7], поэтому поверхностный сток в большинстве случаев не наблюдается, следовательно, поверхностный сток B_{Π} и поверхностный приток воды $B_{\Pi P}$ в расчетах можно не учитывать.

Таким образом, к управляемым факторам водного баланса почвы можно отнести приток влаги, конденсирующейся из паров воздуха, количество влаги, испарившейся за наблюдаемый пери-

од, и количество влаги, расходуемой на транспирацию (испарение влаги растениями). Транспирация служит биологической характеристикой возделываемой культуры, и ее величина зависит от потенциального урожая.

Осенью в процессе суточных колебаний температуры воздуха между почвой и воздухом происходит постоянный обмен влагой. Преимущественно в дневное время, когда воздух и верхний слой почвы нагреваются лучами солнца, протекает процесс испарения влаги из почвы. В ночное время, когда воздух и верхний слой почвы остывают, происходит перенасыщение воздуха паром (повышается концентрация влаги) и на почве конденсируется избыточная влага воздуха.

Потери влаги из почвы в данном колебательном процессе можно описать уравнением баланса:

$$W_{\text{сн}} = W_{\text{су}} - W_{\text{сн}}, \quad (3)$$

где $W_{\text{сн}}$ – среднесуточные потери влаги, мм;

$W_{\text{су}}$ – среднесуточное испарение влаги, мм;

$W_{\text{сн}}$ – среднесуточное накопление влаги, мм.

Как видим, для снижения потери влаги из почвы необходимо создать условия, позволяющие сократить потери влаги на испарение и повысить приток влаги от ее конденсации.

Испарение – это процесс, при котором поверхность вещества покидают молекулы, если их кинетическая энергия превышает потенциальную энергию взаимодействия между ними [8].

Процесс испарения сопровождается охлаждением испаряющегося вещества в соответствии с известным физическим законом парообразования:

$$Q_u = L_u \cdot m_u, \quad (4)$$

где Q_u – количество энергии, затрачиваемое на испарение влаги, Дж;

m_u – масса испаряемой влаги, кг;

L_u – удельная теплота парообразования воды ($\text{const} = 2,26 \times 10^6$ Дж/кг).

Количество испарившейся влаги с поверхности поля в единицу времени можно представить зависимостью:

$$m_u = S_n \cdot W_u \cdot p_b \cdot 10^{-3}, \quad (5)$$

где S_n – площадь поля, м²;

W_u – интенсивность испарения влаги, мм/ч;

p_b – плотность воды ($\text{const} = 10^3$ кг/м³).

Выражая из зависимости (5) интенсивность испарения влаги W_u с учетом уравнения (4), получим:

$$W_u = \frac{Q_u}{t \cdot L_u \cdot S_n \cdot p_b} \cdot 10^3, \quad (6)$$

где t – время, ч.

Учитывая, что в состав знаменателя зависимости (6) входят постоянные величины, можно сде-

лать вывод: интенсивность испарения влаги прямо пропорциональна количеству энергии, затраченной поверхностью поля на испарение.

При отсутствии источника энергии извне (без солнечной энергии) процесс испарения идет за счет снижения внутренней тепловой энергии почвы:

$$Q_u = \Delta U_n = C_{\text{в.п}} \cdot m_n \cdot \Delta T_n, \quad (7)$$

где ΔU_n – изменение внутренней тепловой энергии почвы, Дж;

$C_{\text{в.п}}$ – удельная теплоемкость влажной почвы, Дж/(кг·К);

m_n – масса рассматриваемого объема почвы, кг;

ΔT_n – изменение температуры почвы, К.

Удельная теплоемкость влажной почвы зависит от ее влажности, поэтому ее можно представить выражением:

$$C_{\text{в.п}} = \frac{C_{\text{с.п}} + w \cdot C_{\text{в}}}{1 + w}, \quad (8)$$

где $C_{\text{с.п}}$ – удельная теплоемкость сухой почвы, $\text{const} \approx 2,1 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К);

$C_{\text{в}}$ – удельная теплоемкость воды, $\text{const} \approx 4,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К);

w – абсолютная влажность почвы.

В испарении влаги участвует верхний покрывающий слой почвы, толщину которого можно условно принять равной среднему диаметру почвенных агрегатов, образующих дневную поверхность почвы. Таким образом, можно записать:

$$m_n = S_n \cdot d_n \cdot p_n, \quad (9)$$

где d_n – средний диаметр почвенных агрегатов, м;

p_n – плотность почвы, кг/м³.

Из зависимостей (6) и (7) с учетом (8) и (9) выразим изменение температуры почвы ΔT_n , К:

$$\Delta T_n = \frac{W_u \cdot t \cdot L_u \cdot p_b \cdot 10^3 \cdot (1 + w)}{d_n \cdot p_n \cdot (C_{\text{с.п}} + w \cdot C_{\text{в}}) \cdot 3600}. \quad (10)$$

Таким образом, в процессе испарения влаги поверхность почвы охлаждается, причем изменение температуры поверхности почвы ΔT_n прямо пропорционально интенсивности испарения влаги W_u .

Отсюда найдем интенсивность испарения влаги W_u из почвы без учета климатических условий, мм/ч:

$$W_u = \frac{\Delta T_n \cdot d_n \cdot p_n \cdot (C_{\text{с.п}} + w \cdot C_{\text{в}}) \cdot 10^3}{t \cdot L_u \cdot p_b \cdot (1 + w)}. \quad (11)$$

Охлаждение поверхности почвы компенсируется нагреванием в ходе притока солнечной энергии, часть которой поглощается почвой, увеличивая ее внутреннюю энергию. Другая ее часть отражается и излучается в пространство, а также теряется в результате турбулентного теплообмена с приземными слоями воздуха [9-12].

Из закона сохранения энергии зависимость (7) можно представить в виде уравнения теплового баланса мульчирующего слоя почвы:

$$\Delta U_{\text{мп}} + U_{\text{тп}} = U_{\text{сол}} - Q_{\text{и}} - U_{\text{отр}} - U_{\text{возд}}, \quad (12)$$

где $U_{\text{мп}}$ – изменение тепловой энергии верхнего мульчирующего слоя почвы, Дж;

$U_{\text{тп}}$ – теплопередача энергии в глубь почвы, Дж;

$U_{\text{сол}}$ – количество поступающей энергии в виде солнечной радиации, Дж;

$U_{\text{отр}}$ – количество отраженной энергии в виде солнечной радиации, Дж;

$U_{\text{возд}}$ – количество энергии, расходуемое на турбулентный теплообмен с приземным воздухом, Дж.

Учитывая исследования ученых, каждую составляющую теплового баланса почвы можно представить следующими зависимостями:

$$U_{\text{тп}} = k \cdot \Delta T', \quad (13)$$

где k – коэффициент теплопередачи (теплообмена) верхнего мульчирующего слоя почвы с нижерасположенным слоем, Дж/К;

$\Delta T'$ – разность температур верхнего мульчирующего слоя почвы с нижерасположенным слоем, К.

$$U_{\text{сол}} = \frac{E_{\text{осв}}}{K_{\text{т}}}, \quad (14)$$

где $E_{\text{осв}}$ – освещенность поверхности почвы солнечной радиацией, лк;

$K_{\text{т}}$ – переводной множитель при переходе от энергетических к световым величинам, лк/Дж.

$$U_{\text{отр}} = A_{\text{п}} \cdot U_{\text{сол}} \cdot S_{\text{п}} \cdot t, \quad (15)$$

где $A_{\text{п}}$ – альbedo почвы (доля отражаемой энергии).

$$U_{\text{возд}} = k_{\text{возд}} \cdot \Delta T_{\text{в-п}} \cdot S_{\text{п}} \cdot t, \quad (16)$$

где $k_{\text{возд}}$ – коэффициент турбулентной теплопроводности, Дж/К;

$\Delta T_{\text{в-п}}$ – разница температур верхнего слоя почвы и приземного слоя воздуха, К.

Результаты и обсуждение. Таким образом, уравнение теплового баланса (12) можно переписать в виде следующей зависимости:

$$Q_{\text{и}} = \left[(1 - A_{\text{п}}) \cdot \frac{E_{\text{осв}}}{K_{\text{т}}} - k \cdot \Delta T' - k_{\text{возд}} \cdot \Delta T_{\text{в-п}} - \frac{C_{\text{с.п}} + w \cdot C_{\text{в}}}{1 + w} \cdot d_{\text{п}} \cdot p_{\text{п}} \cdot \Delta T_{\text{п}} \right] \cdot S_{\text{п}} \cdot t \quad (17)$$

Подставив уравнение (17) в формулу (6), получим зависимость, моделирующую интенсивность испарения влаги в зависимости от физико-механических характеристик почвы и климатических условий, мм/ч:

$$W_{\text{и}} = 3,6 \cdot 10^6 \left[\frac{(1 - A_{\text{п}}) \cdot \frac{E_{\text{осв}}}{K_{\text{т}}} - k \cdot \Delta T' - k_{\text{возд}} \cdot \Delta T_{\text{в-п}}}{L_{\text{в}} \cdot p_{\text{в}}} - \frac{C_{\text{с.п}} + w \cdot C_{\text{в}} \cdot d_{\text{п}} \cdot p_{\text{п}} \cdot \Delta T_{\text{п}}}{L_{\text{в}} \cdot p_{\text{в}} \cdot (1 + w)} \right] \quad (18)$$

Анализ данного уравнения позволяет наметить пути снижения потерь влаги на испарение. Во-первых, следует повысить качество крошения почвы, чтобы уменьшить испаряющую поверхность почвы. Во-вторых, создать защитный мульчирующий слой, который позволит увеличить альbedo почвы и снизить ее температуру, что вкуче сократит непроизводительные потери влаги на испарение и повысит приток влаги, конденсирующейся из паров воздуха.

Для решения задачи повышения влагосбережения почвой при осенней мелкой мульчирующей обработке были проведены соответствующие исследования эффективности ее влияния на сбережение запасов влаги.

Исследования проводили в полевых условиях весной во время наибольшей интенсивности процесса непродуктивного испарения. Изучали почву – чернозем обыкновенный среднесуглинистый со слабовыраженным микрорельефом.

В исследовании рассмотрены наиболее распространенные виды мелкой обработки почвы – дискование и мелкая плоскорезная обработка с мульчированием поверхности. В качестве контрольного выбран агрофон без обработки. Дискование проведено дисковым мульчировщиком ДМ-5,2 на глубину 0,12 м, мелкая плоскорезная обработка с мульчированием поверхности – культиватором-плоскорезом игольчато-роторным КПИР-3,6 на глубину 0,16 м (рисунк).

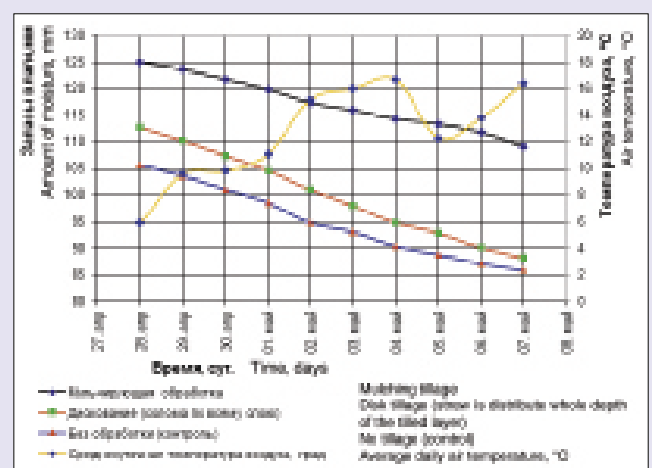


Рис. Изменение общих запасов влаги в пахотном слое в зависимости от видов обработки и среднесуточной температуры воздуха

Fig. Dependence of total soil water storage in a surface soil on types of cultivation and average daily air temperature

Выводы. Анализ результатов исследований подтвердил существенное преимущество безотвальной мульчирующей обработки почвы в сбережении почвенной влаги. За 9-дневный период наблюдений общие запасы почвенной влаги в варианте с мульчирующей обработкой уменьшились на 15,6 мм, а после дискования и в контроле (без обработки) этот показатель снизился, соответственно, на 24,5 и 19,8 мм. Среднесуточная температура приземного воздуха колебалась в пределах 5,9-18,5°C.

Преимущество по общим запасам влаги почвы,

имеющей агрофон с мелкой плоскорезной мульчирующей обработкой, можно объяснить наличием мульчирующего поверхностного слоя, обладающего более низкой теплопроводностью, обеспечивающего снижение непродуктивных потерь влаги на испарение. Поэтому осенняя мелкая обработка почвы представляет собой перспективный агроприем, эффективность которого зависит от качества создания верхнего мульчирующего слоя почвы, обладающего необходимыми теплоизоляционными и влагоудерживающими свойствами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лобачевский Я.П. Новые почвообрабатывающие технологии технические средства // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2000. №8. 30-32.
2. Лачуга Ю.Ф., Савченко И.В., Чекмарев П.А., Шогенов Ю.Х., Кирсанов В.В., Шумов Ю.А., Голубев Д.А., Измайлов А.Ю., Мазитов Н.К., Кряжков В.М., Лобачевский Я.П., Елизаров В.П., Смирнов И.Г., Шайхов М.К., Жук А.Ф., Марченко О.С., Сорокин Н.Т., Белых С.А., Рычков В.А., Солдатова Т.Г. и др. Влагоаккумулирующие технологии, техника для обработки почв и использование минеральных удобрений в экстремальных условиях. Рязань, 2014. 246 с.
3. Мазитов Н.К., Лобачевский Я.П., Сахапов Р.Л., Галаяутдинов Н.Х., Шарафиев Л.З. Влаго- и энергосберегающая технология обработки почвы и посева в остро-засушливых условиях // Техника и оборудование для села. 2013. №3(189). С. 2-6.
4. Лачуга Ю.Ф., Мазитов Н.К., Бледных В.В., Кряжков В.М., Краснощеков Н.В., Черноиванов В.И., Кормановский Л.П., Попов В.Д., Липкович Э.И., Сысеев В.А., Ковалев Н.Г., Измайлов А.Ю., Федоренко В.Ф., Сахапов Р.Л., Рахимов Р.С., Хлызов Н.Т., Боровицкий М.В., Хаецкий Г.В., Алфеев В.Р., Стоян С.В. и др. Почвообрабатывающий и посевной комплекс для энерго-ресурсо-

сберегающего производства продукции растениеводства. М.: 2008. 104 с.

5. Ковриго В.П., Кауричев И.С., Бурлакова Л.М. Почвоведение с основами геологии. М.: Колос, 2000. 416 с.

6. Кауричев И.С. Почвоведение. М.: Колос, 1982. 496 с.

7. Буров Д.И. Научные основы обработки почв За-волжья. Куйбышев, 1970. 294 с.

8. Хазен М.М., Матвеев Г.Х., Грицевский М.Е. Теплотехника. М.: Высшая школа, 1981. 488 с.

9. Нерпин С.В., Чудновский А.Ф. Физика почвы. М: Наука, 1967. 584 с.

10. Denisov Yu.M., Sergeev A.I., Bezbrodov G.A., Bezborodov Yu.G. Moisture evaporation from bare soils. Irrigation and Drainage Systems. Netherlands. 2002; 16: 175-182. DOI: 10.1023/A:1021247218535.

11. Denisov Yu.M., Bezborodov G.A., Sergeyev A.I., Bezborodov Yu.G. A mathematical model of water movement through porous media. Modelling Soil Erosion, Sediment, Transport and Closely Related Hydrological Processes (Proceedings of a symposium held at Vienna). 1998: 151-156.

12. Kalma J.D.; McVicar T.R.; McCabe M.F. Estimating land surface evaporation: A review of methods using remotely sensed surface temperature data. Surveys in Geophysics. 2008. 29: 421-469. DOI: 10.1007/s10712-008-9037-z.

REFERENCES

1. Lobachevskiy Ya.P. New soil-cultivating technologies and technical means. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva*. 2000; 8: 30-32. (In Russian).
2. Lachuga Yu.F., Savchenko I.V., Chekmarev P.A., Shogenov Yu.Kh., Kirsanov V.V., Shumov Yu.A., Golubev D.A., Izmaylov A.Yu., Mazitov N.K., Kryazhkov V.M., Lobachevskiy Ya.P., Elizarov V.P., Smirnov I.G., Shaykhov M.K., Zhuk A.F., Marchenko O.S., Sorokin N.T., Belykh S.A., Rychkov V.A., Soldatova T.G. et al. Vлагоаккумулятивные технологии, техника для обработки почв и использование минеральных удобрений в экстремальных условиях [Moisture-retentive technologies, machinery for soil cultivation and mineral fertilization in extreme conditions]. Ryazan', 2014: 246. (In Russian)

3. Mazitov N.K., Lobachevskiy Ya.P., Sakhapov R.L., Galyautdinov N.Kh. Sharafiev L.Z. Moisture and Energy-Saving Technology of Soil Cultivation and Sowing in Strongly Arid Conditions. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2013; 3(189): 2-6. (In Russian)

4. Lachuga Yu.F., Mazitov N.K., Blednykh V.V., Kryazhkov V.M., Krasnoshchekov N.V., Chernov Ivanov V.I., Kormanovskiy L.P., Popov V.D., Lipkovich E.I., Sysuev V.A., Kovalev N.G., Izmaylov A.Yu., Fedorenko V.F., Sakhapov R.L., Rakhimov R.S., Khlyzov N.T., Borovitskiy M.V., Khaetskiy G.V., Alfeev V.R., Stoyan S.V. et al. Pochvoobrabatyvayushchiy i posevnoy kompleks dlya energo-resursosberegayushchego proizvodstva produktsii rastenievodstva [Soil-cultivating and sowing complex for power-resource-saving production

of crop industry]. Moscow: 2008: 104. (In Russian)

5. Kovrigo V.P., Kaurichev I.S., Burlakova L.M. Pochvovedenie s osnovami geologii [Pedology with basic geology]. Moscow: Kolos, 2000: 416. (In Russian)

6. Kaurichev I.S. Pochvovedenie [Pedology]. Moscow: Kolos, 1982: 496. (In Russian)

7. Burov D.I. Nauchnye osnovy obrabotki pochv Zavolzh'ya [Scientific bases of soil tillage in trans-Volga region]. Kuybyshev, 1970: 294. (In Russian)

8. Khazen M.M., Matveev G.Kh., Gritsevskiy M.E. Teplotekhnika [Heat engineering]. Moscow: Vysshaya shkola, 1981. 488. (In Russian)

9. Nerpin C.V., Chudnovskiy A.F. Fizika pochvy [Soil physics]. Moscow: Nauka, 1967: 584. (In Russian)

10. Denisov Yu.M., Sergeev A.I., Bezbrodov G.A.,

Bezborodov Yu.G. Moisture evaporation from bare soils. *Irrigation and Drainage Systems*. Netherlands. 2002; 16: 175-182. DOI: 10.1023/A:1021247218535. (In English)

11. Denisov Yu.M., Bezborodov G.A., Sergeev A.I., Bezborodov Yu.G. A mathematical model of water movement through porous media. *Modelling Soil Erosion, Sediment, Transport and Closely Related Hydrological Processes* (Proceedings of a symposium held at Vienna), 1998: 151-156. (In English)

12. Kalma J.D.; McVicar T.R.; McCabe M.F. Estimating land surface evaporation: A review of methods using remotely sensed surface temperature data. *Surveys in Geophysics*. 2008. 29: 421-469. DOI: 10.1007/s10712-008-9037-z. (In English)

Критерии авторства. Все авторы несут ответственность за представленные в статье сведения и плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution. The authors are responsible for information and plagiarism avoiding.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.



УДК 631.333

DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-1-29-33

ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА СКАНЕРОВ НА КАЧЕСТВО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАСТЕНИЙ ПИТАТЕЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ПРИ ИХ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОМ ВНЕСЕНИИ

Пономаренко И.Г.^{1*},
канд. техн. наук;

Новожинов И.А.²

¹Азово-Черноморский инженерный институт – филиал Донского государственного аграрного университета, ул. Ленина, 21, г. Зерноград, Ростовская область, 347740, Российская Федерация, *e-mail: igor_ponomarenko@mail.ru

²Сальский аграрно-технический колледж, ул. Крупской, 6, п. Гигант, Сальский район, Ростовская область, 347628, Российская Федерация

Рассмотрен процесс дифференцированного внесения минеральных удобрений в режиме *on-line*, при котором наличие питательных элементов определяется с помощью сканера (сенсора). Программа исследований предусматривала изучение влияния количества сканеров, установленных по ширине захвата машины, на качество обеспечения растений питательными элементами. Определили, что одним из показателей, характеризующих качество выполнения технологического процесса внесения минеральных удобрений, является неравномерность распределения удобрений по ширине захвата машины. Отметили, что для качественного распределения удобрения необходимо обеспечить минимальную неравномерность фактической дозы внесения по отношению к требуемой. Получено выражение, позволяющее определить неравномерность распределения удобрений по ширине захвата машины, обусловленную невозможностью измерения и, впоследствии, обеспечения внесения потребной дозы в каждой точке выделенного участка. Выявлены факторы, влияющие на неравномерность распределения. Выполнена численная оценка неравномерности для разных условий внесения минеральных удобрений. Она показала, что даже при абсолютно равномерном распределении удобрений по ширине захвата машины отклонения фактических доз внесения удобрений в сравнении с требуемыми могут значительно превышать допустимую агротехническими требованиями величину. Установили, что дополнительные сканеры позволяют пропорционально снизить коэффициент неравномерности распределения удобрений по ширине захвата машины.

Ключевые слова: дифференцированное внесение удобрений, минеральные удобрения, туковысевающий аппарат, сканеры, равномерность распределения удобрений.

■ **Для цитирования:** Пономаренко И.Г., Новожинов И.А. Влияние количества сканеров на качество обеспечения растений питательными элементами при их дифференцированном внесении // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2017. №1. С. 29-33.

INFLUENCE OF SCANNERS NUMBER ON QUALITY OF NUTRIENTS PROVIDING OF PLANTS AT DIFFERENTIATED FERTILIZATION

I.G. Ponomarenko^{1*},
Cand. Sci. (Eng.);

I.A. Novozhenov²

¹Azov-Black Sea Engineering Institute – Don State Agrarian University, Lenin St., 21, Zernograd, Rostov Region, 347740, Russian Federation, *e-mail: igor_ponomarenko@mail.ru

²Salsk agricultural technical College, Krupskaya St., 6, vil. Gigant, Salsk district, Rostov region, 347628, Russian Federation

At the *on-line* mode of differentiated mineral fertilization the availability of nutrients is determined by scanner (sensors). The programme of researches contained the study of the effect of the number of scanners placed across the machine operating width on the quality of nutrients providing of plants. One of the indicators of the quality of the technological process of mineral fertilization is the distribution of fertilizer across the machine working width. For the precise distribution is necessary to ensure minimal irregularity of the actual dose relative to addition ones. The equation allowing to define the inaccurate distribution of fertilizers across the machine working width caused by impossibility of measurement and, afterwards, providing of application of a required dose in each point of the selected section is received. The factors

influencing inaccurate distribution are revealed. Numerical evaluation of irregularity for different conditions of mineral fertilization is executed. Even in case of absolutely precise distribution of fertilizers across the machine working width the deviations of the actual doses of application of fertilizers in comparison with required can exceed the value allowed by agrotechnical requirements considerably. Additional scanners allow to lower in proportion coefficient of irregularity of distribution of fertilizers across the machine working width.

Keywords: Differentiated fertilization; Chemical fertilizers; Fertilizer distributor; Scanners; Precise fertilization.

For citation: Ponomarenko I.G., Novozhenov I.A. Influence of scanners number on quality of nutrients providing of plants at differentiated fertilization. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2017; 1: 29-33. DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-1-29-33. (In Russian)

Применение минеральных удобрений – один из путей повышения урожайности сельскохозяйственных культур. В разные периоды роста растениям требуется определенное количество питательных элементов. Этот показатель неоднороден на различных участках поля. Поэтому необходимо вносить удобрения дифференцированно, в соответствии с потребностями культур и обеспечением почвенного плодородия на каждом конкретном участке.

Это позволяет повысить экономическую эффективность использования минеральных удобрений и снизить риск загрязнения окружающей среды избыточным количеством средств химизации [1-3].

Дифференцированное внесение удобрений проводят в режиме *on-line* (реального времени) и *off-line* (с готовой картой поля). В первом случае сканер (сенсор), расположенный на тракторе, определяет и передает в бортовой компьютер данные о количестве питательных элементов в растениях [4-10]. Бортовой компьютер преобразовывает, сравнивает полученные данные с установленным параметром и вычисляет потребную норму внесения удобрений, после чего посылает сигнал дозирующим устройствам.

При таком подходе по всей ширине захвата машины будет вноситься доза, рассчитанная для того места на поле, где сканер определяет количество питательных элементов. Это, естественно, приведет к несоответствию фактической и требуемой доз внесения на участках ширины захвата машины, удаленных от сканера, что может вызвать потери урожая. Несоответствие может быть тем больше, чем дальше от сканера находится рассматриваемый участок и чем более интенсивно изменяется содержание питательных элементов в почве.

Снизить отклонение дозы внесения от требуемой растениями можно уменьшением ширины захвата машины или установкой нескольких сканеров по ширине захвата машины.

Простое уменьшение ширины захвата машины относительно ее потенциальных возможностей сократит производительность и, следовательно, увеличит затраты на производство сельхозпродукции. С другой стороны, установка нескольких сканеров

также сопряжена со значительными затратами на приобретение самих сканеров и сопутствующего дополнительного оборудования.

В настоящее время выдвигаются разные предложения по количеству устанавливаемых сканеров [8-9].

Цель исследования – выявление влияния количества сканеров и ширины захвата машины на качество дифференцированного внесения минеральных удобрений для оптимального обеспечения растений питательными элементами.

Материалы и методы. Рассмотрим участок поля шириной, равной ширине захвата туковысевающего аппарата. Если питательные элементы плохо распределены в почве, то наблюдается резкое непрерывное изменение их количества по всей поверхности выделенного участка.

В большинстве случаев сканер устанавливают на тракторе. При этом оценка наличия питательных элементов будет происходить только в середине ширины выделенного участка поля. Именно по этим данным и будут рассчитывать требуемую норму внесения удобрений. Следовательно, по всей ширине захвата машины будет вноситься одинаковое количество удобрений, определенное исходя из наличия питательных элементов в середине выделенного участка поля. Это приведет к тому, что на одну часть выделенного участка будет попадать недостаточное количество удобрений, а на другую – избыточное.

Оценкой качества внесения удобрений служит коэффициент неравномерности, определяемый как коэффициент вариации фактических доз на рассматриваемых элементарных участках ширины захвата относительно средней.

Примем допущение о том, что машина для внесения удобрений обеспечивает абсолютно равномерное распределение удобрений по ширине захвата, то есть неравномерность равна нулю. Тогда коэффициент неравномерности, обусловленный невозможностью внесения требуемой дозы внесения удобрений на каждый элементарный участок ширины захвата машины, можно определить как коэффициент вариации фактических доз удобрений по отношению к требуемым:

$$v = \frac{100}{D_{\text{факт}}} \cdot \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (D_{\text{факт}} - D_{\text{тр } i})^2}, \quad (1)$$

где v – коэффициент неравномерности, %;

n – число проб, отобранных на ширине захвата машины;

$D_{\text{факт}}$ – фактические дозы, кг/га;

$D_{\text{тр } i}$ – требуемые дозы, кг/га.

Исходя из наличия питательных элементов в почве можно вычислить дозу внесения удобрений, необходимую для получения запланированного урожая. На рассматриваемом участке требуемая доза внесения изменяется (рисунк) по закону:

$$D_{\text{тр } i} = A + \nabla D \cdot l,$$

где A – требуемая доза внесения удобрений по левой границе выделенного участка, кг/га;

∇D – градиент дозы внесения удобрений на рассматриваемом участке, (кг/га)/м;

l – расстояние от левой границы выделенного участка до i -ой точки отбора пробы, м.

В произвольной i -ой точке требуемая доза внесения будет равна:

$$D_{\text{тр } i} = D_{\text{факт}} \pm \Delta D_i. \quad (2)$$

В этой точке отклонение фактической дозы от требуемой составит:

$$\Delta D_i = \Delta D \cdot l_i, \quad (3)$$

где l_i – расстояние от продольной оси трактора (места установки сканера) до рассматриваемой i -ой точки отбора пробы, м.

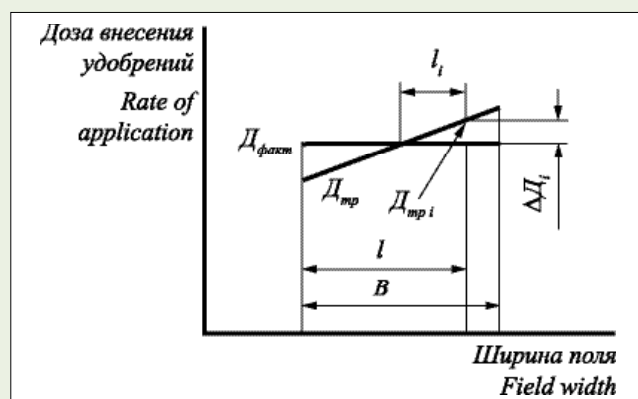


Рис. Схема к определению неравномерности распределения питательных элементов по ширине захвата машины

Fig. Scheme to definition of irregularity in the nutrients distribution across the machine operating width

Тогда неравномерность распределения удобрений определим по формуле:

$$v = \frac{100}{D_{\text{факт}}} \cdot \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (\nabla D \cdot l_i)^2}. \quad (4)$$

Выполнив преобразования, установили, что неравномерность распределения удобрений по ши-

рине захвата машины, обусловленная невозможностью измерения и, впоследствии, обеспечения потребной дозы внесения в каждой точке выделенного участка, можно вычислить по формуле:

$$v = \frac{28,9 \cdot B \cdot \nabla D}{D_{\text{тр}}}, \quad (5)$$

где B – ширина захвата машины, м.

Результаты и обсуждение. Из полученного выражения следует, что неравномерность прямо пропорциональна ширине захвата машины и градиенту дозы внесения удобрений, а также обратно пропорциональна дозе внесения удобрений.

Рост неравномерности распределения удобрений с увеличением ширины захвата машины и градиента дозы внесения удобрений связан с повышением отклонения дозы внесения удобрений, определенного в месте установки сканера, от потребной дозы их внесения в конкретном месте ширины захвата.

Увеличение неравномерности с уменьшением требуемой дозы внесения обусловлено тем, что одно и то же абсолютное отклонение фактической дозы внесения от требуемой соотносится с меньшей величиной последней.

Требуемая доза внесения удобрений зависит от обеспеченности почвы питательными элементами. При планируемой урожайности зерна 40 ц/га, характерной для зернового производства Ростовской области, доза внесения действующего вещества азота изменяется от 20 кг/га (при очень высокой обеспеченности почв питательными элементами) до 56 кг/га (при очень низкой).

Наиболее распространенная ширина захвата у машин со штанговым рабочим органом – 10 м, с бросковым рабочим органом – 20 м.

Из анализа требуемых доз внесения, выполненного по картам наличия питательных элементов (агрохимические карты поля), следует, что градиент дозы внесения может достигать $\Delta D = 0,8$ (кг/га)/м [2-5]. При таких условиях неравномерность может достигать $v=15\%$ для штанговых туковысевающих аппаратов и $v=23\%$ – для бросковых.

Современные импортные машины для внесения удобрений с центробежными рабочими органами обеспечивают распределение удобрений по ширине до 48 м. При такой ширине захвата неравномерность может достигать 55%.

При установке двух сканеров равномерно по ширине захвата машины каждый из них будет приходиться на половину этой ширины; при установке трех – на 1/3. Однако при этом рабочий орган машины должен иметь возможность обеспечивать разную дозу внесения удобрений на участках ширины захвата машины, обслуживаемых разными сканерами.

В машинах со штанговым рабочим органом такая возможность имеется: левая и правая штанги при соответствующей конструкции могут обеспечить разные дозы внесения удобрений. В случае установки двух сканеров на такой тип машин неравномерность распределения удобрений снизится и не превысит 5,8%.

Машины с двухдисковым центробежным рабочим органом при установке специальной системы автоматического управления также имеют возможность раздельного изменения норм внесения с правой и левой сторон. Для машин с рабочей шириной захвата 20 м неравномерность распределения удобрений может достигать 11,5%, а с шириной захвата 48 м – 27,7%. Следовательно, для обеспечения требуемой равномерности распределения удобрений необходимо уменьшать рабочую ширину захвата машины.

Таким образом, при *on-line* режиме дифференцированного внесения минеральных удобрений даже при их равномерном распределении туковывсевающим аппаратом по ширине захвата машины будет происходить неравномерное внесение, обусловленное равенством требуемой и фактической доз внесения удобрений только в месте установки сканера и их несоответствием на удалении от него. Эта неравномерность будет накладываться на неравномерность распределения удобрений туковывсевающим аппаратом по ширине захвата машины. В итоге результирующая неравномерность распределения может значительно превышать допустимую агротехническими требованиями величину.

Полученные результаты исследований могут

быть полностью перенесены и на *off-line* режим дифференцированного внесения удобрений, при котором в бортовой компьютер записывается заранее полученная карта распределения питательных элементов по полю, так как различие с *on-line* режимом заключается только лишь в способе определения наличия питательных элементов. При этом данные должны считываться из агрохимической карты поля для той точки ширины захвата машины, где был бы установлен сканер при *on-line* режиме.

Выводы

1. Неравномерность распределения минеральных удобрений, обусловленная невозможностью обеспечения требуемой нормы внесения удобрений по всей ширине захвата машины, прямо пропорциональна ширине захвата машины и градиенту дозы внесения удобрений и обратно пропорциональна величине требуемой дозы внесения. Ее можно определить по формуле (5).

2. Установка дополнительных сканеров или уменьшение ширины захвата машины при неизменном количестве сканеров пропорционально снижает неравномерность распределения удобрений по ширине захвата машины. Однако это должно сопровождаться обеспечением возможности внесения разных доз удобрений на участках ширины захвата машины, обслуживаемых разными сканерами.

3. Раздельное регулирование норм внесения минеральных удобрений между двумя половинами ширины захвата машины снизит неравномерность обеспечения растений питательными элементами, что позволит получить дополнительный урожай.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П. Управление и информационное обеспечение инновационными технологическими процессами в растениеводстве // Автоматизация и информационное обеспечение производственных процессов в сельском хозяйстве: Сборник докладов Международной научно-технической конференции. Ч. 1. М.: ВИМ, 2010. С. 47-58.
2. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П. Инновационные механизированные технологии и автоматизированные технические системы для сельского хозяйства // Модернизация сельскохозяйственного производства на базе инновационных машинных технологий и автоматизированных систем: Сборник докладов Международной научно-технической конференции Ч. 1. М.: ВИМ, 2012. С. 31-44.
3. Колесникова В.А., Марченко Л.А., Романов Г.В., Мочкова Т.В., Мальцев Ю.В. Проблемы технического обеспечения и навигации полевых машин для дифференцированного внесения жидких средств химизации // Автоматизация и информационное обеспечение производственных процессов в сельском хозяйстве: Сборник докладов Международной научно-технической конференции. Ч. 2. М.: ВИМ, 2008. С. 589-595.
4. Колесникова В.А. Научно-техническое решение дифференцированного применения жидких средств химизации в системе координатного земледелия // Автоматизация и информационное обеспечение производственных процессов в сельском хозяйстве: Сборник докладов Международной научно-технической конференции. Ч. 2. М.: ВИМ, 2008. С. 638-645.
5. Bah A., Balasundram S.K., Husni M.H.A. Sensor Technologies for Precision Soil Nutrient Management and Monitoring. American Journal of Agricultural and Biological Sciences. 2012; 7(1): 43-49.
6. Joan Ramon Rosell Polo, Ricardo Sanz, Jordi Llorens, Jaume Arnó, Alexandre Escolá, Manel Ribes-Dasi, Joan

Masip, Ferran Camp, Felip Graciá, Francesc Solanelles, Tomás Pallejá, Luis Val, Santiago Planas, Emilio Gil, Jordi Palacin. A tractor-mounted scanning LIDAR for the non-destructive measurement of vegetative volume and surface area of tree-row plantations: A comparison with conventional destructive measurements. *Biosystems engineering*. 2009; 102: 128-134

7. Измайлов А.Ю., Артюшин А.А., Колесникова В.А., Личман Г.И., Марченко Н.М., Марченко А.Н., Марченко Л.А., Мочкова Т.В., Смирнов И.Г. Методические рекомендации по применению средств химизации в системе точного земледелия. М.: ВИМ, 2016. 100 с.

8. Личман Г.И., Батулин В.А., Марченко А.Н. Опре-

деление доз при дифференцированном внесении удобрений // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2012. N3. С. 35-37.

9. Евстропов А. Режим on-line: дифференцированное внесение удобрений // Ресурсосберегающее земледелие. 2009. N2. С. 26-29.

10. Пат. 2452167 РФ, Способ и устройство дифференцированного припосевного внесения основных и стартовых доз минеральных удобрений / Марченко Н.М., Марченко А.М., Лобачевский Я.П., Личман Г.И., Педай Н.П., Михеев В.В., Рогачев В.Р., Тыкушин А.А. 2012. Бюл. N16.

REFERENCES

1. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P. Management and information support by innovative technological processes in plant industry. *Avtomatizatsiya i informatsionnoe obespechenie proizvodstvennykh protsessov v sel'skom khozyaystve: Sbornik dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*. Vol. 1. Moscow: VIM, 2010: 47-58. (In Russian)

2. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P. Innovative mechanized technologies and the automated technical systems for agriculture. *Modernizatsiya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva na baze innovatsionnykh mashinnykh tekhnologiy i avtomatizirovannykh sistem: Sbornik dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*. Vol. 1. Moscow: VIM, 2012: 31-44. (In Russian)

3. Kolesnikova V.A., Marchenko L.A., Romanov G.V., Mochkova T.V., Mal'tsev Yu.V. Problems of technical support and navigation of field machines for differentiated application of liquid chemical products. *Avtomatizatsiya i informatsionnoe obespechenie proizvodstvennykh protsessov v sel'skom khozyaystve: Sbornik dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*. Vol. 2. Moscow: VIM, 2008: 589-595. (In Russian)

4. Kolesnikova V.A. Scientific and technical solution of differentiated application of liquid chemical products in system of coordinate agriculture. *Avtomatizatsiya i informatsionnoe obespechenie proizvodstvennykh protsessov v sel'skom khozyaystve: Sbornik dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*. Vol. 2. Moscow: VIM, 2008: 638-645. (In Russian)

5. Bah A., Balasundram S.K., Husni M.H.A. Sensor Technologies for Precision Soil Nutrient Management and Monitoring. *American Journal of Agricultural and Biological*

Sciences. 2012; 7(1): 43-49. (In English)

6. Joan Ramon Rosell Polo, Ricardo Sanz, Jordi Llorens, Jaume Arnó, Alexandre Escolá, Manel Ribes-Dasi, Joan Masip, Ferran Camp, Felip Graciá, Francesc Solanelles, Tomás Pallejá, Luis Val, Santiago Planas, Emilio Gil, Jordi Palacin. A tractor-mounted scanning LIDAR for the non-destructive measurement of vegetative volume and surface area of tree-row plantations: A comparison with conventional destructive measurements. *Biosystems engineering*. 2009; 102: 128-134. (In English)

7. Izmaylov A.Yu., Artyushin A.A., Kolesnikova V.A., Lichman G.I., Marchenko N.M., Marchenko A.N., Marchenko L.A., Mochkova T.V., Smirnov I.G. Metodicheskie rekomendatsii po primeneniyu sredstv khimizatsii v sisteme tochnogo zemledeliya [Methodical recommendations for application of chemical products in system of precision agriculture]. Moscow: VIM, 2016: 100. (In Russian)

8. Lichman G.I., Baturin V.A., Marchenko A.N. Definition of doses at differentiated fertilization. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2012; 3: 35-37. (In Russian)

9. Evstropov A. On-line mode: differentiated fertilization. *Resursosberegayushchee zemledelie*. 2009; 2: 26-29. (In Russian)

10. Пат. 2452167 РФ. Способ и устройство дифференцированного припосевного внесения основных и стартовых доз минеральных удобрений [Method and device of differentiated sowing application of basic and starting doses of mineral fertilizers]. Marchenko N.M., Marchenko A.M., Lobachevskiy Ya.P., Lichman G.I., Peday N.P., Mikheev V.V., Rogachev V.R., Tykushin A.A. 2012. Byul. N16. (In Russian)

Критерии авторства. Все авторы несут ответственность за представленные в статье сведения и плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution. The authors are responsible for information and plagiarism avoiding.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.



УДК 631.674.1:544.163.3:575.113.34
DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-1-34-36

УСТРОЙСТВО ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПОДПОЧВЕННОГО ЭКРАНА

Ахмеджонов Д.Г., канд. техн. наук

Ташкентский институт ирригации и мелиорации, ул. Кары Ниязи, 39, г. Ташкент, 100000, Республика Узбекистан, e-mail: d.ahmedjonov@mail.ru

Для создания внутрипочвенного экрана на глубине пахотного слоя почвы разработали навесное плужное устройство с применением интерполимерного комплекса (ИПК) на основе карбоксиметилцеллюлозы, мочевино-формальдегидной смолы и ортофосфорной кислоты. Опрыскивание раствором ИПК производится из установленной на тракторе емкости посредством форсунок, прикрепленных к трубке длиной 22-25 см и диаметром 15-20 мм. Параметры трубок определены расчетным путем. Показано, что при проведении полива хлопчатника на полях с внутрипочвенным экраном из ИПК, созданным с помощью разработанного устройства, повышается равномерность увлажнения (более быстрый добег воды в борозде), уменьшается концевой сброс воды (доувлажнение уменьшенным расходом) и снижаются потери воды на глубинную фильтрацию и испарения из нижних слоев почвы – на 30-35 процентов от подаваемой оросительной нормы. В ходе исследований установлен состав ИПК, способствующий снижению инфильтрации, определено место расположения форсунок с нижней стороны отвалов, обеспечивающее защиту от заболачивания почвой их отверстий. Оптимальная величина давления при опрыскивании раствором составляет 0,4-0,6 Па.

Ключевые слова: орошение, подпочвенный экран, плужное устройство, интерполимерный комплекс

■ **Для цитирования:** Ахмеджонов Д. Г. Устройство для создания подпочвенного экрана. 2017. N1. С. 34-36. DOI 10.22314.2073-7599-2017.1.34-36

DEVICE FOR THE SUBSOIL SHIELD CREATION

D.G. Akhmedjonov, Cand.Sci.(Eng.)

Tashkent Institute of Irrigation and Melioration, Qori Niyoz St., 39, Mirzo Ulugbek district, Tashkent, 100000, Republic of Uzbekistan, e-mail: d.ahmedjonov@mail.ru

To make a subsoil membrane we designed a mounted plow device using an interpolymer complex (IPC) on the basis of carboxymethyl cellulose, urea formaldehyde and ortho-phosphoric acid. Spraying by IPC solution is possible due to a reservoir fixed on the tractor and nozzles on a tube 22-25 cm long and with a diameter of 15-20 mm. Parameters of tubes are determined by calculation. The IPC subsoil shield is made by designed device. So, when watering of a cotton on fields humidifying uniformity increases (faster water travel in a furrow), overflow water decreases (additional moistening at reduced water expense). Thus losses of water on deep filtering and evaporations from the lower soil layers decrease by 30-35 percent of the irrigating norm. As a part of the study we established the IPC composition promoting decrease in an infiltration, determined the location of nozzles on the lower side of moldboards providing protection against clogging by the soil. The optimum size of pressure when spraying by solution is 0.4-0.6 Pas.

Keywords: Irrigation; Subsoil shield; Plow device; Interpolymer complex.

■ **For citation:** Akhmedjonov D.G. Device for the subsoil shield creation. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. 2017; 1: 34-36. DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-1-34-36. (In Russian)

В законах, принятых Правительством Республики Узбекистан в связи с углублением экономических реформ в сельском и водном хозяйствах, поставлены задачи по совершенствованию способов и методов орошения путем внедрения водосберегающих технологий и прогрессивной техники полива, что обеспечит улучшение мелиоративных состояний земель, рост урожайности

хлопчатника и экономии оросительной воды [1-3].

Экономия воды при поливах хлопчатника достигается путем исключения потерь воды на глубинную фильтрацию, испарения с поверхности и из нижних слоев почвы, что повышает коэффициент полезного действия (КПД) существующих оросительных систем [4-5]. Поэтому проведение исследований по поливам через подпочвенные противифильтраци-

онные экраны из интерполимерных комплексов в виде искусственной тонкой пленки потребовало создания специального подпочвенного экрана.

Цель исследований – разработка устройства по созданию на глубине пахотного слоя почвы подпочвенного экрана из интерполимерного комплекса (ИПК), способствующего экономии оросительной воды и улучшению мелиоративного состояния земель.

Материалы и методы. Применение интерполимерного комплекса в составе карбоксиметилцеллюлозы и мочевиноформальдегидной смолы (КМЦ + МФС) в сельском и водном хозяйствах имеет огромное значение, так как поликомплексы обладают преимуществом перед любыми известными полимерами ввиду их высоких закрепляющих способностей [6]. Их используют для решения целого ряда агрофизических задач с большой экономической и технологической эффективностью.

Высокие сорбционные свойства, способность к набуханию, а также низкая проницаемость пленок из интерполимерных комплексов послужили основанием для применения их при создании подпочвенного противофилтрационного экрана.

В этих целях использовано плужное устройство, навешиваемое на пропашной трактор. В ходе исследований в конструкцию этого устройства вносили ряд изменений. Внедрение водосберегающих способов на полях с подпочвенным экраном из интерполимерного ИПК повышает КПД и улучшает элементы техники полива, что позволяет снизить поливные и оросительные нормы.

Результаты и обсуждение. Предлагаемая конструкция состоит из навесного плужного устройства, которое навешивается на трактор, предназначенный для пахоты (например МТЗ-82). С нижней стороны каждого отвала плужного устройства приварены трубки диаметром 15-20 мм, к которым прикреплены форсунки. Водный раствор ИПК подается к этим трубкам через шланги высокого давления, которые соединены с установленным на тракторе баком (или цистерной) с раствором. Давление жидкости создается компрессором ПХГ и контролируется манометром, расположенным в начале системы шлангов. Равномерность подачи раствора определяем гидравлическим расчетом диаметров трубок и их длины [7-8].

Длину трубки (м) вычисляем по формуле:

$$l_n = l_n^0(n_k - 1) + 2 \cdot 0,05 = 0,30 \text{ м}, \quad (1)$$

где n_k – количество форсунок.

Расход воды в трубках равен (м³/с):

$$q = q_0 n_k, \quad (2)$$

где q_0 – расход раствора в поливном отверстии.

Диаметры форсунок:

$$d = 1,13 \sqrt{\frac{q_0 10^{-3}}{v_{cp}}}, \text{ м}, \quad (3)$$

где v_{cp} – фактическая скорость воды в трубке, м/с.

С началом движения трактора плужное устройство опускается и одновременно открывается кран для выпуска раствора поликомплекса. После срезания пласта почвы отвалом на необходимой глубине на ее поверхность под давлением из форсунок наносится раствор ИПК, который следующим отвалом засыпается почвой (рис. 1 и 2).

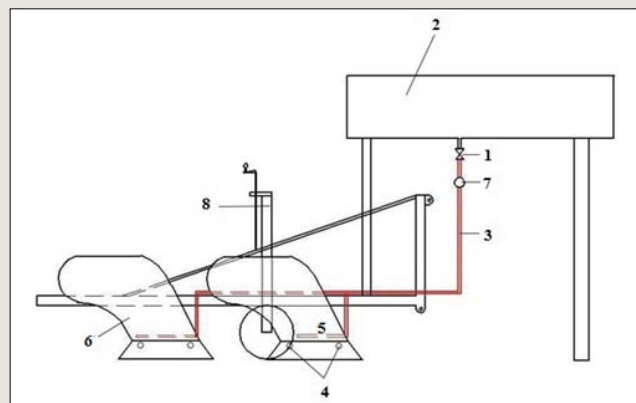


Рис 1. Схема устройства агрегата:

1 – кран подачи раствора; 2 – емкость с раствором; 3 – шланг высокого давления; 4 – форсунки; 5 – трубка; 6 – отвал плужного устройства; 7 – манометр; 8 – механизм для подъема и опускания отвала

Fig 1. Scheme of the plough device:

1 – solution supply valve; 2 – reservoir with solution; 3 – high-pressure hose; 4 – nozzles; 5 – tube; 6 – moldboard of the plough device; 7 – manometer; 8 – mechanism for lifting and lowering moldboard

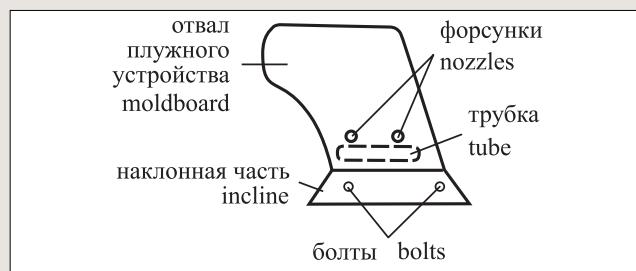


Рис. 2. Плужное устройство, вид спереди

Fig. 2. Plough device, front view

В результате на глубине пахотного слоя почвы после высыхания (время высыхания 40-45 дней) образуется сплошной противофилтрационный экран в виде тонкой пленки. Заметим, что описанную выше операцию применяют одновременно с самой вспашкой поля. Сев хлопчатника и другие агротехнические мероприятия, независимо от этого, проводят согласно установленным правилам агротехники. Нужно отметить, что при работе агрегата необходимо подобрать оптимальное давление подачи раствора ИПК, создаваемое компрессором. В результате испытаний установлено, что оптимальная величина давления при опрыскивании раство-

ром составила 0,4-0,6 Па. Она вполне обеспечивает формирование противофильтрационного экрана на глубине пахотного слоя почвы.

Выводы. Определен состав ИПК, способствующий снижению инфильтрации, комплекс применен

для создания подпочвенного экрана. Установлено, что расположение форсунок с нижней стороны отвалов обеспечивает их защиту от забиваний почвой.

Определена оптимальная величина давления при опрыскивании раствора – 0,4-0,6 Па.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лачуга Ю.Ф., Савченко И.В., Чекмарев П.А., Шогенов Ю.Х., Кирсанов В.В., Шумов Ю.А., Голубев Д.А., Измайлов А.Ю., Мазитов Н.К., Кряжков В.М., Лобачевский Я.П., Елизаров В.П., Смирнов И.Г., Шайхов М.К., Жук А.Ф., Марченко О.С., Сорокин Н.Т., Белых С.А., Рычков В.А., Солдатова Т.Г. и др. // Влагоаккумулирующие технологии, техника для обработки почв и использование минеральных удобрений в экстремальных условиях. Рязань, 2014. 246 с.
2. Лобачевский Я.П. Новые почвообрабатывающие технологии и технические средства // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2000. №8. С. 30-32.
3. Лачуга Ю.Ф., Мазитов Н.К., Бледных В.В., Кряжков В.М., Краснощеков Н.В., Черноиванов В.И., Кормановский Л.П., Попов В.Д., Липкович Э.И., Сысуй В.А., Ковалев Н.Г., Измайлов А.Ю., Федоренко В.Ф., Сахапов Р.Л., Рахимов Р.С., Хлызов Н.Т., Боровицкий М.В., Хаецкий Г.В., Алфеев В.Р., Стоян С.В. и др. // Почвообрабатывающий и посевной комплекс для энерго-, ресурсо-

сберегающего производства продукции растениеводства. Рекомендации к применению. М.: 2008. 104 с.

4. Ахмеджонов Д.Г. Водосберегающие технологии полива хлопчатника с использованием интерполимерных комплексов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Ташкент, 2012. 43 с.

5. Пат. RU 0002503161 C1. Способ дифференцированной инфильтрационной обработки почвы и агрегат для его осуществления /Гребенникова Е.В., Гребенников А.М., Золотарев С.А., Измайлов А.Ю., Кынев Н.Г., Лобачевский Я.П., Фрид А.С. // 2014-01-10.

6. Косиченко Ю.М., Баев О.А., Ищенко А.В. Современные методы борьбы с фильтрацией на оросительных системах // Инженерный вестник Дона. 2014. №3. С. 30-43.

7. Латипов К.Ш., Арифжанов О.М. Гидравлика и гидравлические машины. Ташкент: ТИИМ, 2012. 335 с.

8. Козлов И.Б., Козлова А.И. Малорасходные форсунки для опрыскивателей // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2013. №6. С. 36-38.

REFERENCES

1. Lachuga Yu.F., Savchenko I.V., Chekmarev P.A., Shogenov Yu.Kh., Kirsanov V.V., Shumov Yu.A., Golubev D.A., Izmaylov A.Yu., Mazitov N.K., Kryazhkov V.M., Lobachevskiy Ya.P., Elizarov V.P., Smirnov I.G., Shaykhov M.K., Zhuk A.F., Marchenko O.S., Sorokin N.T., Belykh S.A., Rychkov V.A., Soldatova T.G. et al. Vлагоakkumuliruyushchie tekhnologii, tekhnika dlya obrabotki pochv i ispol'zovanie mineral'nykh udobreniy v ekstremal'nykh usloviyakh [Moisture-retentive technologies, machinery for soil cultivation and mineral fertilization in extreme conditions]. Ryazan', 2014: 246. (In Russian)
2. Lobachevskiy Ya.P. New soil-cultivating technologies and technical means. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva*. 2000; 8: 30-32. (In Russian)
3. Lachuga Yu.F., Mazitov N.K., Blednykh V.V., Kryazhkov V.M., Krasnoshchekov N.V., Chernov Ivanov V.I., Kormanovskiy L.P., Popov V.D., Lipkovich E.I., Sysuev V.A., Kovalev N.G., Izmaylov A.Yu., Fedorenko V.F., Sakhapov R.L., Rakhimov R.S., Khlyzov N.T., Borovitskiy M.V., Khaetskiy G.V., Alfeev V.R., Stoyan S.V. et al. Pochvoobrabatyvayushchiy i posevnoy kompleks dlya energo- resursosberegayushchego proizvodstva produktsii rasteniyevodstva Rekomendatsii k primeneniyu [Soil-cultivating and sowing complex for power and resource-saving crop

production. Recommendations for use]. Moscow: 2008: 104. (In Russian)

4. Ahmedjonov D.G. Vodosberegayushchie tekhnologii poliva khlopchatnika s ispol'zovaniem interpolimernykh kompleksov [Water-saving cotton irrigation technologies with using interpolymers complexes]: Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. Tashkent, 2012: 43. (In Russian)

5. Pat. RU 0002503161 C1. Sposob differentsirovannoy infil'tratsionnoy obrabotki pochvy i agregat dlya ego osushchestvleniya [Way of differentiated infiltration preparation of soil and unit for its implementation]. Grebennikova E.V., Grebennikov A.M., Zolotarev S.A., Izmaylov A.Yu., Kynev N.G., Lobachevskiy Ya.P., Frid A.S. Byul. 2014. (In Russian)

6. Kosichenko Yu.M., Baev O.A., Ishchenko A.V. Modern methods of filtration control in irrigation systems. *Inzhenernyy vestnik Dona*. 2014; 3: 30-43. (In Russian)

7. Latipov K.Sh., Arifzhanov O.M. Gidravlika i gidravlicheskie mashiny [Hydraulics and hydraulic machines]: TIIM, 2012: 335. (In Russian)

8. Kozlov I.B., Kozlova A.I. Low emission jet nozzels for sprayers. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2013; 6: 36-38. (In Russian)

Критерии авторства. Автор несет ответственность за представленные в статье сведения и плагиат.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Contribution. The author is responsible for information and plagiarism avoiding.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

УДК 631.171

DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-1-37-41

ОПЫТ СЖИГАНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ В ТОПОЧНОМ БЛОКЕ ТБР-2,0

Голубкович А.В.^{1*}, докт. техн. наук;
Беленькая Л.И.², канд. техн. наук;

Дадыко А.Н.¹, аспирант;
Ловкис В.Б.³, канд. техн. наук

¹Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, 1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Российская Федерация, *e-mail: vim@vim.ru

²ООО «ОКБ по теплогенераторам», ул. 2-я Мичурина, 2а, стр. 4, г. Брянск, 241021, Российская Федерация

³Белорусский государственный аграрный технический университет, ул. Независимости, 99, г. Минск, 220023, Республика Беларусь

Для сушки зерна применяют различные типы топочных устройств на альтернативных и местных видах топлива с взвешенным слоем. Во взвешенном слое топливо низкого качества горит лучше, чем в плотном. При этом выбросы оксидов азота резко уменьшаются. Отметим, что экологические, эксплуатационные и экономические преимущества этих топок сегодня не вызывают сомнения. Особенно перспективны они для сжигания низкосортных топлив и различных отходов (например, отходов сельскохозяйственного производства) в циклонно-вихревом слое. Определили, что отличительная особенность таких топок – наличие вихревых контуров в камере сжигания, что повышает эффективность процесса горения. Провели испытания топочного блока с зерносушилками СЗТ-30 в ООО «Борисоглебский МЭЗ» (Воронежская область) на сушке кукурузы и подсолнечника. Сжигали лузгу подсолнечника с низшей теплотой сгорания 14 и 17 МДж на 1 кг производительностью 100, 210, 230, 250, 280, 320 и 380 кг в час на 1 топочный блок. Комплект из двух топочных блоков на растительных отходах (ТБР-2,0) при работе на лузге подсолнечника с низшей теплотой сгорания не менее 17 МДж на 1 кг обеспечит необходимую производительность сушилки СЗТ-30 на сушке зерна и семян. Установили, что максимальная мощность теплового одинарного блока ТБР-2,0 не должна превышать 1,5 МВт. При этом достигается максимальный КПД, а степень подогрева воздуха обеспечивает работу сушилки при температуре наружного воздуха не ниже 5 градусов Цельсия. Показали, что экономичный и безопасный режим работ топочного блока возможен при мощности 0,8-1,3 МВт и избытке воздуха в 1,2-1,5 раза. В этом случае выбросы оксидов азота меньше допустимых величин и составляют 0,6-0,7 г на 1 куб. м.

Ключевые слова: зерносушилка, растительные отходы, альтернативные топлива, топочный блок, циклонно-вихревой слой топлива.

■ **Для цитирования:** Голубкович А.В., Беленькая Л.И., Дадыко А.Н., Ловкис В.Б. Опыт сжигания растительных отходов в топочном блоке ТБР-2,0 // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2017. №1. С. 37-41.

EXPERIENCE IN VEGETABLE WASTE BURNING IN FURNACE BLOCK TBR-2.0

A.V. Golubkovich^{1*}, Dr. Sci. (Eng.);
L.I. Belen'kaya², Cand. Sci. (Eng.);

A.N. Dadyko¹;
V.B. Lovkis³, Cand. Sci. (Eng.)

¹Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 1st Institutskiy proezd, Moscow, 109428, Russian Federation, *e-mail: vim@vim.ru

²ООО «ОКБ по generatoram», Michurin the 2nd St., 2a, buld. 4, Bryansk, 241021, Russian Federation

³Belarusian State Agrarian Technical University, Nezavisimosti St., 99, Minsk, 220023, Republic of Belarus

There are various types of furnace systems with use of alternative and local fuels with the fluidized bed for grain drying. A low-quality fuel burns in the fluidized bed better, than in dense one. As well emissions of nitrogen oxides decrease very much. Ecological, operational and economic benefits of these fire chambers are certain. They are especially perspective for combustion of low-grade fuels and various waste (for example, waste of agricultural production) in a cyclonic and vortex layer. The distinctive feature of such fire chambers is availability of vortex contours in the burning camera that increases efficiency of burning process. The authors carried out testing of the furnace block with grain dryer SZT-30 at ООО «Borisoglebsky MEZ» (Voronezh region) at corn and sunflower seeds drying. We burned sunflower peelings with the lowest calorific power of 14 MJ and 17 MJ at 1 furnace block capacity of 100, 210, 230, 250, 280, 320 and 380 kg per hour. The set of two furnace blocks (TBR-2.0) operating with sunflower peelings which are characterized by the lowest

calorific power at least 17 MJ per 1 kg will provide necessary capacity of the dryer SZT-30 when grain and seeds drying. The maximum capacity of the unary thermal block TBR-2.0 should not exceed 1.5 MW. As well the maximum efficiency is reached, and extent of air heating provides functioning of the dryer at a temperature of external air not below 5 degrees Celsius. The economy and safe mode of operation of the furnace block can be provided in case of capacity 0.8-1.3 MW and 1.2-1.5 times air-fuel ratio. In this case emissions of nitrogen oxides are less than permitted value and equal 0.6-0.7 g per 1 cubic meter.

Keywords: Grain dryer; Vegetable waste; Alternative fuels; Furnace block; Cyclone and vortex layer of fuel.

For citation: Golubkovich A.V., Belen'kaya L.I., Dadyko A.N., Lovkis V.B. Experience in vegetable waste burning in furnace block TBR-2.0. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. 2016; 6: 37-41. DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-1-37-41. (In Russian)

На сушку зерна в РФ ежегодно затрачивают десятки тысяч тонн жидкого топлива, что существенно удорожает продукцию. Поэтому наряду с совершенствованием технологий и технических средств сушки большое значение имеет применение альтернативных источников энергии для сушилок. Использование этих источников и технических средств сжигания с получением тепла предусмотрено Системой технологий и машин для сельского хозяйства [1, 2].

Имеются различные типы топочных устройств со взвешенным слоем, в котором топливо низкого качества горит лучше, чем в плотном слое. При этом выбросы оксидов азота резко уменьшаются.

Экологические, эксплуатационные и экономические преимущества таких топок сегодня не вызывают сомнения. Особенно перспективны они для сжигания низкосортных топлив и различных отходов, например сельскохозяйственного производства.

Сельскохозяйственное производство ежегодно дает около 250 млн т органических отходов. Использование в качестве топлива лесосечных и послеуборочных отходов создает дополнительные энергоресурсы в объеме 45-50 млн т условного топлива и сокращает расход дорогостоящего осветленного топлива [3-8]. Во многих странах биотопливо все шире применяют для получения тепла.

Для этих целей наиболее перспективны топки с циклонно-вихревым слоем. Вихревые контуры в камере сжигания таких топок способствуют эффективной организации процесса горения.

Для всех топок с циклонно-вихревым слоем характерны достаточно высокие скорости газов (до 6-9 м/с), близкие к скоростям в обычных камерных топках или даже превышающие их. Поэтому их теплообменная площадь не больше, чем у камерных [9, 10].

Для нужд сельскохозяйственного производства наиболее перспективным и простым в осуществлении является сжигание в низкотемпературном циклонно-вихревом слое, обусловленное полезным охлаждением продуктов сгорания от теоретической температуры горения до температуры агента сушки.

Простота устройств топок циркуляционно-вихревого слоя, возможность работы с влажными низкореекционными растительными отходами, надежность в эксплуатации, достаточно высокие КПД, экономичность и эффективность – серьезные достоинства, чтобы данная технология прочно завоевала свои позиции в решении проблем экономии топливно-энергетических ресурсов и в разработке новых видов топлива.

Цель исследований – определение параметров наиболее эффективного и безопасного режима топочного блока ТБР-2,0 на лузге подсолнечника в ходе оценки экспериментальных данных.

Материалы и методы. Испытания проводили на зерносушилках СЗТ-30 в ООО «Борисоглебский МЭЗ» (ИП «Киленников», г. Борисоглебск Воронежской области) на сушке кукурузы и подсолнечника.

Рассмотрим технологическую схему комплекта топочного блока с сушилкой (рис. 1 и 2).

Из накопительного бункера 1 дозированный материал пневмоподачей загружают в камеру сгорания 3. Топочные газы из нее поступают в теплообменник 4, выводятся дымососом 5 и удаляются из трубы 6. Наружный воздух вентилятором 2 подают в межтрубную полость теплообменника, а подогретый – через коллектор 8 направляют в сушилку 9. Запуск топочного блока начинают с прогрева топочной камеры (розжига) жидкостной (газовой) горелкой, затем включают подачу твердого топлива, зажигают его взвешенный слой и отключают подачу жидкого (газообразного) топлива.

Ввод твердого топлива в камеру осуществляли с первичным воздухом, объем которого составлял 35% от всего количества, подаваемого на сжигание.

Ввод вторичного дутья осуществляли в нижней части камеры циклонно со скоростью 12 м/с, с образованием циркуляционных вихрей. По оценке в этих вихрях, вращающихся со скоростью частиц $V_{\text{ч}} = 3-5$ м/с, их массовая концентрация доходила до 0,3 при расходе топлива $G \geq 200$ кг/ч [11-12].

Рассмотрим по порядку комплектацию оборудования опытного образца.

Компоновка по воздушному тракту. Вентилятор ВНСН-16И + два трубчатых теплообменника

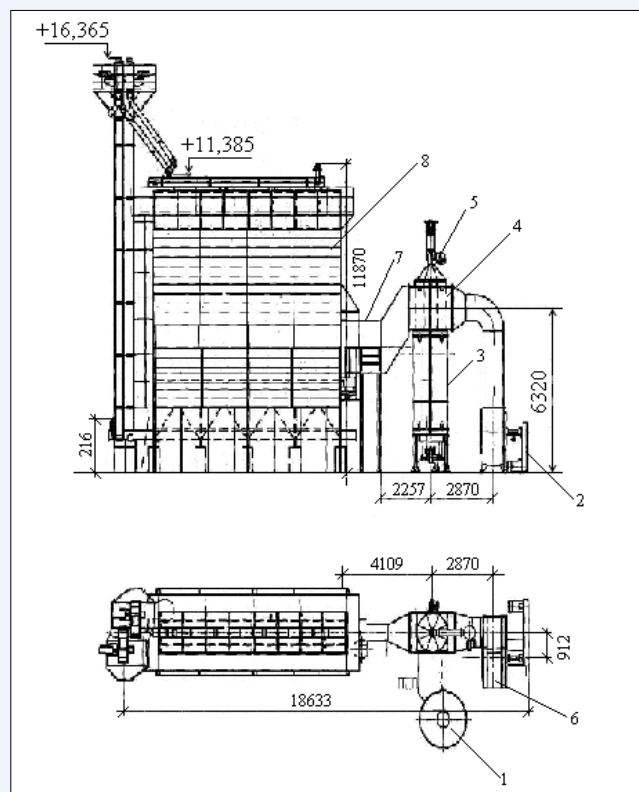


Рис. 1. Технологическая схема топочного блока ТБР-2,0 с сушилкой СЗТ-30: 1 – бункер; 2 – вентилятор; 3 – камера сгорания; 4 – теплообменник; 5 – дымосос; 6 – труба; 7 – коллектор; 8 – сушилка

Fig. 1. Process scheme of the furnace unit TBR-2.0 with the dryer SZT-30: 1 – bunker; 2 – air fan; 3 – combustion chamber; 4 – heat exchanger; 5 – smoke exhauster; 6 – pipe; 7 – collector; 8 – dryer



Рис. 2. Топочный блок ТБР-2,0 с сушилкой СЗТ-30

Fig. 2. The furnace unit TBR-2.0 with the dryer SZT-30

последовательно + колонка зерносушилки СЗТ-30.

Компоновка по тракту дымовых газов. Камера сгорания объемом 3 м³ с форсункой ГРП-5,0 + два теплообменника последовательно + циклон + дымосос ВР 132-30-8 + средство подачи лузги.

Камера сгорания. Топка ТБР-2,0 содержит вертикальный цилиндр с металлическим кожухом и камерой сгорания, футерованной шамотным кирпичом, и форсункой ГРП-5,0 в нижней части для розжига растительных остатков (РО). Из камеры

сгорания продукты горения поступают последовательно в два рекуперативных прямоугольных теплообменника.

Теплообменник. Дымовые газы удаляются дымососом, перед которым установлен циклон.

Загрузочное устройство состоит из общего накопительного бункера, разделяющегося на два потока. Каждый поток состоит из шибера, дозатора с ротором диаметром 244 мм и вентилятора пневмоподдачи РО в камеру сгорания.

Вентилятор теплоносителя (зерносушилки) – ВНСН-16И (920 об/мин) с электродвигателем (75 кВт; 1470 об/мин) – экспортный.

Дымосос – ВД-8,0.00.000 с электродвигателем мощностью – 30,0 кВт; 1470 об/мин, расходом – 11000 м³/ч, давлением – 5000 Па. Регулировка возможна изменением числа оборотов привода с помощью частотного преобразователя N300 на 30 кВт.

Средство подачи лузги. Из бункера с ворошителем и ротором осуществляется непрерывная пневмоподача. Привод дозатора – от мотор-редуктора NMRV-080-50B3 с электродвигателем (1,1 кВт и 1000 об/мин) и 18 об/мин на выходе. Максимальное число оборотов ротора 7 об/мин (после звездочек). Привод вентилятора ВР 12-26-3,15 от электродвигателя (4,0 кВт и 3000 об/мин), регулируемого частотным преобразователем N100^{plus} на 3,7 кВт. Сжигали твердое топливо (лузгу подсолнечника) с низшей теплотой сгорания 14 и 17 МДж/кг при различной производительности G = 100; 210; 230; 250; 280; 320 и 380 кг/ч на 1 топочный блок.

Расход топочных газов изменяли от 5400 до 11400 м³/ч. Расход теплоносителя в сушилку составил 60 000 м³/ч (75°C) и 62 000 (90°C). Температура наружного воздуха – 10°C.

На выходе из дымовой трубы измеряли избыток воздуха, содержание в нем CO, NO_x, O₂, CO₂ (г/м³), температуру уходящих газов (°C), а также КПД топки.

Расход дымовых газов изменялся от 5700 до 8300 м³/ч.

Для замера содержания CO, NO_x, O₂, CO₂ в отходящих дымовых газах использован газоанализатор Testo 342-3, на входе в дымосос установлен вариант «кокс-дрова».

Температуру внутри топки измеряли пирометром. Подачу воздуха на горение регулировали заслонками дымососа, подачу твердого топлива – дозатором с помощью частотного преобразователя производительностью 100-370 кг/ч.

Результаты и обсуждение. Кривые изменения (избытка воздуха α_t , степени нагрева теплоносителя Δt , подаваемого в сушилку, КПД топочного блока η и температуры отходящих газов t_{yx} в зависимости от мощности топки Q представлены на рисунках 3 и 4.

До величины $Q \leq 0,8$ МВт, в связи с низкими зна-

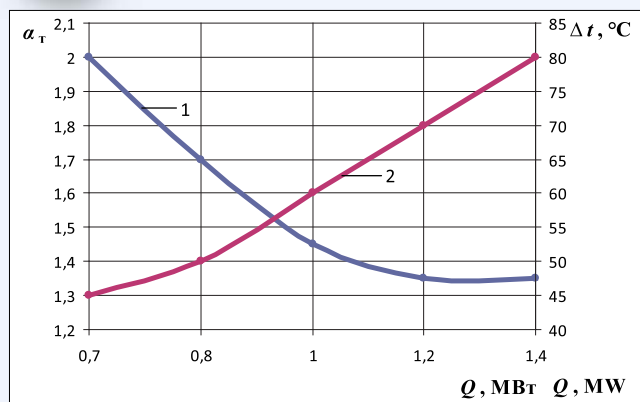


Рис. 3. Зависимость избытка воздуха α_T (1) и степени нагрева теплоносителя Δt (2) от мощности топочного блока Q
 Fig. 3. Dependence of air-fuel ratio α_T (1) and extents of heating of the heat carrying agent Δt (2) on the power of the furnace unit Q

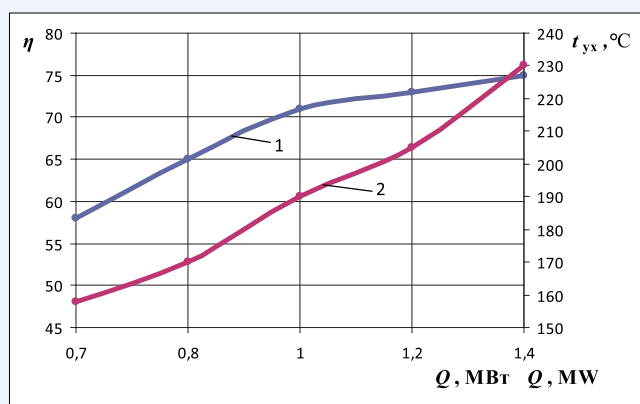


Рис. 4. Зависимость КПД топочного блока (1) и температуры уходящих газов $t_{\gamma x}$ (2) от мощности топочного блока Q
 Fig. 4. Dependence of output-input ratio of the furnace unit (1) and temperature of the exit gases $t_{\gamma x}$ (2) on the power of the furnace unit Q

чениями концентрации материала в топочной камере и тангенциальной скорости частиц в вихревых контурах, установлено неудовлетворительное горение, температура в топке не превышает 600-800°C. Выявлены невысокая степень подогрева агента сушки (Δt менее 45°C), низкий КПД топки – около 60-65%. При этом избыток воздуха был повышенным: $\alpha_T > 1,5-1,6$.

При мощности топки $0,8 \leq Q \leq 1,3$ МВт вследствие повышенной концентрации частиц в камере установлено удовлетворительное сжигание твердого топлива. При этом температура поднялась до 900°C и выше, существенно возросла величина Δt , что обуславливает возможность сушки не только семенного, но и продовольственного зерна с быстро возрастающим КПД топки и снижающейся величиной α_T .

При $Q \geq 1,3$ МВт температура уходящих газов начинает быстро повышаться, снижается КПД, то есть объемное напряжение топки очевидно ограничено при данной аэродинамической схеме величиной 0,45 МВт/м³, и дальнейший его рост не целесообразен.

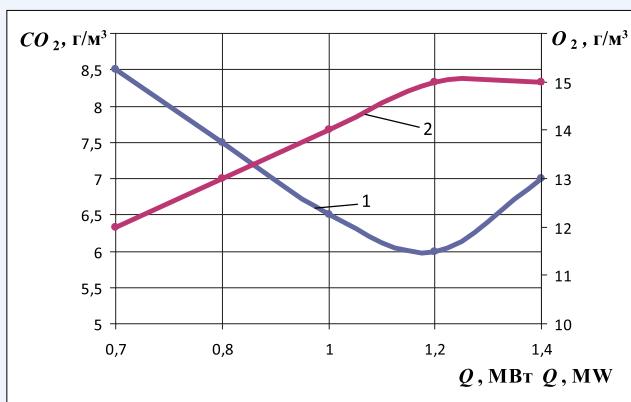


Рис. 5. Зависимость CO_2 (1) и O_2 (2) от Q
 Fig. 5. Dependence of CO_2 (1) and O_2 (2) on Q

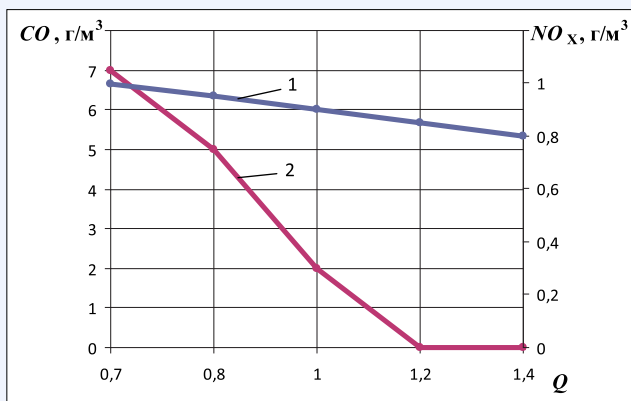


Рис. 6. Зависимость NO_x (1) и CO (2) от Q
 Fig. 6. Dependence of NO_x (1) and CO (2) on Q

На рисунках 5 и 6 представлены изменения концентрации двуокси углерода (CO_2), кислорода (O_2), окиси углерода (CO) и окислов азота (NO_x) в уходящих газах в зависимости от мощности топочного блока Q .

Установлено, что уменьшение нагрузки топочного блока с 1,4 до 0,8 МВт сокращает содержание окислов азота с 0,20 до 0,16 г/м³. Это объясняется снижением температуры газов в топочной камере. Одновременно уменьшается концентрация окиси углерода на выходе из топки, что свидетельствует о стабилизации процесса горения твердого топлива.

Изменение концентраций CO_2 и O_2 от Q характеризует степень выгорания частиц. При малых значениях мощности топки ($Q < 1,0$ МВт) снижаются длительность нахождения частиц в камере и степень их выгорания, что повышает содержание O_2 и уменьшает концентрацию CO_2 , то есть температура горения твердых частиц достаточно низкая. При $Q > 1,0$ МВт значения CO_2 и O_2 стабилизируются.

Выводы. Комплект из двух топочных блоков для сжигания растительных отходов ТБР-2,0 при работе на лузге подсолнечника с низшей теплопроводной способностью не менее 17 МДж/кг обеспечит необходимую производительность сушилки СЗТ-30 на сушке зерна и семян.



Максимальная мощность теплового одинарного блока ТБР-2,0 не должна превышать 1,5 МВт. При этом достигается максимальный КПД, а степень подогрева воздуха обеспечивает работу сушилки при температуре наружного воздуха не ниже

минус 5°C. Экономичный и безопасный режим работ топочного блока от 0,8 до 1,3 МВт достигается при избытке воздуха в пределах 1,2-1,5 г/м³. В этом случае выбросы окислов NO_x меньше допустимых величин – 0,6-0,7 г/м³.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П. Управление и информационное обеспечение инновационными технологическими процессами в растениеводстве // Автоматизация и информационное обеспечение производственных процессов в сельском хозяйстве: Сборник докладов XII Международной научно-практической конференции. Ч. 1. М.: ВИМ, 2010. С. 47-58.
2. Елизаров В.П., Антышев Н.М., Бейлис В.М., Шевцов В.Г. Исходные требования на технологические операции в растениеводстве // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2011. №1. С. 11-14.
3. Анискин В.И., Голубкович А.В. Перспективы использования растительных отходов в качестве топлива // Теплоэнергетика. 2004. №5. С. 60-65.
4. Grassi G., Bridgwater T. Biomass for energy and environment, agriculture and industry in European strategy for the Future. Commission of European Communities, 1995: 24.
5. Waste to Energy – using fluidized bed technology. Kvaerner EnviroPower, 1996: 8.
6. Nikolaisen L., Nielsen C., et al. Straw for Energy

- Production. Centre for Biomass Technology. Copenhagen, 1992: 12-20.
7. Asplund D.A. Finish bioenergy research programme. Seminar on Power Production from Biomass II. Espoo, Finland, 27-28 March 1995: 34.
8. Pohjonen V. Wood power in eastern Finland. Biofuels for sustainable development proceeding of the second international seminar. University of Joensuu, 1995: 20-28.
9. Анискин В.И., Голубкович А.В., Сотников В.И. Сжигание растительных отходов в псевдооживленном слое // Теплоэнергетика. 2004. №6. С. 60-63.
10. Анискин В.И., Голубкович А.В., Курбанов К.К. Использование растительных материалов в качестве биотоплива для теплогенераторов // Доклады РАСХН. 1977. №5. С. 44-46.
11. Голубкович А.В. Топки на растительных отходах. М.: ВИМ, 2011. 167 с.
12. Анискин В.И., Голубкович А.В. Топочные устройства на растительных отходах // Техника в сельском хозяйстве. 1999. №2. 27 с.

REFERENCES

1. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P. Upravlenie i informatsionnoe obespechenie innovatsionnymi tekhnologicheskimi protsessami v rastenievodstve [Management and information support by innovative technological processes in plant industry]. Avtomatizatsiya i informatsionnoe obespechenie proizvodstvennykh protsessov v sel'skom khozyaystve: Sbornik dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. Vol. 1. Moscow: VIM, 2010: 47-58. (In Russian)
2. Elizarov V.P., Antyshev N.M., Beylis V.M., Shevtsov V.G. Initial requirements of technological operations in plant growing. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2011; 1: 11-14. (In Russian)
3. Aniskin V.I., Golubkovich A.V. Prospects of use of vegetable waste as biofuels. *Teploenergetika*. 2004; 5: 60-65. (In Russian)
- Grassi G., Bridgwater T. Biomass for energy and environment, agriculture and industry in European strategy for the Future. Commission of European Communities, 1995: 24. (In English)
5. Waste to Energy – using fluidized bed technology. Kvaerner EnviroPower, 1996: 8. (In English)
6. Nikolaisen L., Nielsen C., et al. Straw for Energy

- Production. Centre for Biomass Technology. Copenhagen, 1992: 12-20. (In English)
7. Asplund D.A. Finish bioenergy research programme. Seminar on Power Production from Biomass II. Espoo, Finland, 27-28 March 1995: 34. (In English)
8. Pohjonen V. Wood power in eastern Finland. Biofuels for sustainable development proceeding of the second international seminar. University of Joensuu, 1995: 20-28. (In English)
9. Aniskin V.I., Golubkovich A.V., Sotnikov V.I. Burning of vegetable waste in a fluidized bed. *Teploenergetika*. 2004; 6: 49-53. (In Russian)
10. Aniskin V.I., Golubkovich A.V., Kurbanov K.K. Use of plant materials as biofuel for heat generators. *Doklady RASKhN*. 1977; 5: 44-46. (In Russian)
11. Golubkovich A.V. Topki na rastitel'nykh otkhodakh: protsessy, konstruksii, rezhimy, raschety [Fire chambers on vegetable waste: processes, designs, modes, calculations]. Moscow: VIM, 2011: 172. (In Russian)
12. Aniskin V.I., Golubkovich A.V. Furnace systems on vegetable waste. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve*. 1999; 2: 27. (In Russian)

Критерии авторства. Все авторы несут ответственность за представленные в статье сведения и плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution. The authors are responsible for information and plagiarism avoiding.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.358.027

DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-1-42-46

ОСОБЕННОСТЬ РАБОТЫ СЕПАРАТОРА С ГИБКИМ ЦИЛИНДРОМ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ЗЕРНОВОЙ СМЕСИ

Чурюмов В.Ю., канд. техн. наук

Ухтинский государственный технический университет, ул. Первомайская, 13, г. Ухта, Республика Коми, 169300, Российская Федерация, e-mail: chur50@mail.ru

В целях повышения производства зерна необходимо эффективнее использовать машины для послеуборочной обработки зерна. Но у них есть недостаток – неудовлетворительная работа сепарирующих органов, не соответствующая современным требованиям. В ходе исследования сепаратора с гибким цилиндром выявили, что эффективность его работы и прохождение частиц через отверстия зависят от относительной скорости слоя зерна и длины отверстий. Установлены значения относительных скоростей слоя для цилиндров, имеющих отверстия различной длины, при которых возможно наибольшее выделение частиц. Показали, что при окружной скорости цилиндра 5,17 м в секунду для отверстий длиной 16 мм относительная скорость слоя не должна превышать 1,04 м в секунду; 56 мм – 2,07 м в секунду; 96 мм – 3,43 м в секунду. Отметили, что выделение мелких частиц отверстиями цилиндров (пропускная способность) соответствует теоретическим предпосылкам. Определили угловые координаты в зоне подачи материала, где относительные скорости слоя были высокими – 2,2-4,0 м в секунду. Пропускная способность отверстий в начале зоны была равна нулю, затем с уменьшением скорости медленно возрастала. Отверстия большей длины в этой зоне (96 мм) выделяли примерно в 2 раза больше частиц, чем короткие (16 мм). В зоне основного выделения относительная скорость слоя уменьшалась с 1,8 до 0,8 м в секунду. Пропускная способность во всех отверстиях увеличивалась. Отверстия большей длины имели, соответственно, лучшую пропускную способность. Определили, что наибольшее выделение частиц через отверстия соответствует относительной скорости слоя 0,7-0,9 м в секунду. Полнота выделения, равная 0,8 и выше, достигнута в цилиндрах с отверстиями длиной 96 мм за 2 цикла обработки, а при длине 16 мм – за 3 цикла. Удельная производительность – 1,05 и 0,7 кг в секунду в расчете на 1 кв. м соответственно. Установили, что при работе сепаратора с гибким цилиндром и отверстиями длиной 56 мм достигнута чистота зерна 99,0-99,2 процента. При этом удельная производительность сепаратора с гибким цилиндром примерно в 2,00-2,25 раза выше, чем в варианте с плоским решетом.

Ключевые слова: сепаратор, гибкий цилиндр, сила инерции, решето, чистота зерна, полнота выделения примесей, эффективность.

■ **Для цитирования:** Чурюмов В.Ю. Особенность работы сепаратора с гибким цилиндром для разделения зерновой смеси // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2017. №1. С. 42-46.

FEATURE OF OPERATION OF SEPARATOR WITH FLEXIBLE CYLINDER FOR GRAIN UNMIXING

V.Yu. Churyumov, Cand. Sci. (Eng.)

Ukhta state technical university, Pervomayskaya St., 13, Ukhta, Komi Republic, 169300, Russian Federation, e-mail: chur50@mail.ru

For increase in grain production it is necessary to use effectively machines for postharvest grain handling. But their shortcoming is the unsatisfactory work of the separating tools which is not conforming to modern requirements. The research of separator with the flexible cylinder revealed that its efficiency and particles passing through throughs depend on the relative speed of a grain layer and mesh lengths. Values of relative speeds of a layer for the cylinders having throughs of various length in case of which the greatest separation of particles is possible are established. At a cylinder circumferential speed of 5.17 m per second for throughs 16 mm long the relative speed of a layer should not exceed 1.04 m per second; of 56 mm – 2.07 m per second; of 96 mm – 3.43 m per second. Fine particles separation through cylinders throughs (processing capacity) corresponds to theoretical prerequisites. The author determined angular coordinates in a material feed zone where relative speeds of a layer were high – 2.2-4.0 m per second. Processing capacity of throughs at the beginning of a zone was equal to zero, then with reduction of speed slowly increased. Throughs of bigger length in this zone (96 mm) separated approximately twice more particles, than short one (16 mm). In a zone of the main separation the relative speed of

a layer decreased from 1.8 to 0.8 m per second. Processing capacity in all meshes increased, throughs of bigger length had, respectively, the best processing capacity. The greatest allocation of particles through throughs corresponds to the relative speed of a layer of 0.7-0.9 m per second. The completeness of separation equal 0.8 and above, is reached in cylinders with throughs 96 mm long for 2 operation cycles, and with a length of 16 mm – for 3 cycles. Specific throughput was equal 1.05 and 0.7 kg per second per 1 sq. m respectively. Due to operation of a separator with the flexible cylinder and throughs of 56 mm long grain separation grade reached 99.0-99.2 percent. At the same time specific throughput of a separator with the flexible cylinder is about 2.00-2.25 times higher, than in option with a flat screen.

Keywords: Separator; Flexible cylinder; Inertia force; Screen; Grain separation grade; Processing capacity.

For citation: Churyumov V.Yu. Feature of operation of separator with flexible cylinder for grain unmixing. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. 2017; 1: 42-46. DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-1-42-46. (In Russian)

В свете импортозамещения поставлена важная государственная задача – обеспечение страны сельскохозяйственной продукцией отечественного производства, прежде всего зерном. Это требует эффективной работы машин, предназначенных для его послеуборочной обработки [1-5].

К недостаткам таких машин относится неудовлетворительная работа сепарирующих органов. Необходимо повысить эффективность процесса сепарирования. Например, для его интенсификации можно использовать силы инерции. Однако инерционные сепараторы также имеют недостатки, поскольку силы инерции могут быть и ограничивающими факторами.

При кинематическом режиме работы сепаратора частицы под действием сил инерции прижимаются к внутренней поверхности тела вращения, приобретая скорость, равную скорости этой поверхности, прекращают свое относительное движение и останавливают процесс сепарирования. Кроме того, действие сил инерции способствует забиванию отверстий частицами большего диаметра. Различные методы очистки отверстий пока неэффективны [6-8].

Устранить указанные недостатки можно путем изменения геометрии поверхности вращающегося тела. Так, перемена знака радиуса кривизны на отдельном участке изменяет направление действия силы инерции на этом участке в обратную сторону. Это предполагает использование не только выпуклых поверхностей, но и хотя бы одного участка с обратной кривизной, созданного нажимным валиком. Поверхность должна быть гибкой, выполнена в форме тела вращения и вложена в решетчатый барабан [9-13].

Цель исследования – определение влияния относительной скорости сепарируемого слоя на процесс выделения отверстиями гибкого цилиндра мелкой фракции зерновой смеси, а также длины отверстий, при которой достигается эффективная работа сепаратора.

Материалы и методы. Исследования проводили на экспериментальной установке сепаратора зерна с гибким цилиндром (рис. 1). Исходным мате-

риалом служила озимая пшеница Харьковская-29 влажностью 15-16%; содержание мелких частиц, прошедших через лабораторное сито размером 2 мм, составляло 2-10%. Предварительно исследовали элементы гибких цилиндрических решет ди-

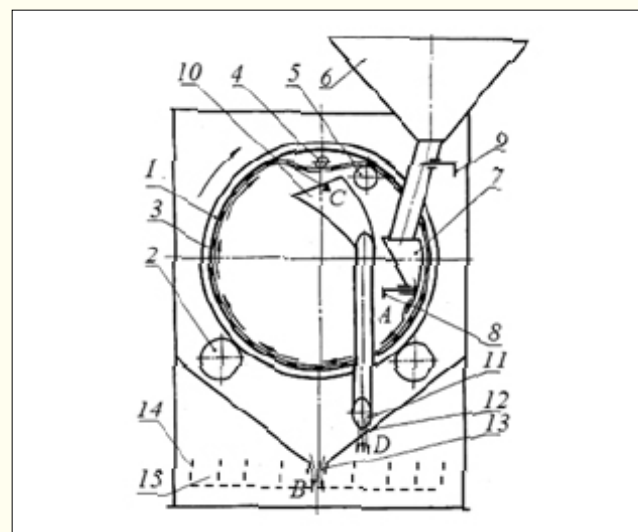


Рис. 1. Схема экспериментальной установки:

1 – решетчатый барабан; 2 – опорные катки; 3 – гибкий цилиндр; 4 – нажимной валик; 5 – поддерживающий ролик; 6 – бункер; 7 – загрузочное устройство; 8 – заслонка подачи материала; 9 – шибер; 10 – приемный желоб; 12 – скатная доска; 11 и 13 – отверстия для вывода крупной и мелкой фракций; 14 – поддон; 15 – ячейки

Fig. 1. Scheme of experimental plant:

1 – cylindrical screen; 2 – basic rollers; 3 – flexible cylinder; 4 – press roller; 5 – the supporting roller; 6 – bunker; 7 – loading device; 8 – material feed gate; 9 – shifter; 10 – receiving trough; 12 – slide board; 11 and 13 – troughs for extraction of coarse and fine fractions; 14 – bottom plate; 15 – meshes

аметром 600 мм, шириной 100 мм, изготовленные из винипласта (коэффициенты трения по зерну: в покое $f_n=0,35$; в движении $f_d=0,31$) и вложенные в решетчатый барабан.

Элементы решетки имели отверстия прямоугольной формы размерами: 2×16 (по ГОСТ 214-77); 2×56 ; 2×96 мм, примерно одинакового живого сечения:

0,40; 0,39; 0,36 соответственно. Отверстия располагались длинной стороной вдоль направляющих цилиндров.

При открытом шибере зерновая смесь из бункера поступала в загрузочное устройство. Регулируемой заслонкой устанавливали ее подачу в гибкий цилиндр. Зерновую смесь по стрелке *A* поступала на поверхность вращающегося цилиндра, перемещаясь в направлении вращения. Для сбора фракций, прошедших сквозь отверстия цилиндра, были демонтированы скатные доски и установлен поддон с ячейками, в которые по карманам (на рисунке карманов нет, а поддон с ячейками показан пунктирными линиями) поступали частицы мелкой фракции. Крупная фракция на участке обратной кривизны цилиндра по стрелке *C* через приемный желоб перемещалась по стрелке *D*. В зоне выделения мелких частиц по наружной поверхности цилиндра были размещены карманы с отражательными щитками (рис. 2), с промежутком $\pi/6$ радиан (30°).

По ним прошедшие через отверстия цилиндра мелкие частицы смеси направлялись в ячейки поддона. Окружную скорость гибкого цилиндра измеряли тахометром ТЧ-10, а скорость слоя сепарируемых частиц – измерительным валиком, специаль-

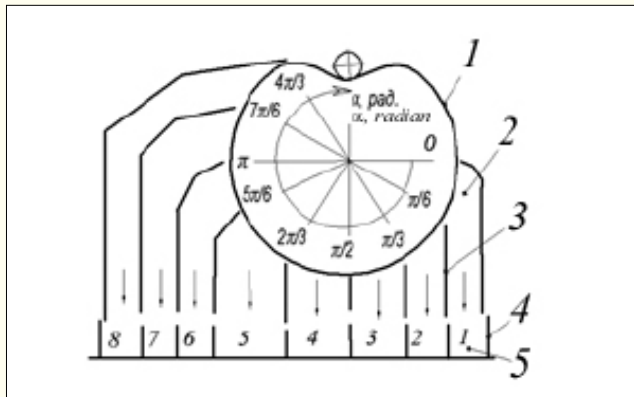


Рис. 2. Схема сбора частиц мелкой фракции смеси, выделявшихся из отверстий цилиндра:

1 – гибкий цилиндр; 2 – карманы; 3 – щитки; 4 – поддон; 5 – ячейки

Fig. 2. Scheme of collection of small fraction particles of mix separated out from cylinder throughs:

1 – flexible cylinder; 2 – feed hoppers; 3 – boards; 4 – bottom plate; 5 – meshes

но изготовленным к тахометру.

Относительную скорость сепарируемых частиц слоя определяли как разницу скоростей цилиндра и слоя. Измеряли время проведения опыта и массу частиц, поступивших в ячейки за время опыта. По этим данным вычисляли пропускную способность отверстий (q , г/с) в зоне выделения, то есть количество выделившейся массы мелкой фракции в единицу времени. Окружная скорость гибкого цилиндра за время проведения опытов составляла $V_{\text{ц}} = 5,17$ м/с, а подача зерновой смеси (в секунду на один квадратный метр площади F) была $q_F = 2,1$ кг/(с·м²). Эти режимы соответствовали эффективной работе. Повторность опытов – трехкратная. Результаты обрабатывали по общепринятым методикам.

Результаты и обсуждение. Графики зависимости скорости $v = f(\alpha)$ и пропускной способности $q = f(\alpha)$ от угловой координаты α представлены на рисунке 3. Из графиков 4, 5 и 6 видно, что в зоне подачи ($0 - \pi/6$) пропускные способности отверстий исследуемых цилиндров вначале равнялись нулю, затем с уменьшением относительной скорости слоя с 4,0 до 2,2 м/с медленно возрастали. Прохождение частиц через отверстия малой длины маловероятно ввиду того, что существует предельная относительная скорость [5]. Отверстия большей длины ($l = 96$ мм) в зоне подачи выделяют примерно в 2 раза больше, чем отверстия малой длины ($l = 16$ мм), соответственно, $q = 3,78$ и $1,78$ г/с. В зонах выделения мелких частиц цилиндрами с угловыми координатами ($\pi/6$)-(5 $\pi/6$) относительная скорость слоя частиц уменьшается с 1,8 до 0,8 м/с, пропускная способность всех отверстий увеличивается, отверстия большей длины имеют, соответственно, лучшую пропускную способность. Наибольшее количество частиц проходит сквозь отверстия цилиндра при относительной скорости слоя 0,9-0,7 м/с.

Уменьшение относительной скорости слоя до 0,5 м/с и ниже ослабляет действие кориолисовых сил инерции и давления на частицы, находящиеся в отверстиях, что замедляет скорость их прохождения и пропускную способность отверстий [5-13]. Минимальная длина отверстия l решета, через которое частицы проходят без задевания кромок, зависит от скоростей цилиндра $V_{\text{ц}}$ и частицы V_r :

$$l \geq \frac{V_{\text{ц}} \cdot R(R_1 \cdot \sin \psi_r + b)}{V_r} - R \cdot \psi_r, \quad (1)$$

где R , R_1 – внутренний и наружный радиусы цилиндра, соответственно равные 300 и 301 мм;

ψ_r – угол, соответствующий полету частицы, находящейся в отверстии при ее прохождении,

$\psi_r = \arccos(R_1 - h_s)/R_1$, $h_s = (R_1 - R) + \rho$ – высота хорды,

ρ – полутолщина частицы, равная 2 мм;

b – полудлина частицы, равная 4 мм;

$V_{\text{ц}} = 5,17$ м/с.

Преобразовав формулу (1) с учетом того, что относительная скорость равна разности скоростей цилиндра $V_{\text{ц}}$ и слоя $V_{\text{с}}$, то есть $V_0 = V_{\text{ц}} - V_{\text{с}}$, находим предельную относительную скорость слоя V_0 , при которой частицы проходят отверстия цилиндра, не задевая кромок:

$$V_{\text{с}} \leq V_{\text{ц}} - \frac{V_{\text{ц}}(R_1 \cdot \sin \psi_r + b)}{l + R \cdot \psi_r}. \quad (2)$$

С учетом указанных выше параметров при длине отверстия 16 мм относительная предельная скорость слоя составляет $V_o \leq 1,04$ м/с;

при 56 мм – $V_o \leq 2,73$ м/с;

при 96 мм – $V_o \leq 3,43$ м/с.

Относительная скорость слоя для различных длин отверстий представлена графиками 3-6.

Испытания конструкции сепаратора зерна с гибким цилиндром проводили на стенде ГСКБ ПО «Воронежзерномаш». Гибкие цилиндры диаметром 600 мм и длиной 1000 мм изготовлены из винилпласта и АБС-пластика с отверстиями размеров: 2×16; 2×56 и 2×96 мм. Принципиальная схема рабо-

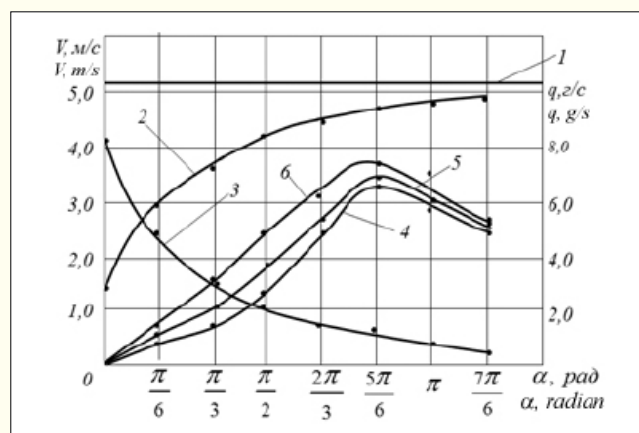


Рис. 3. Зависимость скорости и пропускной способности от угловой координаты α :

1 – окружная скорость цилиндра $V_{ц}$; 2 – скорость слоя V_c ; 3 – относительная скорость слоя V_o ; 4 – отверстия 2×16 мм; 5 – отверстия 2×56 мм; 6 – отверстия 2×96 мм

Fig. 3. Dependence of speed and throughput on angular coordinate α : 1 – district speed of the cylinder $V_{ц}$; 2 – layer speed V_c ; 3 – layer relative speed V_o ; 4 – throughs 2×16 mm; 5 – throughs 2×56 mm; 6 – throughs 2×96 mm

ты сепаратора была незначительно изменена и доработана с учетом изобретений.

Так, на валу шнека в питателе цилиндрического сепаратора установлено фасонное кольцо [6-7], разделяющее корпус питателя на загрузочную и разгрузочную части, что позволило одним шнеком, находящимся в корпусе, проводить загрузку материала в сепаратор и выгрузку из него уже обработанного зерна. Перемещением кольца по валу шнека можно изменять фронт подачи и количество циклов обработки материала сепаратором от 2 до 3.

При очистке озимой пшеницы Северодонская-4 влажностью 15% содержание частиц, способных

пройти через прямоугольные отверстия лабораторного сита размером 2,0 мм, составило 2,6%, а ее засоренность трудноотделимыми примесями размером 1,7-2,0 мм была 1,5%.

При удельной производительности сепаратора $q_F=1,2$ кг/(с·м²), с учетом цикличности обработки и окружной скорости цилиндра 5 м/с и более, на цилиндре с длиной отверстий 56 мм за 3 цикла обработки достигнута чистота зерна 99,2% при полноте выделения 0,75. Испытания плоского решета на этом же материале показали, что чистота зерна, равная 99,0% при полноте выделения 0,61, достигнута при удельной производительности 0,5 кг/(с·м²). При одинаковой удельной производительности плоского решета и гибкого сепаратора полнота выделения трудноотделимых частиц толщиной более 1,2 мм на сепараторе зерна с гибким цилиндром на 15% выше, чем у плоского.

Полнота выделения 0,80-0,85 при одинаковых режимах работы может быть достигнута при использовании цилиндров гибкого сепаратора с отверстиями длиной 96 мм за 2 цикла обработки, а с отверстиями длиной 16 мм – за 3 цикла. Удельная производительность составила 1,05 и 0,70 кг/(с·м²) соответственно. Наличие участка обратной кривизны цилиндра при минимально возможной величине прогиба, равной 55 мм, способствовало хорошей очистке отверстий. Во всех отверстиях цилиндра обнаружено не более 2,5% застрявших частиц. Это обеспечило стабильную работу сепаратора без его остановок на регенерацию.

Выводы

1. Производительность сепаратора зерна с гибким цилиндром зависит от относительной скорости слоя сепарируемых частиц и корректируется длиной отверстий.

2. Предельная относительная скорость составляет: для отверстий длиной 16 мм – $V_o \leq 1,04$ м/с; 56 мм – $V_o \leq 2,73$ м/с; 96 мм – $V_o \leq 3,43$ м/с.

3. Полнота выделения 0,8 и выше может быть достигнута при использовании цилиндров с отверстиями длиной 96 мм за 2 цикла обработки и за 3 цикла при длине отверстий 16 мм; удельная производительность равна 1,05 и 0,70 кг/(с·м²) соответственно.

4. Удельная производительность для достижения чистоты очистки 99,0-99,2% у сепаратора зерна с гибким цилиндром примерно в 2,00-2,25 раза выше, чем у сепаратора с плоским решетом.

5. Результат исследования позволил обеспечить стабильную работу сепаратора с гибким цилиндром без его остановок на регенерацию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хамуев В.Г., Корн А.М. Разработать систему приоритетных технологий и технических средств очистки и сортирования для селекционно-семеноводческих ра-

бот // Отчет о НИР. М.: ФАНО. 2015, 126 с.

2. Сорокин Н.Т., Хамуев В.Г., Бабченко В.Д. Создание сельскохозяйственных машин на инновационной ос-

нове // Система технологий и машин для инновационного развития АПК России: Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции, 17-18 сентября 2013 г. М.: ВИМ, 2013. С. 131-133.

3. Хамуев В.Г. Обоснование параметров глубокого пневмосепарирующего канала для очистки семян от трудноотделимых примесей // Дисс. ... канд. техн. наук. М.: ВИМ, 2008.

4. Павлов С.А., Пехальский И.А., Дринча В.М. Состояние и задачи научно-технического обеспечения машинной подготовки семян // Сборник научных трудов. М.: ВИМ, 2000. Т. 132. С. 73-79.

5. Дринча В.М., Пехальский И.А. Как очистить зерно // Земледелие. 1997. N4. С. 32-33.

6. Чурюмов В.Ю. Определение относительной скорости движения слоя сыпучего материала внутри цилиндра в эластичном сепараторе // Инженерный вестник Дона. 2015. N1. URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/2856> (Дата обращения 24.12.2016).

7. Кузьмин М.В., Чурюмов В.Ю. Влияние длины отверс-

тия гибкого цилиндрического решета на эффективность очистки // Проектирование рабочих органов почвообрабатывающих, уборочных сельскохозяйственных машин и агрегатов для кормопроизводства: Межвузовский сборник Ростовского на Дону института сельскохозяйственного машиностроения. Ростов н/Д, 1984. С. 103-108.

8. Пат. N2112606 РФ. Способ очистки отверстий цилиндрических решет и устройство для его реализации / Анискин В.И., Дринча В.М., Пехальский И.А., Кожевникова С.В. // Бюл. 1998. N16.

9. А.С. N447181 СССР. Решето / Кузьмин М.В. // Бюл. 1974.

10. А.С. N1159664 СССР. Питатель цилиндрического сепаратора / Кузьмин М.В., Чурюмов В.Ю. // Бюл. 1985.

11. А.С. N994060 СССР. Питатель для лабораторного стенда / Чурюмов В.Ю. // Бюл. 1983.

12. Пат. N2550639 РФ. Сепаратор сыпучих материалов / Хамуев В.Г., Бабченко В.Д., Филичев О.А. // Бюл. 2014.

13. Пат. N2566884 РФ. Сепаратор сыпучих материалов / Хамуев В.Г., Филичев О.А., Бабченко В.Д. // Бюл. 2014.

REFERENCES

1. Khamuev V.G., Korn A.M. Razrabotat' sistemu prioritetnykh tekhnologiy i tekhnicheskikh sredstv ochistki i sortirovaniya dlya selektsionno-semenovodcheskikh rabot [To develop system of priority technologies and technical means of cleaning and sorting for selection and seed-production works]. research report. Moscow: FANO. 2015: 126 (In Russian)

2. Sorokin N.T., Khamuev V.G., Babchenko V.D. Creation of agricultural machines on an innovative basis. System of technologies and machinery for innovative development of AIC in Russia: Sbornik nauchnykh dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, 17-18 September 201. Moscow: VIM, 2013: 131-133. (In Russian)

3. Khamuev V.G. Obosnovanie parametrov glubokogo pnevmosepariruyushchego kanala dlya ochistki semyan ot trudnotdelimyykh primesey [Justification of parameters of deep pneumoseparating channel for seeds cleaning from hardly separable impurity]. Diss. ... kand. tekhn.nauk. Moscow: VIM. 2008. (In Russian)

4. Pavlov S.A., Pekhal'skiy I.A., Drincha V.M. State and problems of scientific and technical support for machine preparation of seeds. Sbornik nauchnykh trudov. Moscow: VIM, 2000. Vol. 132: 73-79. (In Russian)

5. Drincha V.M., Pekhal'skiy I.A. Kak ochistit' zerno [How to clean grain]. *Zemledelie*. 1997; 4: 32-33. (In Russian)

6. Churyumov V.Yu. Determining the relative velocity of the particles of the layer of bulk material inside the cylinder in the elastic separator. *Inzhenernyy vestnik Dona*. 2015;1.

URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/2856> (Accessed 24.12.2016). (In Russian)

7. Kuz'min M.V., Churyumov V.Yu. Influence of length of a mesh of a flexible cylindrical screen on cleaning efficiency. *Proektirovanie rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh, uborochnykh sel'skokhozyaystvennykh mashin i agregatov dlya kormoproizvodstva: Mezhdunarodnyy sbornik Rostovskogo na Donu instituta sel'skokhozyaystvennogo mashinostroeniya*. Rostov n/D, 1984: 103-108. (In Russian)

8. Pat. N2112606 RF. Sposob ochistki otverstiy tsilindricheskikh reshet i ustroystvo dlya ego realizatsii [Way of cleaning of throughs in cylindrical screens and device for its realization]. Aniskin V.I., Drincha V.M., Pekhal'skiy I.A., Kozhevnikova S.V. Byul. 1998. N16. (In Russian)

9. Avtorskoe svidetel'stvo SSSR N447181 SSSR. Resheto [Screen]. Kuz'min M.V. Byul. 1974. (In Russian)

10. Avtorskoe svidetel'stvo SSSR N1159664 SSSR. Pitatel' tsilindricheskogo separatora [Feeder for cylindrical separator]. Kuz'min M.V., Churyumov V.Yu. Byul. 1985. (In Russian)

11. Avtorskoe svidetel'stvo SSSR N994060 SSSR. Pitatel' dlya laboratornogo stenda [Feeder for laboratory stand]. Churyumov V.Yu. Byul. 1983. (In Russian)

12. Pat. N2550639 RF. Separator syuchikh materialov [Separator for bulk materials]. Khamuev V.G., Babchenko V.D., Filichev O.A. Byul. 2014. (In Russian)

13. Pat. N2566884 RF. Separator syuchikh materialov [Separator for bulk materials]. Khamuev V.G., Filichev O.A., Babchenko V.D. Byul. 2014. (In Russian)

Критерии авторства. Автор несет ответственность за представленные в статье сведения и плагиат.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Contribution. The author is responsible for information and plagiarism avoiding.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.



ПЕРЕЧЕНЬ СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В 2016 ГОДУ

1

Годжаев З.А., Измайлов А.Ю., Шевцов В.Г., Лавров А.В., Русанов А.В.

Исследование давления колесного движителя на почву с учетом характеристики шины 5

Лобачевский Я.П., Трубилин Е.И., Труфляк Е.В.

Ресурсосберегающие машинные технологии и режимы работы кукурузоуборочных машин 11

Зеников В.И.

Исследование и разработка материалопровода измельчителя барабанного типа. 17

Пехальский И.А., Жалнин Э.В., Нурбагандова Р.М.

Обоснование оптимального режима работы пневматического сортировального стола производительностью 9 т/ч 22

Голубкович А.В., Пехальский И.А., Дадыко А.И., Чижигов А.Г.

Повышение эффективности термообработки растительных материалов в трубчатых реакторах 27

Сибирёв А.В., Аксенов А.Г., Емельянов П.А.

Обоснование конструкции дискового заделывающего органа лукопосадочной машины 32

Кравчук В.И., Давыдюк В.П.

Принципы исследования деформации почвенного агрегата при взаимодействии с рабочим элементом машины 37

Личман Г.И., Марченко Н.М., Елизаров В.П., Марченко А.Н.

Обоснование параметров машинной технологии приготовления органо-бактериальных удобрений 43

2

Измайлов А.Ю., Артюшин А.А., Евтюшенков Н.Е., Бисенов Г.С., Рожин В.Ф., Кынев Д.Н.

Расчет производительности и потребности технических средств уборочно-транспортного комплекса 5

Лобачевский Я.П., Комогорцев В.Ф., Старовойтов С.И., Храмовских К.А.

Анализ тягового сопротивления элементов цилиндрического плужного корпуса 11

Жалнин Э.В., Шибряева Л.С., Садыков Ж.С.

Низкочастотное электромагнитное облучение зерна в зерноуборочном комбайне 16

Годжаев З.А., Марченко Л.А., Степанов Б.Е., Козлова А.И.

Автожир для внесения жидких средств химизации и обоснование его технологических параметров. 22

Маслов Г.Г., Трубилин Е.И.

К обоснованию параметров зерноуборочных комбайнов и их эффективности 28

Дадыко А.Н.

Моделирование аэродинамики факельно-вихревого режима в топке для растительных отходов 32

Бижаев А.В., Девянин С.Н.

Результаты экспериментальных исследований добавок воды в камеру сгорания дизельного двигателя 36

Адамчук В.В., Булгаков В.М.

Математическая модель очистителя головок корнеплодов ... 40

Рунов Б.А.

Применение робототехнических средств в АПК 44

3

Долгушкин Н.К.

Технологическая модернизация – основа эффективности АПК, устойчивого развития сельских территорий 3

Липкович Э.И.

Направления ресурсосбережения в базовой сельхозтехнике ... 7

Лобачевский Я.П., Комогорцев В.Ф., Старовойтов С.И.

Методика построения профиля поперечного сечения диска ... 12

Черников В.Г., Романенко В.Ю.

Анализ работы подбирающего аппарата льнотресты с подпружиненными пальцами 17

Жук А.Ф., Лобачевский Я.П., Елизаров В.П., Николаенко Н.Ю., Семичев С.В., Шишиморов С.А.

Разработка и исследование фрезерного агрегата для картофелеводства 21

Марин Р.А.

Исследование переноса влаги в зерне при осциллирующей сушке 26

Шибряева Л.С., Подзорова М.В., Тертышная Ю.В.

Инновационные сельскохозяйственные материалы 33

Деревянко Д.А.

Исследование травмирования семян при их перемещении по дисковому сошнику 37

Попов В.Д., Максимов Д.А., Брюханов А.Ю.

Экология сельхозпроизводства: проблемы и решения 43

4
**Лобачевский Я.П., Лискин И.В., Сидоров С.А.,
Миронов Д.А., Курбанов Р.К.**

 Разработка и технология изготовления
почвообрабатывающих рабочих органов 3

Шевцов В.Г., Годжаев З.А., Лавров А.В., Зубина В.А.

 Методика определения оптимального количественно-
возрастного состава тракторного парка 9

Альт В.В., Ольшевский С.Н.

Информационные модели сельскохозяйственных объектов ... 15

Чепурин Г.Е., Иванов Н.М.

 Обоснование разработки технологического паспорта
зерноуборочных комбайнов 25

Павлов С.А., Пехальский И.А., Марин Р.А.

 Экспериментальные исследования массопереноса в зерновке
при осциллирующей сушке зерна 32

Уваров В.П., Левшин А.Г., Майстренко Н.А.

 Оптимальное соотношение основных механизированных работ
при прямомочном внесении удобрений 38

Зоря М.В.

 Динамика движения рабочего органа для образования
борозды в грунте 44

5
Горин Г.С., Годжаев З.А., Головач В. М., Кузьмин В.А.

 Исследования поворачиваемости трактора для построения
гибридной теории поворота 3

Хамуев В.Г.

 Интенсивность выделения легкой примеси в вертикально
восходящем воздушном потоке 12

Лобачевский Я.П., Старовойтов С.И.

 Теоретические и технологические аспекты работы
рыхлительного рабочего органа 17

Тертышная Ю.В., Левина Н.С.

 Влияние спектрального состава света на развитие
сельскохозяйственных культур 24

**Евтюшенков Н.Е., Крюков М.Л., Шилова Е.П.,
Власова С.В.**

 Технология и техника для уборки и транспортировки зерна
в селекции и первичном семеноводстве 30

Дадыко А.Н.

Расчет параметров подсушки растительного сырья 36

Мечкало Л.Ф., Мечкало А.Л.

 Инновационная концепция разработки и производства
перспективных моделей тракторов эконом-класса 41

Норчаев Д.Р.

Энергосберегающий картофелекопатель 44

6
Измайлов А.Ю., Макаров В.А.

 К вопросу обоснования технико-экономического уровня
сельскохозяйственных машин и оборудования 3

Жук А.Ф.

Способ противоэрозионной обработки почвы 10

Руденко Н.Е., Кайванов С.Д., Завялик Ф.Н.

Инновационная стрельчатая почвообрабатывающая лапа 16

Сидоров С.А., Поткин С.Н., Миронов Д.А., Лискин И.В.

 Комбинированные лабораторные исследования материалов
рабочих органов на абразивный износ 21

**Гончаров Н.Т., Колесникова В.А., Афонина И.И.,
Хорошенков В.К., Алексеев И.С., Лонин С.Э., Лужнова Е.С.**

 Мониторинг управления сельскохозяйственными
мобильными и стационарными объектами 27

Коротченя В.М.

 Техническая эффективность использования сельскохозяйствен-
ных ресурсов в России 33

Шафоростов В.Д., Макаров С.С., Елизаров П.А.

 Инновационная жатка к селекционному комбайну для уборки
опытных делянок подсолнечника 40

Спеваков Р.И.

Усовершенствованная технология уборки хлопка-сырца 45





**ЕЖЕВСКИЙ
АЛЕКСАНДР
АЛЕКСАНДРОВИЧ**

3.11.1915 – 15.01. 2017

15 января 2017 года скончался Александр Александрович Ежевский – Герой Социалистического труда, кавалер четырех орденов Ленина, двух орденов Трудового Красного Знамени, ордена «За заслуги перед Отечеством» IV степени.

Александр Александрович родился 3 ноября 1915 года в Иркутской области. Окончил Иркутский сельскохозяйственный институт по специальности инженер-механик.

Начав свою трудовую деятельность в 15 лет учеником токаря, прошел славный путь от главного инженера до высоких постов руководителя государственного значения. В годы Великой Отечественной войны принимал активное участие в организации выпуска техники для нужд фронта. В послевоенное время все силы и талант организатора отдавал становлению технического оснащения АПК страны. Начиная с 1954 года Александр Александрович Ежевский работал на государственных постах в должностях заместителя, а затем министра тракторного и сельскохозяйственного машиностроения. Эти годы знаменуются расширенной постановкой на производство новейшей высококачественной техники для сельского хозяйства. В 60-тые годы Ежевский А.А. – член коллегии Госплана СССР, с декабря с 1962 года в течении 18 лет работал Председателем Всесоюзного объединения «Союзсельхозтехника», всемерно способствуя продвижению современных машин на село. Известна его деятельность на посту директора Иркутского, Алтайского заводов, завода «Ростсельмаш».

Во время работы на Иркутском автомобильно-сборочном заводе под руководством Александра

Александровича было организовано поточное производство многих узлов и агрегатов автомобилей. Во время войны на Иркутском заводе под руководством Ежевского А.А. осуществлялась сборка автомобилей Стедебеккер, получаемых по лендлизу из США, которые отправлялись на фронт. На Алтайском тракторном заводе был осуществлен безопасный переход с керосинового трактора АСХТЗ – НАТИ на дизельный Д-54. На Ростсельмаше было организовано производство самоходных косилок кукурузоуборочных комбайнов и другой техники.

В 1992-1995 годах Ежевский А.А. работал Главным Советником Торгово-промышленной палаты СССР и Главным Советником ОАО «Тракторо экспорт». Ежевский А.А. – депутат Верховного Совета пяти созывов, избирался на XXII, XXIII, XXIV и XXV съездах КПСС, был членом Центрального Комитета КПСС.

Большой жизненный опыт, неиссякаемое трудолюбие и целеустремленность, скромность и отзывчивость снискали Ежевскому А.А. всеобщее уважение.

Светлая память о Александре Александровиче Ежевском навсегда сохранится в наших сердцах.



ПОДПИСКА 2017

КАК
подписаться
на журнал?



ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!

Подписку на второе полугодие 2017 г. можно оформить
до 20 июня включительно
в почтовых отделениях связи
по каталогу агентства «РОСПЕЧАТЬ»
Подписной индекс **35825**

ЖУРНАЛ

«СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИИ»
ВКЛЮЧЕН В ПЕРЕЧЕНЬ ВАК

Редакция журнала:

Тел.: 8 (499) 174-88-11, 8 (499) 174-89-01

E-mail: smit@vim.ru