



ISSN 2073-7599

Сельскохозяйственные МАШИНЫ и ТЕХНОЛОГИИ

№ 3 2016

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ и ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЖУРНАЛ

Ресурсосбережение в базовой сельхозтехнике

Технологическая модернизация –
основа эффективности АПК

Эффективные технологии и технические средства
для сушки семян и зерна



НОВЫЙ ЗЕРНОУБОРОЧНЫЙ КОМБАЙН RSM 161 ПРОИЗВОДСТВА РОСТСЕЛЬМАШ



НОВЫЙ ЗЕРНОУБОРОЧНЫЙ КОМБАЙН RSM 161

Ведущий отечественный производитель сельхозтехники – компания Ростсельмаш вывела на рынок 2-барабанный 6-клавишный комбайн RSM 161. Летом 2015 года производитель успешно провел демо-тур нового зерноуборочного комбайна. Машина прошла полевые испытания в крупнейших хозяйствах ключевых регионов страны. Суммарное расстояние, которое пришлось преодолеть технике за время тура, составило порядка 13 000 км. Официальный старт мероприятий состоялся 17 июля в Зерноградском районе Ростовской области, завершился же демо-тур 15 сентября в Омской области.

Назначение. RSM 161 предназначен для уборки всех традиционных зерновых культур — колосовых, бобовых, масличных, крупяных и пропашных. Для обеспечения этой возможности Ростсельмаш предлагает широкий спектр жаток и дополнительного оборудования. Причем вместе с машиной увидели свет новое поколение универсальных зерновых жаток. Это очень эффективная машина с производительностью порядка 45 т/ч, способная обработать за сезон до 2 000 Га. Испытания на полях показали, что ближайшие конкуренты уступают машине по этому показателю порядка 15-20 %. По эффективности новый комбайн — вне конкуренции, при этом по цене он доступнее импортных аналогов. Комбайн выполняет все основные требования, которые только могут быть предъявлены к ЗУК: высокое качество обмолота, минимизация потерь и травмирования зерна, сохранение качества соломы (важно для животноводческих хозяйств), экономичность.

Платформа. RSM 161 — это совершенно новая машина-платформа, на базе которой будет создана широкая линейка техники. В основу разработки были заложены три основных принципа: модульность, универсальность, гибкость, что позволит создать целый шлейф машин с самыми разными технологическими схемами, разной производительностью, мощностью в кратчайшие сроки. В среднесрочной перспективе (до 2020 г.) компания планирует разработать еще не менее пяти моделей. В том числе обновить модельный ряд классических 1-барабанных машин. Но-

вая платформа весьма перспективна.

Комфорт. RSM 161 — комбайн премиум-сегмента, и рабочее место полностью ему соответствует. Новая кабина Luxury Cab с панорамным остеклением, стеклоочистителем, зеркалами на 30 % просторнее Comfort Cab, применяемой на серийных машинах. Установлены эргономичные кресла как для механизатора, так и для помощника, улучшена адаптируемость рабочего места под индивидуальные требования человека. Кабина оснащена высокоэффективной системой климат-контроля. Предусмотрены места для хранения личных вещей, инструментов, продуктов.

Управление и обслуживание. Машина получила информационную систему последнего поколения Adviser III с 10-дюймовым цветным монитором тачскрин, для которой мы разработали совершенно новый пользовательский интерфейс — большинство функций сосредоточено на одном, максимум двух уровнях меню. Переосмыслены положения, связанные с удобством обслуживания и настройки машины. Минимизировано количество операций по замене деталей и предельно облегчены узлы, требующие демонтажа. Сделано множество улучшений «по мелочам»: подножки, ручки, лючки особой формы, инструментальные ящики-трансформеры, традиционная емкость с водой для мытья рук (кстати, это нехитрое изобретение уже заимствовано зарубежными конкурентами) и многое другое.



Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства» Российской академии наук

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ
И ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЖУРНАЛ

Журнал зарегистрирован Федеральной службой
по надзору за соблюдением законодательства
в сфере массовых коммуникаций и охране
культурного наследия

Свидетельство ПИ № ФС77-27860
от 12 апреля 2007 г.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

В.А. Колесникова,
канд. техн. наук, Заслуженный
работник сельского хозяйства РФ
РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ
РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ:

В.В. Альт, член-корр. РАН,
СибФТИ, Новосибирск
А.А. Ежевский, почетный академик
РАСХН, ГОСНИТИ, Москва
М.Н. Ерохин, академик РАН,
РГАУ-МСХА, Москва
Ю.А. Иванов, член-корр. РАН,
ВНИИМЖ, Москва
А.Ю. Измайлов, академик РАН,
ВИМ, Москва
В.М. Кряжков, академик РАН,
ВИМ, Москва
И.М. Куликов, академик РАН,
ВСТИСП, Москва
Ю.Ф. Лачуга, академик РАН,
Москва
Э.И. Липкович, академик РАН,
АЧИИ ДГАУ, Черноград
Я.П. Лобачевский, д.т.н., проф.,
ВИМ, Москва
В.Д. Попов, академик РАН,
ИАЭП, Санкт-Петербург
Б.А. Рунов, академик РАН,
ЦНСХБ, Москва
Д.С. Стребков, академик РАН,
ВИЭСХ, Москва

ИНОСТРАННЫЕ ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

В.И. Кравчук, член-корр. НААН
Украины, Киев
Ж.С. Садыков, д.т.н., проф.,
НИИ АИПиНТ, 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. Нурбагандова

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

109428, Москва,

1-й Институтский проезд, 5

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

E-mail: smit@vim.ru

Сельскохозяйственные МАШИНЫ и ТЕХНОЛОГИИ

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

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

Долгушкин Н.К.

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

Липкович Э.И.

Направления ресурсосбережения в базовой сельхозтехнике 7

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

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

ЭКОЛОГИЯ

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

Экология сельхозпроизводства: проблемы и решения 43

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



Founder and publisher:
Federal State Budgetary
Scientific Institution
All-Russia Research Institute
of Mechanization for Agriculture
of Russian Academy of Science

SCIENTIFIC-PRODUCTION AND
INFORMATION JOURNAL

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

Certificate ПИ № ФС77-27860
from April, 12th, 2007

EDITOR-IN-CHIEF
Kolesnikova V.A.

EDITORIAL BOARD:

Al't V.V. – D.Sc.(Eng), corr.m. of RAS
Ezhevskiy A.A. – honorary m. of RAAS
Erokhin M.N. – D.Sc.(Eng), m. of RAS
Ivanov Yu.A. – D.Sc.(Agr.), corr.m. of RAS
Izmaylov A.Yu. – D.Sc.(Eng), m. of RAS
Kryazhkov V.M. – 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. – 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

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 FSBSI 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 15.05.2016
The circulation is 500 copies

CONTENTS

PROBLEMS AND DECISIONS

N.K. Dolgushkin

Technological modernization is basis of efficiency of agrarian and
industrial complex, of sustainable development of rural territories 3

E.I. Lipkovich

Resource-saving directions in basic machinery 7

NEW TECHNIQS AND TECHNOLOGIES

Ya.P. Lobachevsky, V.F. Komogortsev, S.I. Starovoytov

Technique of creation of profile of disk cross section 12

V.G. Chernikov, V.Yu. Romanenko

Analysis of action of device with spring pins for picking up
of retted flax straw 17

**A.F. Zhuk, Ya.P. Lobachevskiy, V.P. Elizarov, N.Yu. Nikolaenko,
S.V. Semichev, S.A. Shishimorov**

Engineering and research of rotary tillage combine for potato growing . 21

R.A. Marin

Research of moisture transfer in grain at oscillating drying 26

L.S. Shibryaeva, M.V. Podzorova, Yu.V. Tertyshnaya

Innovative agricultural materials 33

D.A. Derevyanko

Research of damage of seeds at their movement in disc coulter of
modernized design 37

ECOLOGY

V.D. Popov, D.A. Maksimov, A.Yu. Bryukhanov

Agricultural production ecology: problems and solutions 43

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

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

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

УДК 631.15:658.589



ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ – ОСНОВА ЭФФЕКТИВНОСТИ АПК, УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

ДОЛГУШКИН Н.К.,
член-корр. РАН

Российская академия наук, Ленинский просп, 14, Москва, 119991, Российская Федерация, e-mail: ndolgushkin@mail.ru

В условиях глобальной экономики социально-экономическое развитие России сталкивается с рядом долгосрочных вызовов. Важнейший из них – низкий уровень конкурентоспособности и эффективности производства. Отмечено, что основной причиной недостаточно высокой эффективности сельскохозяйственной отрасли является низкий уровень ее государственной поддержки, который в несколько раз меньше, чем на Западе. Выявлено, что серьезные риски для конкурентоспособности отечественного АПК создает высокий уровень импорта материальных ресурсов и сельхозтехники. Показано, что в стране в результате антикризисных мер заметно сократился импорт продовольствия; благодаря значительному увеличению субсидий сельхозмашиностроителям возросло производство тракторов, комбайнов и другой сельхозтехники. Подчеркнуто, что кардинально изменить положение дел в сельском хозяйстве возможно лишь на основе его технологической модернизации, возрождения отечественного сельхозмашиностроения, создания сети центров обучения, технопарков и технологических платформ для чего необходима специальная отраслевая программа развития сельхозмашиностроения.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, сельское хозяйство, сельскохозяйственная техника, технологии, энергообеспеченность, конкурентоспособность, инновации.

Долгосрочное социально-экономическое развитие России сталкивается с рядом вызовов и рисков, которые определяются, с одной стороны, общемировыми, глобальными трендами, а с другой – специфическими особенностями отечественной экономики.

В Стратегии национальной безопасности страны Совет Безопасности Российской Федерации к главным угрозам в экономике относит низкую конкурентоспособность, сохранение экспортно-сырьевой модели развития, высокую зависимость от внешнеэкономической конъюнктуры, недостаточный объем кредитования. Все перечисленные риски и

угрозы в полной мере относятся к отечественному сельскому хозяйству, о чем свидетельствуют технико-технологическое состояние отрасли, медленные темпы ее модернизации. Основными причинами сложившегося положения стали: неудовлетворительное финансово-экономическое состояние отрасли, недостаточные инвестиции и недопустимо низкий уровень ее государственной поддержки, который в несколько раз ниже, чем на Западе [1, 2].

В Евросоюзе совокупная разрешенная поддержка сельского хозяйства из национальных и общего бюджетов составляет около 100 млрд долл. США, в Японии – 39,6 млрд, в США – 19,1 млрд. В расче-

те на 1 га пашни господдержка составляет в ЕС около 250 евро, а в России – 434 руб., то есть 5-6 евро по современному курсу.

Серьезные риски для конкурентоспособности отечественного АПК создает высокий уровень импорта материальных ресурсов. К сожалению, остаются значительными и в последние годы даже увеличились закупки за рубежом средств защиты растений, семян сахарной свеклы, подсолнечника, овощных культур, кукурузы, которые превышают 50% от потребности, а также племенного скота, племенных яиц, многих ингредиентов для пищевой промышленности.

Очевидной угрозой для национальной безопасности стала зависимость отечественного АПК от поставок зарубежной сельхозтехники. Так, в 2014 г. удельный вес импортных тракторов в общем количестве, приобретенных сельхозтоваропроизводителями, составил 65,1%, зерноуборочных комбайнов – около 23%, а по отдельным регионам соответственно – 70 и 40%.

Значительный удельный вес зарубежной техники и оборудования увеличивает технологическую зависимость агропромышленного комплекса от импортных поставок запасных частей и материалов, существенно сдерживает развитие сельхозмашиностроения.

Отечественное сельское хозяйство в значительной степени отстает от общемирового уровня по использованию ресурсосберегающих технологий, которые применяются лишь на 22-25 млн га. В то же время за рубежом, к примеру в Канаде, по таким технологиям обрабатывают более 90% земель. Уровень внедрения инноваций в российском АПК составляет около 10%, а в США – больше 50%.

Серьезной проблемой остается значительный износ материально-технической базы. За пределами сроков амортизации используется больше половины сельхозмашин; нагрузка на сельхозтехнику в несколько раз выше, чем у западных аграриев.

Недостаток техники, ее низкая производительность стали основной причиной нарушения оптимальных сроков проведения посевных и уборочных работ. Ежегодные потери зерна, по мнению специалистов, достигают 20 млн т. Фактическая нагрузка на один трактор составляет около 300 га, на зерноуборочный комбайн – 400 га. При этом нагрузка на один трактор в США составляет 37 га, в Англии – 13, Франции – 16, Германии – 11,5 га; нагрузка на один зерноуборочный комбайн – 50 га, 77, 50 и 53 га соответственно.

Президент РФ поставил перед сельхозтоваропроизводителями задачу в ближайшие 5 лет максимально уйти от импортной продовольственной зависимости по производству основных групп про-

дуктов питания, достичь показателей, предусмотренных Доктриной продовольственной безопасности [3, 6, 7].

В результате принятых антисанкционных мер за 2015 г. импорт продовольствия сократился на треть и составил 26,5 млрд долл. США. Уменьшился ввоз мяса, снизились поставки молока, фруктов. Это хороший шанс нарастить собственное производство недостающих продовольственных товаров. По расчетам специалистов, отечественной продукцией можно заместить до 50% импорта, но сделать это нужно в максимально короткие сроки.

Минсельхоз России планирует к 2020 г. выйти на полное самообеспечение молоком, мясом и овощами, а к 2025 г. довести сбор зерновых до 130 млн т, ввести в оборот дополнительно около 10 млн га пашенных земель.

Принципиальный прорыв в отечественном сельском хозяйстве возможен лишь на основе его незамедлительного технического и технологического перевооружения и модернизации. Для этого необходимо возродить собственное сельхозмашиностроение, реализовав стратегию его развития до 2020 г., разработанную учеными Отделения сельскохозяйственных наук РАН.

Особое внимание необходимо уделить созданию автоматизированных интеллектуальных комплексов машин и оборудования для растениеводства и животноводства [4, 5].

В 2015 г. сельхозтоваропроизводители страны приобрели отечественной сельхозтехники в 3,6 раза больше, чем в 2014 г. Этого удалось достичь благодаря почти трехкратному увеличению субсидий сельхозмашиностроителям на возмещение скидки, которую они предоставляют сельхозтоваропроизводителям при покупке сельхозтехники в рамках Государственной программы развития сельского хозяйства. Увеличение размера субсидируемой скидки на покупку сельхозтехники до 25%, а для Крыма, Сибири и Дальнего Востока – до 30%, оказало значительную поддержку как сельхозмашиностроителям, так и сельхозтоваропроизводителям и, по существу, имело мультипликационный эффект.

В результате только за первое полугодие 2015 г. производство тракторов возросло на 77%, кормоуборочных комбайнов – на 69%, машин для внесения удобрений – на 46%. За этот же период экспорт российской сельхозтехники вырос на 74%, в том числе тракторов – на 161%, комбайнов – на 60%. Доля отечественных энергонасыщенных тракторов, выпускаемых по полному циклу, в структуре российского рынка сельхозмашиностроения увеличилась в 3 раза, зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов – в 1,3 раза.

Сегодня в России действуют 57 заводов

сельхозмашиностроения. Необходимо не только продолжить, но и значительно увеличить субсидирование программы по выпуску отечественной сельхозтехники. Следует отметить, что в 2016 г. объем субсидирования на приобретение техники значительно увеличен – до 10,5 млрд руб., что позволит аграриям приобрести в 2 раза больше сельхозтехники, чем в 2015 г.

В стране на сегодняшний день нужна программа неоиндустриализации на базе современной техники и передовых технологий производства.

В частности, необходимо принять специальную отраслевую программу развития сельхозмашиностроения, определить ее основные индикаторы, которые бы тесно увязывались с параметрами Государственной программы развития сельского хозяйства [8-10].

Литература

1. Долгушкин Н.К. Совершенствование размещения производительных сил в АПК – важнейший фактор устойчивого развития сельских территорий // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2015. – № 4. – С. 8-11.

2. Долгушкин Н.К. Проблемы территориально-отраслевого разделения труда в АПК // АПК: экономика, управление. – 2015. – № 4. – С. 70-77.

3. Ежеский А.А. Техническая и технологическая обеспеченность сельскохозяйственного производства России на 2013-2020 годы // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2014. – № 1. – 122 с.

4. Измайлов А.Ю. О машинно-технологическом обеспечении интеллектуального сельскохозяйственного производства // Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий: Сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. – М.: ВИМ, 2014. – С. 12-16.

5. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П. Система машин для комплексной механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства

Следует возродить систему инженерно-технического обслуживания АПК, так как из-за неразвитости этого сектора на низком уровне находится эксплуатационная готовность техники, что приводит к ее значительным простоям. Необходимо в обязательном порядке восстановить систему подготовки кадров для сельхозпроизводства как инженерно-технических работников, так и кадров массовых профессий и систему повышения уровня их профессиональных знаний.

Инновационное развитие сельского хозяйства невозможно без современных технологий, в продвижении которых важную роль призваны играть центры обучения, технопарки и технологические платформы, создаваемые на базе научных и образовательных организаций, опытных и учебных хозяйств.

на период до 2020 года // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2013. – № 6. – С. 6-10.

6. Измайлов А.Ю., Елизаров В.П., Антышев Н.М., Бейлис В.М. Система технологий, типов и параметры машин для комплексной механизации растениеводства: разработка и развитие в рыночных условиях. – М.: ВИМ, 2010. – 264 с.

7. Милосердов В.В. Продовольственная безопасность и меры по ее обеспечению. – Екатеринбург; Уральское издательство, 2015. – 122 с.

8. Фисинин В.И., Лачуга Ю.Ф., Жученко А.А. и др. Стратегия машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России на период до 2020 года. – М.: Росинформагротех, 2009. – 80 с.

9. Ушаев И.Г. Научные проблемы импортозамещения и формирования экспортного потенциала в агропромышленном комплексе России // Доклад на Общем собрании Отделения сельскохозяйственных наук РАН. М., 7.12.2015.

10. Шутьков А.А. Новый вектор российской аграрной политики – импортозамещение // АПК: экономика, управление. – 2015. – № 4. – С. 9-15.

TECHNOLOGICAL MODERNIZATION IS BASIS OF EFFICIENCY OF AGRARIAN AND INDUSTRIAL COMPLEX, OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF RURAL TERRITORIES

N.K. Dolgushkin, corresponding member of RAS, Russian Academy of Sciences, Leninskiy prospekt, 14, Moscow, 119991, Russian Federation, e-mail: ndolgushkin@mail.ru

In the conditions of global economy social and economic development of Russia faces a number of long-term challenges. The most important of them is the low level of competitiveness and production efficiency. The low level of state support which several times is less, than in the West is the main reason for insufficiently high efficiency of agriculture. The high level of import of material resources and agricultural machinery creates serious risks for competitiveness of domestic agrarian and industrial complex. Food import into Russia was considerably reduced as because of crisis response measures. Production of tractors, combines and other agricultural machinery increased

thanks to significant rise in subsidies to agricultural engineering. A situation in agriculture can be change only on the basis of technological modernization, revival of domestic agricultural mechanical engineering, establishment of a network of the training centers, science and technology parks and technological platforms. For this purpose the special industry program of development of agricultural mechanical engineering is necessary.

Keywords: Agrarian and industrial complex; Agriculture; Agricultural machinery; Technologies; Power security; Competitiveness; Innovations.

References

1. Dolgushkin N.K. Sovershenstvovanie razmeshcheniya proizvoditel'nykh sil v APK – vazhneyshiy faktor ustoychivogo razvitiya sel'skikh territoriy [Improvement of placement of productive forces in agrarian and industrial complex is the most important factor of sustainable development of rural territories]. *Ekonomika, trud, upravlenie v sel'skom khozyaystve*. 2015. No. 4. pp. 8-11 (Russian).
2. Dolgushkin N.K. Problemy territorial'no-otraslevogo razdeleniya truda v APK [Problems of territorial and branch differentiation of labor in agrarian and industrial complex]. *APK: ekonomika, upravlenie*. 2015. No. 4. pp. 70-77 (Russian).
3. Ezhevskiy A.A. Tekhnicheskaya i tekhnologicheskaya obespechennost' sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva Rossii na 2013-2020 gody [Technical and technological supply of Russian agricultural industry projected 2013-2020]. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2014. No. 1. 122 pp. (Russian).
4. Izmaylov A.Yu. O mashinno-tekhnologicheskoy obespechenii intellektual'nogo sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva [About machine technological support of intellectual agricultural production]. *Innovatsionnoe razvitie APK Rossii na baze intellektual'nykh mashinnykh tekhnologiy: Sb. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.*. Moscow: VIM, 2014. pp. 12-16 (Russian).
5. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P. Sistema mashin i tekhnologiy dlya kompleksnoy mekhanizatsii i avtomatizatsii sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva na period do 2020 goda [System of machinery and technologies for integrated mechanization and automation of agricultural production for the period till 2020]. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2013. No. 6. pp. 6-10 (Russian).
6. Izmaylov A.Yu., Elizarov V.P., Antyshev N.M., Beylis V.M. Sistema tekhnologiy, tipazhey i parametry mashin dlya kompleksnoy mekhanizatsii rastenievodstva [System of technologies, ranges and parameters of machines for complex mechanization of plant growing: working out and development in market conditions]. Moscow: VIM, 2010. 264 pp. (Russian).
7. Miloserdov V.V. Prodovol'stvennaya bezopasnost' i mery po ee obespecheniyu [Food security and measures for its providing]. Ekaterinburg; Ural'skoe izdatel'stvo, 2015. 122 pp. (Russian).
8. Fisinin V.I., Lachuga Yu.F., Zhuchenko A.A., Ivanov A.L., Ushachev I.G., Ezhevskiy A.A., Krasnoshchekov N.V., Chernoiyanov V.I., Izmaylov A.Yu., Strebkov D.S., Popov V.D., Lipkovich E.I., Voytovich N.V., Kiryushin V.I., Artyushin A.A., Gorbachev I.V., Fedorenko V.F., Taranov M.A., Kryazhkov V.M., Elizarov V.P., Orsik L.S., Rachmanov A.A., Chekmarev P.A., Shapochkin V.A., Sorokin N.T. Strategiya mashinno-tekhnologicheskoy modernizatsii sel'skogo khozyaystva Rossii na period do 2020 goda [Strategy of machine and technological modernization of agriculture of Russia for the period till 2020]. Moscow: Rosinformagrotekh, 2009, 80 pp. (Russian).
9. Ushachev I.G. Nauchnye problemy importozameshcheniya i formirovaniya eksportnogo potentsiala v agropromyshlennom komplekse Rossii [Scientific problems of import substitution and export potential formation in agrarian and industrial complex of Russia]. *Doklad na Obshchem sobranii Otdeleniya sel'skokhozyaystvennykh nauk RAN*. Moscow, 7.12.2015 (Russian).
10. Shut'kov A.A. Novyy vektor rossiyskoy agrarnoy politiki – importozameshchenie [New vector of Russian agrarian policy is import substitution]. *APK: ekonomika, upravlenie*. 2015. No. 4. pp. 9-15 (Russian).



УДК 631.3:311

НАПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ В БАЗОВОЙ СЕЛЬХОЗТЕХНИКЕ



Посвящается светлой памяти
академика Болтинского Василия Николаевича –
крупнейшего специалиста в области мобильной энергетики

ЛИПКОВИЧ Э.И.,
академик РАН,
докт. техн. наук, профессор

Азово-Черноморский инженерный институт, филиал Донского государственного аграрного университета, ул. Ленина, 14.
г. Зерноград, Ростовская обл., 347740, Российская Федерация, e-mail: 4ye@mail.ru

Обоснованы направления ресурсосбережения применительно к базовой сельхозтехнике: зерноуборочным комбайнам и тракторам классов 3 и выше. Анализ показал преимущества гусеничных машин во взаимодействии техногенных процессов с продукционными агроэкосистемами. Эти преимущества обеспечивают гусеничным машинам более широкую технологическую потребность в АПК по сравнению с колесными машинами. Показано, что одним из вариантов комплектования машинно-тракторных агрегатов (МТА) служит использование многооперационных прицепных орудий и бесступенчатого гидропривода ходовой части. Отмечено, что для обеспечения разворота МТА с минимальной величиной поворотной полосы необходимо шире использовать навесные орудия. Предложено оснастить тракторы двумя независимыми валами отбора мощности – передним и задним. Разработана модель нового поколения мобильного энергосредства МЭС-5300 с двумя навесными почвообрабатывающими орудиями на передней и задней навесных системах, а также модели с навесным кормоуборочным адаптером и прицепным орудием на задней навесной системе для подготовки почвы под посев озимой пшеницы. Подготовлена специальная методика для определения технико-экономической эффективности машин новой конструкции. Показано, что если параметры новой разработки в 1,2-1,3 раза превышают характеристики существующей (базовой), то речь идет об обычной модернизации; при превышении в 1,5-1,8 раза налицо глубокая модернизация. А преимущество в 1,8-2,3 раза и выше позволяет отнести новую разработку к классу инновационных. Определено, что количество интегрированных операций при использовании многооперационной техники на основе МЭС пятого поколения равно 17, при использовании современной технологии на основе трактора четвертого поколения – 27, что приводит к повышению общей выработки техники пятого поколения на 20 процентов.

Ключевые слова: базовые технические средства, мобильные энергосредства, эффективность, комплекс машин, машинно-тракторный парк.

В настоящее время в России отмечается сокращение производства тракторов на гусеничном ходу.

Вместе с тем гусеничные машины легко вписываются в зональные системы, применение этих машин доказало их экологическую гармонию с окружающей средой. Сравнительные характеристики отечественных тракторов показывают технологические преимущества гусеничных машин перед колесными. Назрела необходимость разработки и внедрения в сельскохозяйственное производство более совершенного пятого поколения гусеничных тракторов. Для технико-экономической оценки МЭС пятого поко-

ления в сравнении с существующими энергосредствами необходимо разработать специальную методику и экономико-математическую модель для выполнения расчетов интегрированных операций при использовании более современной техники.

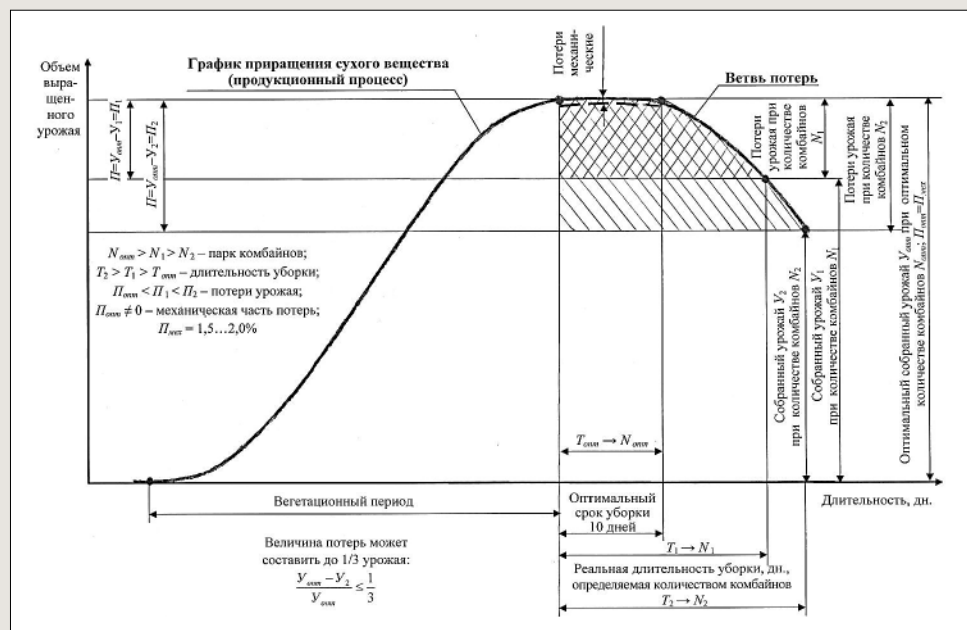
Цель исследования – обоснование более широкого применения гусеничной техники нового, пятого поколения с универсальными адаптерами, разработка специальной методики и экономико-математической модели расчета интегрированных операций при использовании современной техники.

Результаты и обсуждение. Установлено, что уменьшение количества техники и увеличение се-

зонной нагрузки на зерноуборочные комбайны и тракторы повышают потери зерна.

На рисунке 1 отображены потери выращенного зерна в зависимости от парка комбайнов. Как мы видим, вследствие сокращения парка комбайнов и увеличения сроков уборки с одновременным повышением интенсивности, потери могут быть весьма значительными [1].

В конце 20-х – начале 30-х годов прошлого века было выбрано направление из двух блоков: первый – разработка и широчайшее применение гусеничных тракторов как мобильных энергосредств; второй – создание и использование сложных технологических машин (прежде всего, зерноуборочных комбайнов) в виде прицепных к гусеничным тракторам в варианте безмоторных, а затем и с установкой самостоятельных ДВС – только для привода технологических рабочих органов.



ничные, так и колесные, снабжены очень сложными и весьма дорогими коробками передач. В них установлено большое количество зубчатых колес, изготовленных из дорогого высококачественного металла по высоким дорогим технологиям. Более того, переключение передач (а не диапазонов) без разрыва потока мощности нереально: чтобы перейти на передачу $n+1$ с передачи n (или наоборот), необходимо отключить поток мощности с передачи n – с помощью гидropоджимной муфты – и направить энергопоток к ведущей шестерне передачи $n+1$, то есть все же разорвать поток, хотя и без перемещения шестерен или шлицевых муфт. Гидравлический привод производит эту операцию действительно без разрыва потока мощности, а КПП в такой схеме просто может отсутствовать.

С ростом мощности и тяговых возможностей гусеничных тракторов повышается общая производительность МТА. Одним из наиболее распространенных конструктивно-технологических направлений в решении этой проблемы представляется комплектование многооперационного МТА путем синтеза на задней (единственной!) навесной или прицепной системе нескольких орудий (или машин), работа которых допускается одновременно по агросрокам.

Менее распространенный вариант комплектования МТА – использование многооперационных прицепных орудий. Количество таких орудий (машин) в прицепном шлейфе окажется меньшим, но они более сложны, дороги, требуют высокой квалификации оператора-тракториста.

Для обеспечения возможности разворота МТА практически на месте с минимальной величиной поворотной полосы надо значительно шире использовать навесные орудия, создав, в частности, две унифицированные навесные системы, каждая из которых содержала бы наборы рабочих органов, выполняющих одновременные технологические операции.

Для совершенствования четвертого поколения тракторов необходимо оснащение их двумя унифицированными независимыми валами отбора мощности – передним и задним. При этом серьезное расширение использования трактора по нагрузке требует, чтобы оба ВОМ, по возможности, передавали полную мощность главного ДВС каждый (они ведь могут работать не всегда одновременно). Тогда теоретически, при комплектовании соответствующими адаптерами, трактор может полностью замещать некоторые сложные машины, например уборочные. И предпосылки к такого рода интеграции сейчас только начинают разрабатываться [9].

Таким образом, проинтегрировав эти четыре направления можно утверждать, что их синтез при-

ведет к созданию нового, пятого поколения гусеничных машин, которые уже никак нельзя называть традиционными тракторами; будем их именовать мобильными энергосредствами сельскохозяйственного назначения, имеющими качественно больший спектр использования, чем традиционный трактор.

В АЧИИ «Донской ГАУ» разработаны модели нового МЭС пятого поколения.

МЭС пятого поколения класса 50 кН мощностью 220 кВт (300 л.с.) массой до 10000 кг имеет бесступенчатый привод ходовой части, обеспечивающий этому МЭС рабочую поступательную скорость до 10 км/ч и транспортную до 16 км/ч. Две унифицированные навесные системы, передняя и задняя, соответствующие грузоподъемности традиционного трактора 50 кН, допускают комплектование многопроцессных МТА, способных объединять практически все технологические операции с одинаковыми агросроками и выполнять их за один проход по полю. Для привода навесных (прицепных) рабочих органов МЭС снабжено двумя независимыми двухступенчатыми ВОМ (1000 мин⁻¹ и 540 мин⁻¹), которые обеспечивают передачу энергии рабочим органам вплоть до полной, вырабатываемой ДВС мобильного энергосредства. На рисунке 2 представлена модель нового МЭС-5300 названных параметров с двумя навесными почвообрабатывающими орудиями на передней и задней навесных системах и модель с навесным кормоуборочным адаптером (в данном случае для уборки кукурузы на силос) и прицепным орудием для подготовки почвы под посев озимой пшеницы на задней навесной системе, который готовит почву одновременно с уборкой кукурузы на силос.

Для предварительной оценки технико-экономической эффективности МЭС пятого поколения в сравнении с существующими энергосредствами нами разработана специальная методика и на ее основе – экономико-математическая модель для выполнения расчетов с наложением на типичное подразделение сельхозорганизации с зональным севооборотом [6, 7]. На основании расчетных данных установлено, что количество интегрированных операций при использовании многопроцессной техники на основе МЭС пятого поколения (17 операций) значительно меньше, чем при современной технологии на основе трактора четвертого поколения (27 операций), что на 20% повышает общую выработку за жизненный цикл, равный в 11 тыс. мото-ч.

Исследование позволило установить следующее.

Во-первых, оказалось возможным использовать прозрачные и простые вычислительные процедуры при оценке конструктивных решений в системе технических средств.



Рис. 2. МЭС-5300 пятого поколения:

а – с двумя навесными почвообрабатывающими орудиями на передней и задней навесных системах; б – с навесным кормоуборочным адаптером на передней и прицепным орудием для подготовки почвы на задней навесной системе

Во-вторых, показано, что использование весьма дорогих специализированных машин в самоходном варианте существенно снижает экономическую эффективность или снимает ее полностью. Это диктует настоятельную необходимость перехода к использованию прицепных и навесных безмоторных машин-адаптеров.

В-третьих, показано, что если параметры новой разработки в 1,2-1,3 раза превышают характеристики существующей (базовой), то речь идет об обычной модернизации; при превышении в 1,5-1,8 раза налицо глубокая модернизация. А преимущество в 1,8-2,3 раза и выше позволяет отнести новую разработку к классу инновационных.

В нашем случае примем следующий численный показатель новизны:

$$Int = \frac{\text{общая за жизнь выработка, га}}{\text{количество операций за жизненный цикл}}.$$

В базовой современной технологии показатель Int составит:

$$Int_{ХТЗ} = \frac{36841}{270} = 136,4;$$

а в разрабатываемой на основе инновационного МЭС:

$$Int_{МЭС} = \frac{44514}{170} = 261,5.$$

Тогда индекс новизны равен:

$$IN = \frac{261,5}{136,4} = 1,92.$$

Выводы

1. Установлено, что возрастание удельной сезонной нагрузки на технику неизбежно приводит к недобору урожая и прямым потерям его при уборке.

2. Предлагаются мероприятия по ресурсосбережению при восстановлении машинно-технологического парка базисных средств механизации: тракторов высоких классов и зерноуборочных комбайнов.

3. Показано, что наиболее экологически сбалансированными оказались техногенные процессы взаимодействия с агроэкосистемами, которые выполняются на основе гусеничных тракторов.

4. Внедрение мобильных энергосредств пятого поколения значительно сократит количество технологических операций с общим агросроком в результате их комплексирования, что уменьшит число проходов по полям при возделывании и уборке сельхозкультур.

Литература

1. Липкович Э.И. Базисное машинно-технологическое обеспечение сельскохозяйственных производственных процессов // Вестник Башкирского ГАУ. – 2013. – № 2. – С. 87-93.

2. Измайлов А.Ю., Елизаров В.П., Лобачевский Я.П. и др. Концепция модернизации парка сельскохозяйственных тракторов России на период до 2020 года. – М.: ВИМ, 2013. – 87 с.

3. Липкович Э.И. Национальная задача России и отечественного АПК // АПК: экономика, управление. – 2015. – № 6. – С. 23-32.

4. Липкович Э.И. Совершенствование мобильных энергосредств // Техника и оборудование для села. – 2014. – № 10. – С. 2-8.

5. Шевцов В.Г., Соловейчик А.А. Влияние технического уровня сельскохозяйственных тракторов на эксплуатационные показатели машин-

но-тракторных агрегатов // Автоматизация и информационное обеспечение производственных процессов в сельском хозяйстве: Сб. докл. XI Междунар. науч.-практ. конф. – Углич, 2010. – С. 194-205.

6. Липкович Э.И. Трактор Т-250: жизнь и судьба // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – № 8. – С. 3-12.

7. Пат. № 2480352 С1, В60К 31/02, В60W 30/188 РФ. Система привода мобильного энергетического средства сельхозназначения / Липкович Э.И. – Заяв. и патентообладатель ФГОУ ВПО АЧГАА. – № 2011138662/11; заявл. 20.09.11; опубл. 27.04.13. Бюл. № 12.

8. Липкович Э.И., Бобряшов А.П. Двигатели постоянной мощности и регулируемый гидродвигатель в тракторной трансмиссии // Тракторы и сельхозмашины. – 2008. – № 10. – С. 17-19.

9. Пат. № 2369078 С1 А01D 41/08 RU. Устрой-

ство для уборки урожая зерновых культур и утилизации незерновой части урожая / Липкович Э.И., Абаев В.В., Василенко В.С., Маслов Г.Г.

и др. // Заяв. и патентообладатель ФГОУ ВПО КубГАУ. – № 2008117739/12; заявл. 04.05.08; опубл. 10.10.2009. Бюл. № 28.

RESOURCE-SAVING DIRECTIONS IN BASIC MACHINERY

E.I. Lipkovich, member of RAS

Azov-Black Sea Engineering Institute, branch of Don State Agrarian University, Lenin St., 14, Zernograd, Rostov region, 347740, Russian Federation, e-mail: 4ye@mail.ru

The authors proved the directions of resource-saving with regard to basic agricultural machinery: combine harvesters and tractors of classes 3 and above. The analysis has shown advantages of track laying vehicles in interaction of technogenic processes with productional agroecosystems. These advantages provide to track laying vehicles high technological need for agrarian and industrial complex in comparison with wheel machines. One of options of completing of the machine and tractor units (MTU) is use of multioperational trailing implements and a continuously variable ratio hydraulic drive of a undercarriage. To provide a turn of MTU with the minimum size of a rotary strip it is necessary to use mounted equipment more widely. The authors offered to equip tractors with two (forward and back) separate power takeoff shafts. The model of new generation of mobile power means MES-5300 with two mounted soil-cultivating implements on forward and back mounted systems, and also model with the mounted fodder harvesting adapter and the trailed implement on back mounted system is developed for soil preparation for winter wheat sowing. Due to the special technique it is possible to determinate technical and economic efficiency of the new design machines. If parameters of new machine by 1.2-1.3 times exceed the characteristic existing (basic) one, then we talk about usual modernization; excess by 1.5-1.8 times indicates deep modernization. And advantage by 1.8-2.3 times allows to refer new design to a class of innovative machines. The number of the integrated operations when using multioperational equipment on the basis of MES of the fifth generation is equal 17, when using modern technology on the basis of a tractor of the fourth generation – 27. As result the general capacity of equipment of the fifth generation increases by 20 percent.

Keywords: Basic technical means; Mobile power means; Efficiency; Machine complex; Machine and tractor park.

References

1. Lipkovich E.I. *Bazisnoe mashinno-tekhnologicheskoe obespechenie sel'skokhozyaystvennykh proizvodstvennykh protsessov [Basic machine technological support of agricultural processes of production]*. Vestnik Bashkirskogo GAU. 2013. No. 2. pp. 87-93 (Russian).
2. Izmaylov A.Yu., Elizarov V.P., Lobachevskiy Ya.P., et al. *Kontseptsiya modernizatsii parka sel'skokhozyaystvennykh traktorov Rossii na period do 2020 goda [Concept of modernization of agricultural tractors fleet of Russia for the period till 2020]*. Moscow: VIM, 2013. 87 pp. (Russian).
3. Lipkovich E.I. *Natsional'naya zadacha Rossii i otechestvennogo APK [National problem of Russia and domestic agrarian and industrial complex]*. APK: ekonomika, upravlenie. 2015. No. 6. pp. 23-32 (Russian).
4. Lipkovich E.I. *Sovershenstvovanie mobil'nykh energosredstv [Improvement of mobile power means]*. Tekhnika i oborudovanie dlya sela. 2014. No. 10. pp. 2-8 (Russian).
5. Shevtsov V.G., Soloveychik A.A. *Vliyanie tekhnicheskogo urovnya sel'skokhozyaystvennykh traktorov na ekspluatatsionnye pokazateli mashinno-traktornykh agregatov [Influence of a technological level of agricultural tractors on operational indicators of machine and tractor units]*. Avtomatizatsiya i

informatsionnoe obespechenie proizvodstvennykh protsessov v sel'skom khozyaystve: Sb. dokl. XI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Uglich, 2010. pp. 194-205 (Russian).

6. Lipkovich E.I. *Traktor T-250: zhizn' i sud'ba [T-250 tractor: life and destiny]*. Traktory i sel'khoz mashiny. 2012. No. 8. pp. 3-12 (Russian).

7. Pat. No. 2480352 S1, V60K 31/02, V60W 30/188 RF. *Sistema privoda mobil'nogo energeticheskogo sredstva sel'khoz naznacheniya System of drive of mobile power means of agricultural appointment* [Lipkovich E.I. *Zayav. i patentoobladatel' FGOU VPO AChGAA. No. 2011138662/11; yayavl. 20.09.11; opubl. 27.04.13. Byul. No. 12 (Russian).*

8. Lipkovich E.I., Bobryashov A.P. *Dvigateli postoyannoy moshchnosti i reguliruemyy gidroprivod v traktornoy transmissii [Engines of constant power and adjustable-speed hydraulic driver in tractor transmission]*. Traktory i sel'khoz mashiny. 2008. No. 10. pp. 17-19 (Russian).

9. Pat. № 2369078 S1 A01D 41/08 RU. *Ustroystvo dlya uborki urozhaya zernovykh kul'tur i utilizatsii nezernovoy chasti urozhaya [Apparatus for grain crops harvesting and utilization of not grain part of a harvest]*. Lipkovich E.I., Abaev V.V., Vasilenko V.S., Maslov G.G., et al. *Zayav. i patentoobladatel' FGOU VPO KubGAU. No. 2008117739/12; yayavl. 04.05.08; opubl. 10.10.2009. Byul. No. 28 (Russian).*

УДК 631.31

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ПРОФИЛЯ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ДИСКА

ЛОБАЧЕВСКИЙ Я.П.¹,

докт. техн. наук,
профессор,

КОМОГОРЦЕВ В.Ф.²,

канд. физ.-мат. наук,
доцент,

СТАРОВОЙТОВ С.И.²,

канд. техн. наук

¹Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Российская Федерация, e-mail: vim@vim.ru

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

Размеры и форму диска для заданных условий работы при обработке почвы выбирают на основании геометрических соотношений между параметрами диска и допустимыми значениями, выработанными практикой. Установили, что кроме крошащей и оборачивающей способности диска, к факторам, влияющим на его геометрические и энергетические параметры, нужно отнести условие несмятия вертикальной стенки борозды и устойчивый подъем пласта по криволинейной поверхности рабочего сектора. Определили, что исходными данными для построения горизонтальной, поперечно-вертикальной, продольно-вертикальной проекций являются диаметр диска, угол атаки, глубина хода. Глубина хода отображает хорду погружения диска на поперечно-вертикальной и продольно-вертикальной проекциях диска. На горизонтальной проекции обозначается сфера диска, которая исключает смятие вертикальной стенки борозды при его движении. Отметили, что критерием работоспособности диска служит возможное скольжение почвы вдоль кривой продольно-вертикальной проекции в пределах самой нижней точки и точки, исключающей смятие вертикальной стенки борозды и расположенной на хорде погружения. Параметр кривой возможного скольжения определен с учетом того, что сумма произведений касательных усилий на проекцию траектории движения элементарной площадки меньше нуля. С учетом полученного значения на продольно-вертикальной проекции в зоне рабочей поверхности построена кривая скольжения. Точки пересечения кривой скольжения с образующими продольно-вертикальной проекции перемещаются горизонтальным переносом на отрезок горизонтальной проекции. По трем точкам осуществляется построение дуг профиля диска по высоте расположения образующих. Профиль диска со сферическим или плоским днищем строится на уровне образующих поперечно-вертикальной проекции с учетом отрезков, расположенных на перпендикуляре к центру диаметра диска горизонтальной проекции. Методика по построению профиля поперечного сечения диска разработана с учетом двух условий: несмятия почвы в зоне хорды погружения и возможности обеспечения ее скольжения. Данная методика позволяет проектировать диск с плоским и сферическим диском.

Ключевые слова: почвообработка, дисковый рабочий орган, хорда погружения, радиус сферы, кривая скольжения.

Основным геометрическим параметрам, влияющим на крошащую и оборачивающую способность диска, относят его диаметр D , радиус сферы R , половину центрального угла φ сферического сектора. Половина центрального угла сферического сектора для дисковых плугов составляет $\varphi = 31-37^\circ$, лушительных – $\varphi = 26-32^\circ$, борон – $\varphi = 22-26^\circ$; Радиус сферы диска как постоянную величину определяют по формуле:

$$R = \frac{D}{2 \cdot \sin \varphi}, \quad (1)$$

где D – диаметр диска, м;

φ – половина угла сферического сектора, град.

С учетом соотношения глубины обработки, диаметра диска и угла атаки [1] радиус сферы диска равен:

$$R = \frac{D}{k} \sqrt{\frac{k-1}{\sin^2 \alpha}} + (0,5k - 1)^2, \quad (2)$$

где k – коэффициент соответствия глубины обработки и диаметра диска;

α – угол атаки, град.

Размеры и форму диска для заданных условий работы выбирают обычно на основании некоторых геометрических соотношений между параметрами диска и допустимыми их значениями, выработанными практикой. Кроме крошащей и оборачивающей способности диска, к факторам, влияющим на его геометрические и энергетические параметры, можно отнести условие несмятия вертикальной стенки борозды и устойчивый подъем пласта по криволинейной поверхности рабочего сектора [2, 3].

Цель исследования. Разработать методику построения профиля диска с учетом условия несмятия почвы в зоне хорды погружения и возможности обеспечения ее скольжения в пределах криволинейной поверхности рабочего сектора.

Материалы и методы. Для построения горизонтальной, поперечно-вертикальной и продольно-вертикальной проекций первоначально вводим оси симметрии (рисунк) с центром в точке O . Для построения горизонтальной проекции под углом атаки $\alpha = 22^\circ$ в IV квадранте проведем отрезок OA длиной $D = 660$ мм. Относительно центра отрезка OA точки O_1 размещаем цифры 1, 2, 3, 4, 5 на расстоянии, указанном в таблице 1. Для построения поперечно-вертикальной проекции через точку O_1 горизонтальной проекции проводим вертикальную линию. На данной вертикальной линии на расстоянии $D/2$ от дна борозды отмечаем точку O_2 . Через точку O_2 проводим горизонтальную прямую. Расстояние между горизонтальными образующими на поперечно-вертикальной проекции и прямой, проходящей через точку O_2 , равно:

$$h_i = \sqrt{R^2 - \Delta_i^2}, \quad (3)$$

где h_i – вертикальная координата положения образующих относительно горизонтальной прямой, проходящей через точку O_2 ;

Δ_i – расстояние между точкой O_1 и цифрами 1, 2, 3, 4, 5 отрезка OA горизонтальной проекции дискового рабочего органа.

Точки пересечения вертикальных прямых, проходящих через цифры 1, 2, 3, 4, 5 отрезка OA горизонтальной проекции, и горизонтальных образующих поперечно-вертикальной проекции связываем плавной кривой, получая поперечно-вертикальную проекцию диска.

Для построения продольно-вертикальной проекции проводим дуги, радиус которых равен расстоянию между дном борозды и соответствующей образующей поперечно-вертикальной проекции. Через точки пересечения дуг с линией, обозначающей дно борозды, и точки, расположенные на от-

Таблица 1

К ПОСТРОЕНИЮ ПОПЕРЕЧНО-ВЕРТИКАЛЬНОЙ И ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПРОЕКЦИЙ

Номера точек и образующих	1	2	3	4	5
Расстояние от точки O_1 до цифр 1, 2, 3, 4, 5 отрезка OA , мм	55	110	165	220	275
Расстояние от точки O_2 до образующих поперечно-вертикальной проекции, мм	325	311	286	246	182

резке OA горизонтальной проекции, проводим вертикальные и горизонтальные прямые. Полученные точки пересечения связываем плавной кривой и получаем профиль продольно-вертикальной проекции.

Результаты и обсуждение. Глубина обработки и диаметр дискового рабочего органа связаны между собой следующим соотношением:

$$a = \frac{D}{k}, \quad (4)$$

где a – глубина обработки, м.

Для плугов коэффициент соответствия глубины обработки и диаметра диска составляет $k=3-4$, для борон $k=4-6$ для луштыльников $k=6-8$. Большие значения k принимают при обработке твердых почв при малых углах атаки, больших скоростях работы орудия. Примем $k=4$. При диаметре диска 0,66 м глубина обработки составит 0,165 м. На поперечно-вертикальной, продольно-вертикальной проекциях хорду погружения диска обозначаем утолщенной линией.

Определим радиус сферы диска на линии соответствия хорде погружения, при котором исключается смятие борозды тыльной стороной диска:

$$R = \frac{\sqrt{D \cdot (D - a)}}{2 \cdot \sin(\alpha)}. \quad (5)$$

На горизонтальной проекции штриховой линией на уровне хорды погружения радиусом $R = 772$ мм обозначаем сферу диска, которая исключает смятие вертикальной стенки борозды при движении. Далее, от точки O_1 горизонтальной проекции проводим вниз вертикальный отрезок несмятия. Точку пересечения K вертикального отрезка и штриховой линии, обозначающей сферу диска при условии несмятия стенки борозды, горизонтальным переносом смещаем на хорду погружения продольно-вертикальной проекции диска. Получаем точку K'' .

Рассмотрим методику определения геометрии сферы диска с учетом аналитических зависимостей, оптимизирующих переднюю поверхность активного рабочего органа [4, 5]. Критерием работоспособности диска является возможное перемещение почвы вдоль кривой скольжения продольно-верти-

кальной проекции $O''_1 K''$. А это будет в случае, если векторы $d\vec{T}$ и $d\vec{l}$ в любой точке кривой $O''_1 K''$ составляют между собой тупой угол. При этом соблюдается следующее условие:

$$d\vec{T} \cdot d\vec{l} \leq 0. \quad (6)$$

Или же в развернутой форме:

$$dT x'_* \cdot dx_* + dT y'_* \cdot dy_* = 0, \quad (7)$$

где $dT x'_*$, dx_* , $dT y'_*$, dy_* – проекции касательного усилия траектории движения элементарной площадки на оси x и y .

Начальные условия для пассивных рабочих органов следующие:

- деформатор заглубился в почву полностью $h(x)=0$;
- поворот при заглублении отсутствует, $k=0$;
- вдоль траектории заглубления рабочий орган не перемещается: $a(h)=const$; $a'(h)=0$.

Рассмотрим следующие составляющие функции (7). Проекция касательного усилия элементарной площадки на ось x :

$$dT x'_* = f_{внеш} \cdot [\cos(k \cdot h) - f'(x) \cdot \sin(k \cdot h)]; \quad (8)$$

$$dT x'_* = f_{внеш} \cdot [\cos(0 \cdot h) - f'(x) \cdot \sin(0 \cdot h)];$$

$$dT x'_* = f_{внеш}.$$

Проекция касательного усилия элементарной площадки на ось y :

$$dT y'_* = f_{внеш} \cdot [\sin(k \cdot h) + f'(x) \cdot \cos(k \cdot h)]; \quad (9)$$

$$dT y'_* = f_{внеш} \cdot [\sin(0 \cdot h) + f'(x) \cdot \cos(0 \cdot h)];$$

$$dT y'_* = f_{внеш} \cdot f'(x).$$

Проекция траектории движения элементарной площадки на ось x :

$$dx_* = [-k \cdot x \cdot \sin(k \cdot h) + f(x) \cdot \cos(k \cdot h) + a'(h)]; \quad (10)$$

$$dx_* = 0 \cdot \sin(0 \cdot h) + 0 \cdot \cos(0 \cdot h) + 0(h);$$

$$dx_* = 0.$$

Проекция траектории движения элементарной площадки на ось y :

$$dx_* = k \cdot x \cdot \cos(k \cdot h) - f(x) \cdot \sin(k \cdot h) - 1; \quad (11)$$

$$dx_* = 0 \cdot x \cdot \cos(0 \cdot h) - f(x) \cdot \sin(0 \cdot h) - 1;$$

$$dly_* = -1.$$

Таким образом, реализация условия (7) имеет следующий вид:

$$f_{внеш} \cdot f'(x) = 0.$$

Функция $y = f(x)$ будет выглядеть так:

$$y = a_1 x^2 - a_1 x_0 x + \frac{y_0}{x_0}. \quad (12)$$

Тогда:

$$f'(x) = 2 \cdot a_1 \cdot x - a_1 \cdot x_0 + \frac{y_0}{x_0}.$$

Имеем:

$$f_{внеш} \cdot \left(2 \cdot a_1 \cdot x - a_1 \cdot x_0 + \frac{y_0}{x_0} \right) = 0.$$

Примем $f_{внеш} \neq 0$,

Поэтому будет равно нулю выражение в скобках:

$$2 \times a_1 \times x - a_1 \cdot x_0 + \frac{y_0}{x_0} = 0.$$

Отсюда:

$$a_1 = -\frac{y_0}{x_0 \cdot (2x - x_0)}. \quad (13)$$

Координата x_0 обозначает глубину обработки.

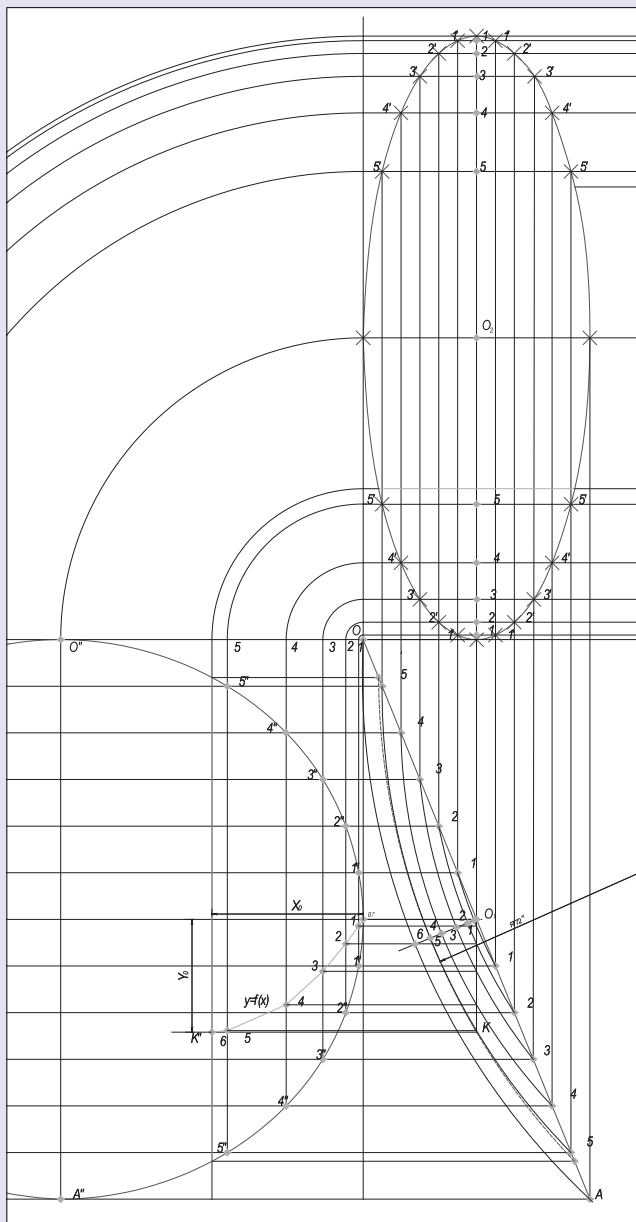


Рисунок. К построению профиля диска

Длина отрезка $O_1K = y_0 = 123$ мм, что можно определить графическим путем. Для определения значения a_1 воспользуемся выражением (13). В таблице 2 представлено интервальное значение $0 \leq x \leq x_0$ и искомое значение y . Значение x сопоставимо с параметрами образующих.

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПРОФИЛЯ ДИСКА							
Значение x , мм	Значения y при a_1						
	$a_1 = 0,004518$	$a_1 = 0,004809$	$a_1 = 0,00587$	$a_1 = 0,009681$	$a_1 = -0,24848$	$a_1 = -0,00569$	$a_1 = -0,00452$
5	0,112873	-	-	-	202,51	8,2792	7,3433
19	1,630704	0,82347	-	-	703,44	29,947	26,7021
44	8,746168	7,19688	1,5481	-	1355,70	63,093	56,8644
84	31,87771	29,8977	22,6787	-	1753,20	101,320	93,3722
148	98,95998	98,2278	95,5583	85,969	735,50	124,640	121,6990
165	123	123	123	123	123	123	123

Длины отрезков для построения профиля сечения диска						
O_11	O_12	O_13	O_14	O_15	O_16	
2,8 мм	10,53 мм	23,69 мм	41,17 мм	54,45 мм	54,7 мм	

Для дальнейшего построения используем значение $a_1 = -0,00422$ так как при необходимом отрицательном значении $y \leq y_0$. С учетом полученных значений при $a_1 = -0,00422$ на продольно-вертикальной проекции в зоне рабочей поверхности диска строим кривую скольжения $y = f(x)$. Точки пересечения кривой скольжения $y = f(x)$ с образующими продольно-вертикальной проекции горизон-

тальным переносом перемещаем на отрезок O_1K горизонтальной проекции. Далее по трем точкам строим дуги профиля диска на высоте расположения образующих.

Профиль диска строим на уровне образующих поперечно-вертикальной проекции. Первоначально

проводим вертикальный отрезок OA . От данного вертикального отрезка откладываем влево отрезки длиной O_11 , O_12 , O_13 , O_14 , O_15 , O_16 , находящиеся на перпендикуляре к точке O_1 отрезка OA (рис. 3). Длины отрезков для построения профиля сечения диска представлены в таблице 3.

Можно построить диск со сферическим или плоским днищем. Если мы строим диск со сферическим диском, то от точки 6 выпуклой поверхно-

сти радиусом, исключающим несмятие стенки борозды на уровне хорды погружения, отмечаем точку O_2 на линии, проходящей через центр диска. Этим же радиусом от точки O_2 связываем точки 6. Если необходимо построить диск с плоским днищем, то связываем точки 6 вертикальным отрезком.

Выводы. Разработана методика по построению профиля поперечного сечения диска с учетом двух условий: несмятия почвы в зоне хорды погружения и возможности обеспечения ее скольжения.

Показано, что радиус сферы диска является переменной величиной.

Данная методика позволяет проектировать диск с плоским или сферическим днищем.

Литература

1. Лобачевский Я.П., Эльшейх А.Х. Обоснование расстановки дисковых рабочих органов в комбинированных почвообрабатывающих агрегатах // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2009. – № 4. – С. 22-25.
2. Измайлов А.Ю., Сидоров С.А., Лобачевский Я.П., Хорошенков В.К., Кузнецов П.А., Юрков М.А., Голоценко С.А. Научные принципы повышения износостойкости рабочих органов почвообрабатывающей техники // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2012. – № 3. – С. 5-7.

3. Лобачевский Я.П., Старовойтов С.И., Чеми-сов Н.Н. Энергетическая и качественная оценка рабочего органа // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2015. – № 5. – С. 10-13.

4. Старовойтов С.И. Исследование процесса и разработка чизельного культиватора для работы в плодово-ягодных насаждениях: Дисс.... канд. техн. наук. – М.: ВТИИСП, 1994. – С. 82.

5. Лобачевский Я.П. Новые почвообрабатывающие технологии и технические средства // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2000. – № 8. – С. 30-32.

TECHNIQUE OF CREATION OF PROFILE OF DISK CROSS SECTION

Ya.P. Lobachevsky¹, V.F. Komogortsev², S.I. Starovoytov²

¹All-Russia Research Institute of Mechanization for Agriculture, 1st Institutskiy proezd, Moscow, 109428, Russian Federation

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

A choice of the sizes and form of a disk is made for the set operation conditions on the basis of geometrical ratios between parameters of a disk and their admissible values developed by practice. Except the crumbling and turning ability of a disk the add factors influencing on its geometrical and power parameters are non-crumple condition of a vertical wall of a furrow and steady raising of layer on a curvilinear surface of operation sector. Basic data for construction horizontal, cross-vertical, longitudinal-vertical projections is diameter of a disk, an angle of attack, running depth. Depth of the course images a chord of disk dip on cross-vertical and longitudinal-vertical projections of a disk. The disk sphere which excludes crumple of a vertical wall of a furrow at its movement is designated on the horizontal projection. Criterion of disk efficiency a is possible soil sliding along a curve of longitudinal-vertical projection within limits of the lowermost point and a point excluding crumple of the furrow vertical wall and located on a chord of deep. The parameter of a curve of possible sliding can be defined taking into account that the sum of multiplications of tangent efforts to a projection of a trajectory of the movement of an elementary platform less than zero. Taking into account the received value we can construction the sliding curve on the longitudinal-vertical projection in a zone of operating surface. Points of intersection of the sliding curve with the generating lines of longitudinal-vertical projection are moved by horizontal transfer on a piece of an interval of the horizontal projection. On three points we create a profile of a disk on height of a placement of the generating lines. The disk profile with the spherical or flat bottom should be create at the level of generating lines of cross-vertical projection taking into account the intervals placed on a perpendicular to the center of diameter of a disk of a horizontal projection.

Keywords: Soil cultivation; Disk working element; Deep chord; Sphere radius; Sliding curve.

References

1. Lobachevskiy Ya.P., El'sheykh A.Kh. Obosnovanie rasstanovki diskovykh rabochikh organov v kombinirovannykh pochvoobrabatyvayushchikh agregatakh [Justification of placement of disk working elements in the combined soil-cultivating units]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2009. No 4. pp. 22-25 (Russian).

2. Izmaylov A.Yu., Sidorov S.A., Lobachevskiy Ya.P., Khoroshenkov V.K., Kuznetsov P.A., Yurkov M.A., Golosienko S.A. Nauchnye printsipy povysheniya iznosostoykosti rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchey tekhniki [Scientific principles of increase of wear resistance of working tools of soil-cultivating machinery]. *Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk*. 2012. No. 3. pp. 5-7 (Russian).

3. Lobachevskiy Ya.P., Starovoytov S.I., Chemisov N.N. Energeticheskaya i kachestvennaya otsenka rabocheho organa [Power and technological evaluation of soil cultivating working tool]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2015. No. 5. pp.10-13 (Russian).

4. Starovoytov S.I. Issledovanie protsessa i razrabotka chizel'nogo kul'tivatora dlya raboty v plodovo-yagodnykh nasazhdeniyakh [Research of process and development of chisel cultivator for operation in fruit and berry plantations]: Diss. kand. tekhn. nauk. Moscow: VTIISP, 1994. pp. 82 (Russian).

5. Lobachevskiy Ya.P. Novye pochvoobrabatyvayushchie tekhnologii i tekhnicheskie sredstva [New soil-cultivating technologies and technical means]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva*. 2000. No. 8. pp. 30-32 (Russian).



УДК 631.358:633.521

АНАЛИЗ РАБОТЫ ПОДБИРАЮЩЕГО АППАРАТА ЛЬНОТРЕСТЫ С ПОДПРУЖИНЕННЫМИ ПАЛЬЦАМИ



ЧЕРНИКОВ, В.Г.^{1,2},
чл.-корр. РАН,
докт. техн. наук,

РОМАНЕНКО В.Ю.²,
канд. техн. наук,
зав. лабораторией



¹Всероссийский научно-исследовательский институт механизации льноводства, Тверской проспект, 17/56, г. Тверь, 170041, Российская Федерация, e-mail: vniiml1@mail.ru,

²Тверская государственная сельскохозяйственная академия, ул. Маршала Василевского, 7, пос. Сахарова, г. Тверь, 170904, Российская Федерация

Погодные условия в зонах возделывания льна в период подъема льнотресты характеризуются большим количеством осадков, относительно высокой влажностью воздуха, а в некоторых зонах – крайне низкой температурой. Засоренность полей камнями, прорастание лент льнотресты травой, нередко большая растянутость и неравномерная укладка льнотрестей затрудняют их подбор. Поэтому необходимо использовать специальные приспособления. Существующие подбирающие аппараты не обеспечивают качественного подбора лент льнотресты, имеют низкую эксплуатационную надежность. Проведены научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы с целью создания конструктивно-технологической схемы подбирающего аппарата барабанного типа с жесткими подпружиненными пальцами. Сформирована математическая модель работы аппарата при встрече пальцев с препятствием. Описано условие равновесия механизма, при котором палец барабана будет выполнять технологический процесс подбора льнотресты без срабатывания предохранительного устройства (пружины). Предложенная методика расчета работы этого аппарата внедрена на серийных подборщиках-оборачивателях лент льна.

Ключевые слова: лен, льнотреста, подбирающий аппарат, подпружиненные пальцы.

Цель исследования – разработка нового подбирающего аппарата с подпружиненными пальцами, обоснование параметров и режимов работы.

Материалы и методы. Поиск новой конструкции подбирающего аппарата параметров и режимов подбора стеблей льнотресты относится к процессу теоретических и экспериментальных задач.

Результаты и обсуждение. Анализ работы подборщиков льнотресты показал, что в сравнении с другими устройствами подбирающий аппарат барабанного типа с активным кожухом и жесткими ведомыми пальцами является наилучшим. Но и он имеет серьезный недостаток, заключающийся в том, что жесткие пальцы плохо копируют рельеф поля, а при встрече с камнями и различными пре-

пятствиями деформируются.

В связи с этим разработано несколько схем подбирающих аппаратов барабанного типа с жесткими подпружиненными пальцами [1-4]. Одна из них показана на рисунке 1.

Подбирающий аппарат состоит из вращающегося кожуха 1, подвижной эксцентричной оси 2, установленной в подшипниках 7, пальцев 3, рычага 4, пружины 5 и упоров 6. Эксцентричная ось барабана удерживается в неподвижном положении при помощи пружины 5 и упоров 6 на раме подборщика. При встрече пальцев с препятствиями происходит деформация пружины, а следовательно, и необходимый поворот эксцентричной оси. Пальцы при этом смещаются внутрь барабана, и изме-

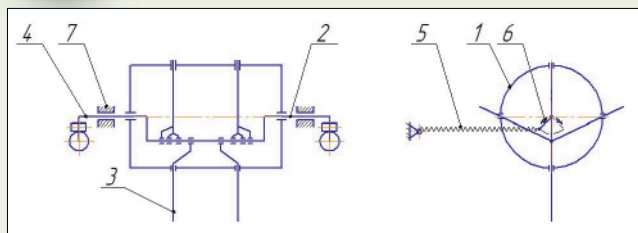


Рис. 1. Схема подбирающего аппарата барабанного типа с подпружиненной осью

няется высота их установки над поверхностью поля. Этим обеспечивается плавное копирование пальцами барабана рельефа почвы, исключаются случаи пропуска подборщиком стеблей тресты, а также устраняются деформации элементов машины и барабана при встрече пальцев с препятствиями.

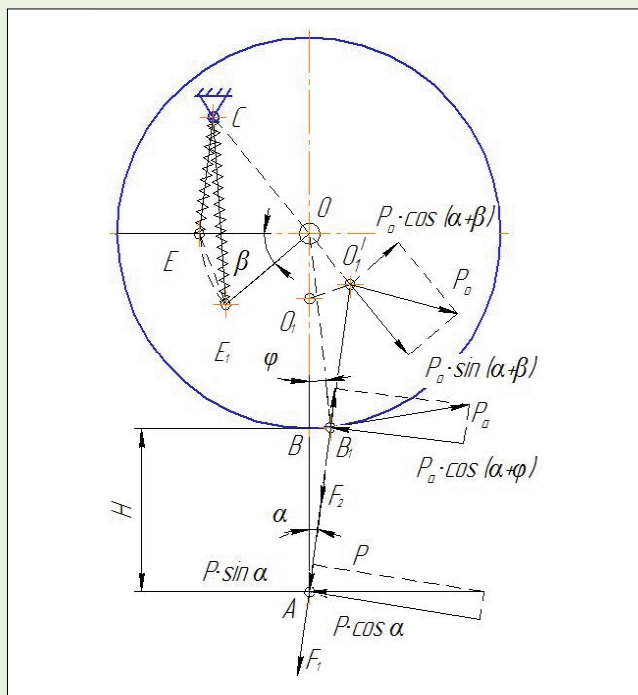


Рис. 2. Схема сил, действующих на палец барабана при встрече с препятствием

Из рисунка 2 видно, что в момент встречи пальца с препятствием на него действуют следующие силы, H :

P – сила воздействия препятствия на палец, определяемая экспериментальным путем;

P_α – сила воздействия обода барабана на палец;

P_0 – сила воздействия пальца на ось эксцентрика;

T – сила сопротивления пружины;

F_1 – сила трения пальца о препятствие;

F_2 – сила трения пальца об обод барабана.

Условием равновесия механизма, при котором палец барабана будет выполнять технологический процесс подбора льнотресты без срабатывания пре-

дохрнительного устройства (пружины), является равенство нулю суммы моментов всех сил, действующих на палец относительно оси вращения барабана (рис. 2).

$$\sum M_0(Q) = 0. \quad (1)$$

Это условие может быть выражено следующим уравнением:

$$T\alpha - P_0 \cdot e = 0, \quad (2)$$

где α – расстояние от оси вращения барабана до точки крепления пружины, м;

e – расстояние между осями вращения барабана и пальца (эксцентриситет), м;

Сила P_0 , с которой палец действует на ось эксцентрика, равна:

$$P_0 = \frac{P(l_n - K)}{K}, \quad (3)$$

где l_n – длина пальцев, м.

K – определяется по теореме синусов из треугольника $OO'B_1$:

$$K = \frac{e \cdot \sin(\beta - \phi)}{\sin(\alpha + \phi)}, \quad (4)$$

где α – угол поворота пальца при встрече с препятствием, град.;

$\phi = \omega \cdot t$ – угол поворота барабана, град.;

β – угол поворота эксцентрика, град.;

ω – угловая скорость барабана, c^{-1} .

В момент встречи пальца с препятствием предохранительный механизм срабатывает при условии:

$$M_c > M_{дв}, \quad (5)$$

где M_c – момент сопротивления движению пальца относительно точки O_1 ;

$M_{дв}$ – момент движения.

Причем:

$$M_c = Pl_n \cdot \cos \alpha, \quad (6)$$

$$M_{дв} = PK \cos(\alpha + \phi). \quad (7)$$

После подстановки значений из уравнений (4), (6) и (7) в выражение (5), получим уравнение срабатывания механизма в момент встречи пальца с препятствием:

$$Pl_n \cos \alpha > P_\alpha \cos(\alpha + \phi) \frac{e \sin(\beta - \phi)}{\sin(\alpha - \phi)}. \quad (8)$$

Из этого выражения можно получить значение угла β поворота эксцентричной оси в момент встречи пальца с препятствием:

$$\beta < \arcsin \frac{Pl_n \cos \alpha \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \phi)}{P_\alpha e} + \phi.$$

Угол α определяется из условия сложного движения барабана и равен:

$$\alpha = \arctg \frac{P \cdot \sin \omega t + V_M t}{e + t_n - R \cos \omega t}, \quad (9)$$

где R – радиус барабана, м;

V_M – поступательная скорость подборщика, м/с.

Из условия срабатывания механизма, с учетом сопротивления пружины, следует:

$$P_{01} \cdot e \cdot \cos(\alpha + \beta) + [P_\alpha \sin(\alpha + \beta) - P \sin \alpha] \cdot N - [f_1 P \cos \alpha + f_2 P_\alpha \cdot \cos(\alpha + \phi)] \cdot N > Th_1, \quad (10)$$

где $N = R \sin(\alpha + \phi)$;

f_1 – коэффициент трения пальца о препятствие;

f_2 – коэффициент трения пальца об обод барабана;

h_1 – длина перпендикуляра, опущенного из центра вращения барабана на направление действия пружины, м.

Для проверки основных теоретических положений проведены экспериментальные исследования работоспособности подбирающих аппаратов барабанного типа с жесткими и подпружиненными жесткими пальцами при различных поступательных скоростях движения подборщика.

Из приведенных на рисунке 3 результатов исследований видно, что с увеличением поступательной скорости потери за подборщиком с жесткими паль-

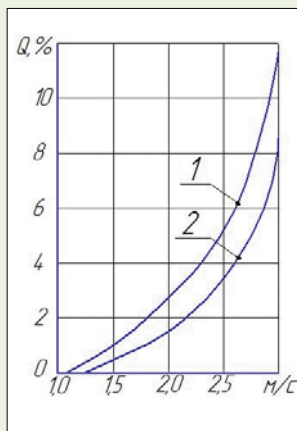


Рис. 3. Зависимость потерь тресты от поступательной скорости подборщика: 1 – с жесткими пальцами; 2 – с подпружиненными пальцами

цами возрастают резче, чем потери за подборщиком, снабженным подпружиненными пальцами.

Объясняется это тем, что аппарат с жесткими пальцами хуже копирует неровности поля.

Выводы. Проведенные теоретические и экспериментальные исследования позволили обеспечить надежную работу подбирающего аппарата подборщиков-обоснователей и подборщиков тресты. Разработан и обоснован рациональный тип подбирающего аппарата барабанного

типа с жесткими подпружиненными пальцами. Его конструктивная схема признана изобретением. Аппарат успешно прошел государственные испытания и внедрен в производство.

В результате теоретических исследований получены выражения для определения параметров и режимов его работы. Подбирающий аппарат барабанного типа с жесткими подпружиненными пальцами обеспечивает на всех режимах работы более качественную чистоту подбора (99-100%) в сравнении с подбирающим аппаратом, снабженным жесткими пальцами.

Литература

1. А.С. СССР, № 235472. Подборщик стеблей сельскохозяйственных культур / В.Г. Черников, В.И. Глухов, И.Ф. Дворниченко, Н.Н. Семенов, В.А. Орышака; заявл. 13.XI.1967; опубли. 16.01.1969.
2. Черников В.Г. Исследование работы льноподборщика с подпружиненными пальцами // Тракторы и сельхозмашины. – 1971. – № 11. – С. 29.

3. Черников В.Г., Ростовцев Р.А., Романенко В.Ю. Исследование подбирающего аппарата с жесткими зубьями // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2011. – № 2. – С. 34-36.
4. Черников В.Г., Романенко В.Ю., Перов Г.А. Условие подъема лент льнотресты пальцами подбирающего барабана в экстремальных условиях // Техника и оборудование для села. – 2015. – № 11. – С. 19-21.

ANALYSIS OF ACTION OF DEVICE WITH SPRING PINS FOR PICKING UP OF RETTED FLAX STRAW

V.G. Chernikov^{1,2}, V.Yu. Romanenko²

¹All-Russia Research Institute for Flax Production Mechanization, Tverskoy prospekt, 17/56, Tver, 170041, Russian Federation

²Tver State Agricultural Academy, Marshala Vasilevskogo St., 7, set. Sakharova, Tver, 170904, Russian Federation

Weather conditions in flax cultivation areas during harvesting time can be characterized with high rainfalls, relative humidity and, in some areas, extremely low temperature. Clogging of fields with stones, grass germination



through flax swaths, often an absence of homogeneity on length and thickness of straw in swaths require working out new devices for straw lifting. Existing devices for picking up do not provide a high-quality lifting of flax swaths and have a low coefficient of reliability of the process. Researches and experimental-design works were carried out to create a constructive-technological scheme of the picking up device of cylindrical type with spring-loaded rigid pins. The mathematical model of the device operation when a pin touching an obstacle. The condition of balance of the mechanism under which the pin of a cylinder will operate technological process of picking up of retted flax straw without action of the safety device (spring) was described. The offered method of calculation of operation of this device was introduced in a common flax swath lifter-turners.

Keywords: Flax; Retted straw; Picking up device; Spring pins.

References

1. A.S. SSSR, No. 235472. Podborshchik stebley sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Lifter of agricultural crops swaths]. V.G. Chernikov, V.I. Glukhov, I.F. Dvornichenko, N.N. Semenov, V.A. Oryshaka; zayavl. 13.Kh1.1967; opubl. 16.01.1969 (Russian).
2. Chernikov V.G. Issledovanie raboty l'nopodborshchika s podpruzhinennymi pal'tsami [Research of flax lifter with spring pins]. Traktory i sel'khoz mashiny. 1971. No. 11. pp. 29 (Russian).
3. Chernikov V.G., Rostovtsev R.A., Romanenko V.Yu. Issledovanie podbirayushchego apparata s zhestkimi zub'yami [Research of lifter with spring pins]. Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii. 2011. No. 2. pp. 34-36 (Russian).
4. Chernikov V.G., Romanenko V.Yu., Perov G.A. Uslovie pod"ema lent l'notresty pal'tsami podbirayushchego barabana v ekstremal'nykh usloviyakh [Criterion of retted straw lifting by pins of picking up cylinder]. Tekhnika i oborudovanie dlya sela. 2015. No. 11. pp. 19-21 (Russian).

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
Всероссийский научно-исследовательский институт
механизации сельского хозяйства

(ФГБНУ ВИМ)

объявляет набор

в аспирантуру на бюджетные и платные места

на 2016-2017 учебный год

Лицензия №1376 от 10.04.2016

Государственная аккредитация

(приказ Рособнадзора № 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 (499) 709-33-68.

УДК 631.312.34: 635.21

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ФРЕЗЕРНОГО АГРЕГАТА ДЛЯ КАРТОФЕЛЕВОДСТВА*

ЖУК А.Ф.,
канд. техн. наук,
ЛОБАЧЕВСКИЙ Я.П.,
докт. техн. наук,
профессор,

ЕЛИЗАРОВ В.П.,
докт. техн. наук,
профессор,
НИКОЛАЕНКО Н.Ю.,
инженер,

СЕМИЧЕВ С.В.,
инженер,
ШИШИМОРОВ С.А.,
инженер

Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428,
Российская Федерация, e-mail: smit@vim.ru

Качественная обработка почвы под посадку картофеля повышает его урожайность и позволяет снизить повреждаемость клубней при уборке. При его возделывании требуется интенсивное сплошное или полосное крошение почвы, формирование гребней или гряд под посадку и их обработка при уходе за посадками. Для выполнения каждого приема используют машины разного типа, в том числе различные фрезы, фрезерные гребнеобразователи и грядоделатели. Предложили многофункциональную фрезу с горизонтальным фрезерным барабаном, агрегатируемую с тракторами классов 1,4 и 2. При переналадке фреза выполняет основные приемы обработки почвы, необходимые при возделывании картофеля: сплошное предпосадочное фрезерование, формирование гребней или гряд под посадку, их обработку при уходе за всходами, рыхление нижележащего слоя в полосах формируемых гребней или грядах под рядами посадки. Установлено, что конструктивными особенностями такой фрезы служат: фрезерный барабан со съёмными секциями плоских Г-образных зубьев, позволяющий выполнять сплошную и полосную обработку почвы на глубину до 12 см; регулируемые по глубине и ширине захвата дисковые бороздорезы; съёмные лапы для рыхления нижнего слоя почвы на глубину до 22 см под рядами посадки; нарезка гребней высотой до 28 см с шириной междурядий 75 см, формирование гряд высотой до 25 см и шириной по верху 150 см с бороздами 30 см; фартук сменный с прямой задней кромкой и (или) со съёмным средним и с переставными и съёмными боковыми бороздоформирующими корпусами; опорные колеса, переставляемые с передней балки на боковины сзади, при формировании гряд. Приведены основные агротехнические требования к выполняемым фрезой приемам сплошного предпосадочного фрезерования, нарезки гребней и гряд и их обработки при уходе за посадками. Использование предложенной фрезы обеспечивает качественное выполнение приемов обработки почвы при возделывании картофеля и в 2-3 раза сокращает типаж необходимых для этого машин и затрат на их приобретение.

Ключевые слова: почвообрабатывающая фреза, предпосадочная обработка почвы, гребнеобразователь, грядоделатель, бороздорез, фрезерный барабан, рыхлитель.

Выполнение одной фрезой различных приемов обработки почвы под посадку клубней в семеноводстве и промышленном производстве картофеля позволяет увеличить ее годовую загрузку, сократить количество типов применяемых машин и снизить затраты [1-4]. При выполнении селекционных посадок картофеля (как правило, на небольших площадях) и его промышленном возде-

лывании требуются сплошная предпосадочная обработка почвы, а также, в зависимости от технологии возделывания, полосное фрезерование и нарезка гребней при гребневой технологии или сплошное фрезерование и формирование гряд при грядовой или грядово-ленточной [3].

Некоторые фрезы, например гребнеобразующая фреза RR 2F75/80 компании IMAC (Италия), могут

*Статья подготовлена в рамках выполнения программы Союзного государства «Инновационное развитие производства картофеля и топинамбура». Государственный контракт № 243/19 от 18 февраля 2014 г.

выполнять сплошное фрезерование почвы и формирование гребней. Ее фрезбарабан содержит съемные секции с Г-образными плоскими зубьями [5].

Фартук фрезы выполнен с прямой задней кромкой, а сменный – с закрепленными на нем гребнеформирующими корпусами. Однако эта фреза не приспособлена для формирования гряд, а в одном хозяйстве может потребоваться применение и гребневой, и грядовой технологий с использованием для этих целей трех машин: фрезы для сплошной обработки почвы, гребнеобразователя и грядоделателя.

Цель исследования – создание многофункциональной фрезы для возделывания картофеля на селекционных делянках и при его промышленном производстве, которая в результате переналадки и крепления сменных устройств может выполнять сплошное фрезерование почвы, формирование гребней и гряд.

Материалы и методы. Рекомендуемая глубина посадки картофеля (от верха клубня до поверхности почвы): 6-8 см на суглинистых почвах, 8-10 см на легких и 12-14 см в южных влагодефицитных регионах. Многофункциональная фреза должна интенсивно крошить почву на глубину $h = 6-12$ см, обеспечивая содержание не менее 90% комков размером до 25 мм. При этом в обработанном слое не допускаются глыбы размером более 5 см. При твердости почвы выше 3 МПа ее нижележащий слой под будущими рядами посадки клубней целесообразно разрыхлить на глубину $H_p = 22$ см. Ширина верхней части формируемых гребней $b = 15-20$ см, их высота H от дна борозды до верха должна составлять при весенней нарезке 12-14 см, при осенней – 18-20 см, при уходе за посадками – 20-30 см. Ширина борозд между гребнями сверху около 50 и 55 см при ширине междурядий, соответственно, 70 и 75 см. Ширина верхней части гряд – от 110 до 150 см, ширина борозд между ними сверху – 30 см, их глубина – 15-25 см (рис. 1), а интервал между ними $B_1 = 140-180$ см. Эти требования фреза должна выполнять при твердости почвы до 2,5 МПа, ее плотности до $1,2 \text{ г/см}^3$ и влажности до 26% [1-5].

Результаты и обсуждение. Многофункциональная фреза должна иметь: фрезерный барабан, перестраиваемый со сплошного на полосное фрезерование, задний фартук – сменный или со съемными гребнегрядоформирующими корпусами, бороздорезы – в виде сферических дисков с регулируемым углом атаки и высотой крепления, лапы для полосного рыхления нижележащего слоя почвы под рядами посадки клубней и переставные колеса [6].

Для выполнения таких требований разработана фреза с изменяемой шириной захвата от 1,5 до 1,7 м (рис. 2). Ее модификации содержат фрезбарабан

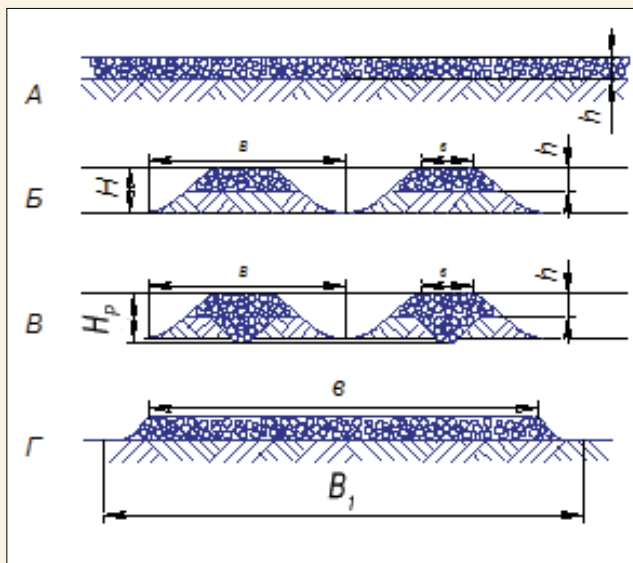


Рис. 1. Сечения пласта:

А – сплошное фрезерование; Б – нарезка гребней; В – рыхление нижнего слоя гребней под рядами посадки клубней; Г – формирование гряд

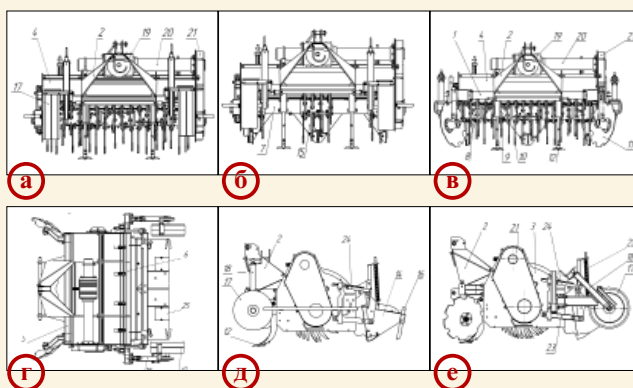


Рис. 2. Модификации многофункциональной фрезы:

а – для сплошной предпосадочной обработки; б – гребнеобразователь; в – грядоделатель (вид спереди); г – грядоделатель (вид сверху); д – гребнеобразователь (вид сбоку); е – грядоделатель (вид сбоку):

1 – рама; 2 – навесное устройство; 3 – боковина; 4 – кожух верхний; 5 – балка передняя; 6 – балка задняя; 7 – фрезбарабан; 8, 9 – секции зубьев; 10 – зуб плоский; 11 – бороздорез; 12 – рыхлитель; 13, 14 – фартуки верхний и подпружиненный задний; 15 – корпус; 16 – нож опорный; 17 – колесо; 18 – стойка с винтовым механизмом; 19 – центральный редуктор; 20 – вал трансмиссионный; 21 – бортовая цепная передача; 22 – механизм пружинный; 23 – тяга; 24 – механизм регулировки глубины; 25 – заслонка

($\varnothing 560$ мм) со съемными секциями плоских Г-образных зубьев, съемные бороздорезы и рыхлители, задний подпружиненный регулируемый по высоте установке фартук со съемными гребнегрядоформирующими (бороздообразующими) корпусами и съемными опорными ножами, переставные колеса с вин-

товыми механизмами регулировки глубины обработки. Фреза агрегатируется с тракторами мощностью не менее 60 л.с.

Секции зубьев фрезбарабана выполнены в виде охватывающих вал двух частей цилиндра, разделенного по образующим. Так как обработку выполняют на отвальной зяби или предварительно разрыхленном агрофоне, не требующем измельчения растительных остатков, то можно использовать энергоэкономные плоские зубья, работающие с минимальным выносом наверх влажной почвы нижнего слоя [7-9].

Верхний фартук содержит смотровые окна, а задний – съемные ножи опорные, заслонки и бороздообразующие корпуса (симметричный средний и боковые переставные с одной наклонной поверхностью). На носках корпусов внизу закреплены износостойкие накладки.

При сплошном предпосадочном фрезеровании колеса устанавливают перед фрезбарабаном (рис. 2а), а с заднего фартука демонтируют корпуса или используют сменный фартук с прямой задней кромкой (рис. 1а). Для формирования гребней (рис. 2б) используют фартук с корпусами и ножами, а с фрезбарабана снимают размещенные перед корпусами секции Г-образных зубьев (рис. 2б и 2д). Интервал между секциями – 350 мм. Для формирования гряд с заднего фартука снимают средний корпус, бороздорезы устанавливают на балку перед боковинами, а колеса размещают сзади них и крепят стойки на кронштейнах боковин (рис. 2в, 2г, 2е). При формировании гряд или гребней можно установить рыхлители для разуплотнения нижнего слоя почвы в полосах посадки клубней или для внесения в них удобрений (рис. 1б и 1в) с интервалом между полосами, равным ширине междурядий при посадке [10, 11].

При установке глубины h_{ϕ} предпосадочного фрезерования нужно учитывать не только глубину посадки h_n , но и коэффициент вспушенности почвы k_v , который при ее фрезеровании после сплошного предварительного рыхления равен $1,2 \pm 0,05$. Глубину посадки измеряют от верха клубня до поверхности почвы. Поэтому допустимо считать, что с учетом вспушенности минимальная глубина сплошного фрезерования $h_{\phi} \geq h_n + 0,5d_k$, где d_k – диаметр высаживаемых клубней. При этом глубина разрыхленного слоя, подготовленного к посадке, равна:

$$h = 1,2 (\pm 0,05) h_n + 0,5d_k. \quad (1)$$

Гребни формируют до и после посадки. При первичном формировании гребней и перемещении в них всей разрыхленной почвы из борозд ее объем больше, чем объем разрыхляемой в междурядье, на величину коэффициента вспушенности k_v . Гребень

составляют слой разрыхленной почвы и неразрыхленной, расположенной внизу гребня выше дна борозды. При этом глубина h разрыхленного слоя должна быть не меньше $h \geq h_n + d_k$. При послепосадочном формировании гребней глубина рыхления полос должна составлять половину требуемой высоты гребней.

При нарезке дисковыми бороздорезами радиусом R борозд между грядами сечение пласта S , вырезаемого одним диском, равно произведению площади кругового сегмента S_0 (ACB) радиусом R и высотой h , равной заглублению диска, на $\sin \alpha$, то есть с учетом угла атаки диска (рис. 3). Площадь S_0 сегмента равна разности площадей сектора, содержащего этот сегмент, и треугольника с верши-

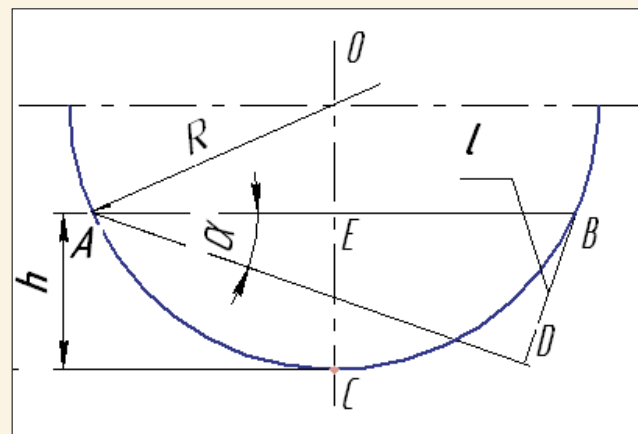


Рис. 3. К определению длины верхней хорды l сегмента, вырезаемого в почве диском, заглубленным на h

нами в центре диска и в концах радиусов к точкам A и B сегмента:

$$S_0 = (\pi R^2 \alpha / 360) - (R - h) \sqrt{h(2R - h)}. \quad (2)$$

Длина хорды этого сегмента $l = BD$ должна быть приблизительно равна половине ширины борозды сверху разрыхленного слоя.

$$l = 2 \sqrt{h(2R - h)} \cdot \sin \alpha. \quad (3)$$

При этом угол атаки диска равен:

$$\alpha = \arcsin \frac{l}{2 \sqrt{h(2R - h)}}. \quad (4)$$

Вследствие малого влияния угла β наклона дисков бороздореза на длину l при $\beta \leq 20^\circ$ этот угол не учитываем.

При высоте гребней 20 см, ширине междурядий 75 см, верхнего основания – 18-20 см и борозд внизу – 10-15 см, ширина обрабатываемой полосы должна составлять около 30 см.

Для нарезки между грядами борозд шириной сверху $l_b = 30$ см длина верхней хорды l вырезаемого диском сегмента почвы должна составлять не

менее половины l_b . Для работы дискового бороздореza без сгуживания почвы его заглубление h не должно превышать $0,7R$ диска, при диаметре 460 мм – 16 см, при 510 мм – 18 см и при 560 мм – не более 20 см. Для обеспечения $l=15$ см при максимальном заглублении бороздореza с дисками диаметром 460, 510 и 560 мм их углы атаки α , согласно (3), должны (округленно) составить, соответственно, 20; 18 и 16°. Так как за счет почвы, выброшенной из борозды на гряде, и вспушенности фрезерованного слоя глубина борозд или высота гряды приблизительно на 3 см больше заглубления дисков, то при их максимальном заглублении и диаметре 460, 510 и 560 мм можно сформировать гряды высотой 19; 21 и 23 см. Глубина борозд между грядами (высота гряд) может быть увеличена бороздообразующими корпусами заднего фартука.

Таким образом, при несложной переналадке одну фрезу можно использовать для сплошного фрезерования или его совмещения с формированием гряд, а также для полосного фрезерования и нарезки гребней.

Выводы. При возделывании картофеля применяют гребневую, грядовую и грядово-ленточную технологии, для выполнения которых требуется сплошное предпосадочное рыхление почвы, фор-

мирование гребней или гряд и их обработка при уходе за посадками. При этом используют несколько разных машин, что увеличивает затраты на производство продукции.

Предложена многофункциональная фреза, агрегируемая с тракторами мощностью не менее 60 л.с., которая благодаря наличию сменных рабочих органов и несложной переналадке может выполнять приемы обработки, необходимые при разных технологиях возделывания картофеля, и заменить три машины. Фреза содержит фрезбарабан со съёмными секциями плоских Г-образных зубьев, съёмные лапы для рыхления нижнего слоя почвы под рядами посадки клубней, съёмные регулируемые бороздорезы для нарезки борозд между грядами, сменные задние фартуки с прямой задней кромкой и с бороздообразующими корпусами, переставные опорные колеса. Приведены сведения о параметрах рабочих органов фрезы.

Фреза при соответствующей комплектации может: интенсивно крошить почву на глубину до 12 см по всей ширине захвата; рыхлить почву под рядами посадки на глубину до 22 см, нарезать гребни высотой до 28 см с шириной междурядий 75 см, формировать гряды высотой до 25 см и шириной по верху 150 см с бороздами 30 см.

Литература

1. Русский В.Г. Методические рекомендации по возделыванию картофеля на инновационной основе. – М.: УМЦ АП, 2013. – 104 с.

2. Сорокин А.А., Рейнгарт Э.С., Кабаков Н.С., Пономарев А.Г., Джавадов Р.Д., Еремченко В.И. Машинная технология производства картофеля в тяжёлых почвенных условиях. – М.: Росинформагротех, 2009. – 47 с.

3. Туболев С.С., Шеломенцев С.И., Пшеченков К.А., Зейрук В.Н. Машинные технологии и техника для производства картофеля. – М.: Агро-спас, 2010. – 316 с.

4. Елизаров В.П., Пономарев А.Г., Кабаков Н.С. и др. Методические рекомендации по освоению машинных технологий возделывания и уборки картофеля. – М.: ВИМ, 1999. – 52 с.

5. Измайлов А.Ю., Колчин Н.Н., Лобачевский Я.П., Кынев Н.Г. Современные технологии и специальная техника для картофелеводства // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2015. – № 2. – С. 45-48.

6. Жук А.Ф. Новые способы послойной обработки почвы // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2014. – № 4. – С. 13-18.

7. Пат. № 2310288 РФ. Рабочий орган ротационного орудия / Жук А.Ф. // Бюл. 2007. № 32.

8. Пат. № 2421959 РФ. Почвообрабатывающее устройство / Жук А.Ф. // Бюл. 2011. № 18.

9. Измайлов А.Ю., Сорокин Н.Т., Мазитов Н.К., Лобачевский Я.П., Жук А.Ф. и др. Вла-гоаккумулирующие технологии, техника для обработки почв и использования минеральных удобрений в экстремальных условиях. – Рязань: ВНИМС, 2014. – 250 с.

10. Зволинский В.Н. Приводные (фрезерные) машины для предпосевной подготовки почвы в сельском хозяйстве // Тракторы и сельхозмашины. – 2009. – № 6. – С. 48-56.

11. Жук А.Ф., Беляева Н.И., Батуков С.О., Шенеман А.А. Почвообрабатывающие фрезы ВИМ для садоводства // Система технологий и машин для инновационного развития АПК России: Сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. Ч. 1. – М.: ВИМ, 2013. – С. 215-219.

ENGINEERING AND RESEARCH OF ROTARY TILLAGE COMBINE FOR POTATO GROWING

A.F. Zhuk, Ya.P. Lobachevskiy, V.P. Elizarov, N.Yu. Nikolaenko, S.V. Semichev, S.A. Shishimorov

All-Russia Research Institute of Mechanization for Agriculture, 1st Institutskiy proezd, 5, Moscow, 109428, Russian Federation

High-quality soil cultivation for potato planting increases its productivity and allows to reduce damageability of tubers when harvesting. At its growing intensive complete or strip soil pulverization, formation of ridges or seedbeds for planting and growing are required. For performance of each method machines of different type, including various tillers, tilling ridge or seedbed formers, are used. The authors offered a multipurpose tiller with the horizontal rotor aggregated with tractors of classes 1.4 and 2. At readjustment the tiller operates the main methods of soil cultivation necessary at potato growing: complete preplanting tilling, ridges or seedbeds formation for planting, cultivation of them at care of seedlings, loosening of an underlying layer in strips of the formed ridges or seedbeds under planting rows. This tiller has some constructional features: the tiller rotor with removable sections of flat L-shaped teeth allowing to operate complete and strip soil cultivation at a depth of 12 cm; the disk furrow shapers regulated on depth and operating width; removable hoes for loosening of the lower layer of soil at depth of 22 cm under planting rows; a replaceable deflector with a direct back edge and (or) with a removable furrow shapers; basic wheels movable from a forward girder onto sidewalls behind – when seedbeds forming. The authors report the main agrotechnical requirements to the methods of complete preplanting tilling, ridges and seedbeds forming which are carried out by a tiller and cultivation of them when planting. The tiller has different complete set options for performance of these methods. Use of the offered tiller provides high-quality performance of methods of soil cultivation and potato growing and by 2-3 times reduces a range of necessary machines and costs of acquisition of them.

Keywords: Soil-cultivating tiller; Preplanting soil cultivation; Ridge former; Seedbed former; Furrow shaper; Tiller rotor; Ripper.

References

1. Russkiy V.G. Metodicheskie rekomendatsii po vozdeleyvaniyu kartofelya na innovatsionnoy osnove [Methodical recommendations about potato growing on innovative basis]. Moscow.: UMTs AP, 2013. 104 pp. (Russian).
2. Sorokin A.A., Reyngart E.S., Kabakov N.S., Ponomarev A.G., Dzhavadov R.D., Eremchenko V.I. Mashinnaya tekhnologiya proizvodstva kartofelya v tyazhelykh pochvennykh usloviyakh [potatoes production machine technology in severe soil conditions]. Moscow.: Rosinformagrotekh, 2009. 47 pp. (Russian).
3. Tubolev S.S., Shelomentsev S.I., Pshechenkov K.A., Zeyruk V.N. Mashinnye tekhnologii i tekhnika dlya proizvodstva kartofelya [Machine technologies and machinery for potatoes production]. Moscow.: Agropas, 2010. 316 pp. (Russian).
4. Elizarov V.P., Ponomarev A.G., Kabakov N.S., et al. Metodicheskie rekomendatsii po osvoeniyu mashinnykh tekhnologiy vozdeleyvaniya i uborki kartofelya [Methodical recommendations about development of machine technologies for cultivation and harvesting of potatoes]. Moscow.: VIM, 1999. 52 pp. (Russian).
5. Izmaylov A.Yu., Kolchin N.N., Lobachevskiy Ya.P., Kynev N.G. Sovremennye tekhnologii i spetsial'naya tekhnika dlya kartofeleводства // Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii [Modern technologies and special equipment for potato

production]. 2015. No. 2. pp. 45-48 (Russian).

6. Zhuk A.F. Novye sposoby posloynnoy obrabotki pochvy // Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii [New ways of layer-by-layer soil cultivating]. 2014. No. 4. pp. 13-18 (Russian).

7. Pat. No. 2310288 RF. Rabochiy organ rotatsionnogo orudiya [Working element of rotary tiller]. Zhuk A.F. Byul. 2007. No. 32 (Russian).

8. Pat. No. 2421959 RF. Pochvoobrabatyvayushchee ustroystvo [Tillage outfit]. Zhuk A.F. Byul. 2011. No. 18 (Russian).

9. Izmaylov A.Yu., Sorokin N.T., Mazitov N.K., Lobachevskiy Ya.P., Zhuk A.F. i dr. Vlogoakkumuliruyushchie tekhnologii, tekhnika dlya obrabotki pochv i ispol'zovaniya mineral'nykh udobreniy v ekstremal'nykh usloviyakh [Moisture retaining technologies, equipment for soil cultivation and use of mineral fertilizers in extreme conditions]. Ryazan': VNIMS, 2014. 250 pp. (Russian).

10. Zvolinskiy V.N. Privodnye (frezernye) mashiny dlya predposevnoy podgotovki pochvy v sel'skom khozyaystve [Driving (tilling) machines for preseedling soil cultivation in agriculture]. Traktory i sel'khozmashiny. 2009. No. 6. pp. 48-56 (Russian).

11. Zhuk A.F., Belyaeva N.I., Batukov S.O., Sheneman A.A. Pochvoobrabatyvayushchie frezy VIM dlya sadovodstva [Soil cultivating tillers of VIM for gardening]. Sistema tekhnologiy i mashin dlya innovatsionnogo razvitiya APK Rossii: Sb. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Ch. 1. Moscow.: VIM, 2013. pp. 215-219 (Russian).

УДК 63.128

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕНОСА ВЛАГИ В ЗЕРНЕ ПРИ ОСЦИЛЛИРУЮЩЕЙ СУШКЕ



МАРИН Р.А.,
аспирант

Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Российская Федерация, e-mail: vim@vim.ru

Среди инновационных режимов сушки семян и зерна приоритет принадлежит осциллирующим. Но наименее изучены режимы с периодическими отлежками, позволяющие существенно повысить эффективность сушки семян и зерна, в том числе и повышенной влажности. Исследования переноса влаги необходимы для обоснования режимов безопасной и интенсивной сушки. Реализация этих режимов позволяет определить допустимый коэффициент теплоотдачи и длительность периодических отлежек. Это обусловлено необходимостью снижения градиента поверхностного влагосодержания и температуры зерна. Длительность сушки определяется выражением, в которое входят коэффициент диффузии, радиус зерновки, толщина оболочки (обезвоженной зоны) и величины влагосодержания ядра и оболочки. После испарения влаги интенсивность и безопасность сушки снижаются, поэтому отлежка необходима для перераспределения влаги. При определенных условиях ширина зоны испарения оказывается значительно меньше характерного размера высушиваемого тела, так что эту зону можно заменить, например, толщиной оболочки зерна. На основе допустимого влагосъема и плотности теплового потока при интенсивной сушке получено аналитическое выражение для расчета максимального коэффициента теплоотдачи и, соответственно, скорости агента сушки, которая зависит от его высоты, удельной поверхности зерна и доли теплоты, поступающей на испарение влаги. Для условий сушки зерна в зерносушилках скорость агента сушки не должна превышать 0,6 м в секунду. Определены значения допустимой величины коэффициента теплоотдачи (не более 40 Вт на кв. м в пересчете на один градус) и длительности отлежек, равной 10 мин. Получено, что соотношение длительности периода нагрева и охлаждения зерна равно 10:10, оптимальное значение этого соотношения – 15:20.

Ключевые слова: зерно, осциллирующая сушка, перенос влаги, отлежка зерна.

Повышение эффективности технологии и технических средств сушки семян и зерна предусмотрено Системой машин, соответствует тенденции развития сельскохозяйственной техники и возможно на основе инновационных технологий и режимов [1-3]. Среди них получили распро-

странение осциллирующие методы, позволяющие существенно снизить затраты тепла на сушку и в ряде случаев повысить производительность технических средств [4-8]. В составе последних наименее изучены режимы с периодическими отлежками, которые в наибольшей степени подходят для семен-

ного зерна повышенной влажности [9-11].

В общем случае исследование аспектов переноса влаги в зерновке связано с решением весьма сложной задачи движения двухфазной газожидкостной смеси при наличии фазового перехода и одновременного переноса тепла в трехфазной системе. Эта задача – нелинейная, так как коэффициенты в уравнениях движения и конвективной теплопроводности зависят от температуры, влагосодержания и других неизвестных величин.

Решения, которые могут быть получены лишь в частных случаях и имеют весьма громоздкий вид, затрудняют их практическое использование. Вместе с тем в ряде случаев такие факторы, как адсорбционно-связанная влага, перемещение жидкости в порах и другие, несут существенны. Поэтому можно представить адекватные модели процессов, позволяющие получить корректные результаты, достаточные для практических целей. Так, для обоснования безопасного влагосъема можно рассматривать перенос влаги по допустимому влагосъему не более 6% за время непрерывной сушки.

Жидкость испаряется в узкой зоне, которая распространяется внутрь зерновки, но при этом интенсивность процесса снижается. Во время отлежки эта зона насыщается влагой, что позволяет повысить интенсивность и безопасность сушки.

Цель исследования – расчет допустимого значения коэффициента теплоотдачи, скорости агента сушки и длительности периодических отлежек при осциллирующей сушке и экспериментальная проверка показателей.

Расчет коэффициента теплоотдачи. В начале процесса сушки удаление влаги из семян идет быстро, однако мало влияет на изменение их качества. Установлено, что любое интенсивное (2-3%) удаление влаги с верхних покровов зерна многих сельскохозяйственных культур не отражается на их качестве [13]. Изменение влажности при одних и тех же условиях с течением времени замедляется. При этом качественные изменения материала зависят не от абсолютного съема влаги, а от величины отношения $\Delta W/W_n$, где ΔW – съем влаги, %; W_n – начальная влажность зерна, %. Поэтому допустимое уменьшение влажности зерна как функцию времени следует выражать не через среднюю скорость сушки, а через некоторую величину влагосъема.

Установлено, что для пшеницы повышенной влажности ($W \geq 23-24\%$) величину ΔW можно выразить как $\Delta W = 0,185 \tau + 3,0$, где τ – время сушки, мин.

Таким образом, у менее влажного зерна пшеницы с достаточной для практики точностью можно считать, что допустимый влагосъем зависит от начальной влажности зерна.

Для расчета допустимого влагосъема в зернов-

ке и определения безопасной скорости агента сушки будем полагать, что равенство скоростей миграции влаги к поверхности зерновки и отвода паров от поверхности обеспечат транспорт влаги в виде жидкости (первый период сушки), жидкости и пара (второй период сушки) без повреждения тканей семени и зародыша. Для этого рассмотрим приближенные модели тепломассопереноса в зерновке.

Физическая модель. Как только температура поверхности зерновки достигнет температуры адиабатического насыщения воздуха (температуры мокрого термометра), начинается первый период сушки, в котором агент сушки у поверхности зерновки насыщен водяными парами, а скорость процесса лимитируется скоростью их отвода от поверхности испарения в ядро потока сушильного агента. В этом периоде влага преимущественно из периферийных оболочек зерновки перемещается к поверхности, испаряется, а пары отводятся агентом сушки. Если в первом периоде граница испарения не перемещается, то во втором она углубляется внутрь зерновки.

Большая часть зерна, поступающая на сушку, имеет влажность меньше гигроскопической, поэтому допустимую величину скорости сушки можно записать в виде $\frac{dW}{d\tau} = 0,185$, а величину влагосъема – как $\Delta U = \frac{W_n - W_k}{100 - W_k}$,

где W_n – начальная влажность,
 W_k – конечная влажность, %.

При сушке зерна от 20 до 14% влагосъем составит:

$$\Delta U = 0,13 \tau, \quad (1)$$

где ΔU – влагосъем, кг вл./кг сух. мат.

Математическая модель. При конвективной сушке температурный градиент мал, и интенсивность сушки численно равна плотности потока теплоты, подводимого к поверхности зерновки, который можно записать следующим образом [13]:

$$-\frac{dW}{d\tau} = \frac{\alpha(t - \theta_{cp})S\eta}{G\rho r}, \quad (2)$$

где dW – влажность зерна, %;

$d\tau$ – время, ч;

α – коэффициент теплоотдачи, Вт/м²·°С;

ρ – плотность сухого вещества зерна, кг/м³;

S – площадь поверхности зерна, м²;

G – масса сухого вещества зерна, кг;

η – доля теплоты на испарение влаги;

t, θ_{cp} – температура агента сушки и средняя температура зерна, °С;

r – теплота парообразования, кДж/кг влаги.

Приняв форму зерновки шарообразной, заме-

ним комплекс на удельную поверхность f (м²/кг) и получим из (2):

$$\Delta U = \frac{3 \alpha f (t - \theta_{cp}) \tau \eta}{r}, \quad (3)$$

где $\eta = \frac{Q_{ис}}{Q_{ис} + Q_n}$ ($Q_{ис}$, Q_n – теплота на испарение влаги и нагрев зерна, Вт).

Для слоя зерна высотой H влагосъем, соответственно, равен:

$$\Delta U = \frac{3 \alpha f (t - \theta_{cp}) \tau \eta H}{r h_0}, \quad (4)$$

где h_0 – высота пограничного слоя ($h_0 = 2 \dots 3 d_3$, d_3 – эквивалентный диаметр зерновки, м).

Приравняв правые части (1) и (4) относительно α , запишем:

$$\alpha = \frac{0,13 r H}{3 f (t - \theta_{cp}) \eta h_0}. \quad (5)$$

Величина α характеризует допустимую интенсивность теплоотдачи при постоянном температурном режиме сушки. Приняв во внимание, что при осциллировании температура зерна θ_{cp} в круглых скобках выражения (5) близка к предельно допустимой $\theta_{пд} = const$, получим допустимую величину α' для осциллирующего теплоподвода.

Зная значения α и α' , можно определить величину допустимой скорости агента сушки V_d как для постоянного, так и переменного V'_d теплоподвода.

Предварительно вычислив число Нуссельта ($Nu = \frac{\alpha d_3}{\lambda}$), значение которого для плотного зернового слоя $Nu = 0,075 Re$, где $Re = \frac{V_d d_3}{\nu}$ – число Рейнольдса, можно будет определить V_d , м/с.

Значение $V_d = 0,5$ м/с при сушке селекционных семян рекомендовано в работе [14].

Расчет длительности отлежки

При осциллирующем режиме существенное влияние на процесс оказывает длительность отлежки, которая должна быть достаточной для перераспределения влаги в зерновках с насыщением поверхностной зоны (оболочки). Последнее не только обеспечивает безопасность сушки, но и позволяет интенсифицировать процесс.

Физическая модель. Под действием концентрационной диффузии влага из ядра при отлежке перемещается в оболочку, обезвоженную до U_p (где U_p – равновесное влагосодержание, кг/кг), и увлажняет ее до U_k (где U_k – кондиционное влагосодержание, кг/кг). Полагая, что влагосодержание оболочки $U_k \approx const$ и ядра $U_{яд} \approx const$, рассчитаем $\tau_{от}$ и обеспечим при осциллировании энергосберегающий режим сушки.

Ввиду цикличности процесса заменим величину влагосодержания ядра начальной стадии U_0 на

среднее значение $U_{cp} = \frac{U_0 + U_k}{2}$, а влагосодержание

оболочки – на кондиционное.

Математическая модель. Массу влаги, перемещенной из ядра в оболочку при отлежке, запишем в виде:

$$dM = \frac{a_m \rho (U_{cp} - U_p)}{2(R - \delta)}, \quad (6)$$

где a_m – коэффициент диффузии, м²/с;

ρ – плотность влаги, кг/м³;

δ – толщина оболочки, м.

Или:

$$dM = \frac{G_B dU}{d\tau_{от} F}, \quad (7)$$

где G_B – масса влаги, кг;

$d\tau_{от}$ – длительность отлежки, с;

F – площадь массообменной поверхности оболочки, м².

Величину G_B можно представить в виде:

$$G_B = V_0 \rho \approx \delta F \rho, \quad (8)$$

где V_0 – объем оболочки.

Приравняв правые части выражений (6) и (7), после интегрирования и упрощения запишем:

$$\tau_{от} = \frac{2 \delta_3 (R - \delta)}{a_m} \ln \frac{U_{cp} - U_p}{U_k - U_p}. \quad (9)$$

При разработке моделей переноса влаги в зерновке принят ряд допущений. Допущения были сделаны также при выборе влагосодержания, в пределах которых рассчитывали $\tau_{от}$. В связи с этим были поставлены экспериментальные исследования, в которых изучали массоперенос в зерновке.

Целью экспериментальных исследований стала апробация расчетного выражения длительности отлежки для режимов осциллирующей сушки.

Исследовали поля влажности в зерновке для трех основных режимов осциллирующей сушки: без отлежек, с отлежкой нагретого зерна и с отлежкой охлажденного зерна. Изучили механизмы влагопереноса для этих режимов.

Материалы и методы. Программа работ предусматривала сушку увлажненного зерна пшеницы влажностью 20 и 24% в тонком слое (~10 мм) до 13-14% при следующих режимах:

- осциллирующий режим без отлежек с соотношением периодов нагрева и охлаждения 1:1 при экспозиции нагрева (охлаждения) 5; 10; 20 и 40 мин;
- осциллирующий режим с отлежками длительностью 5; 10; 20 и 40 мин после периода нагрева с указанными выше экспозициями;
- осциллирующий режим с отлежками длительностью 5; 10; 20 и 40 мин после периода охлаждения с указанными выше экспозициями;
- режим с постоянной температурой.

Методика исследований предусматривала через каждые 2-10 мин вентилирования зерна агентом сушки или воздухом (при охлаждении) отбор из кассеты навески зерна. Затем, удерживая пинцетом зерновку, срезали оболочку определяли влажность оболочки, ядра и зерновки. Причем масса срезаемых оболочек составляла не менее 0,5 г, масса ядер и зерен – по 5 г; погрешность взвешивания навесок из оболочек – $1 \cdot 10^{-4}$ г, навесок из ядер и зерновок – $1 \cdot 10^{-3}$ г. Скорость агента сушки – 0,5 м/с, температура агента сушки для осциллирующих режимов – 65°C, для режима с постоянной температурой – 55°C (семенной режим). Температура наружного воздуха, соответственно, 25 и 20°C.

Опыты проводили на лабораторной установке, в конструкции которой имеются кассета с решетчатым дном диаметром 120 мм и высотой 0,2 м, калорифер и вентилятор. Увлажненную навеску засыпали в кассету, продували агентом сушки, высушивая до кондиционной влажности, периодически отбирая навески для определения влажности. Осциллирующий режим осуществляли периодическим отключением и включением калорифера. Температура агента сушки поддерживалась автоматически.

Результаты и обсуждение. Кривые изменения влажности зерновки и ее частей при сушке приведены на *рисунке 1*. Из графика видно, что влаж-

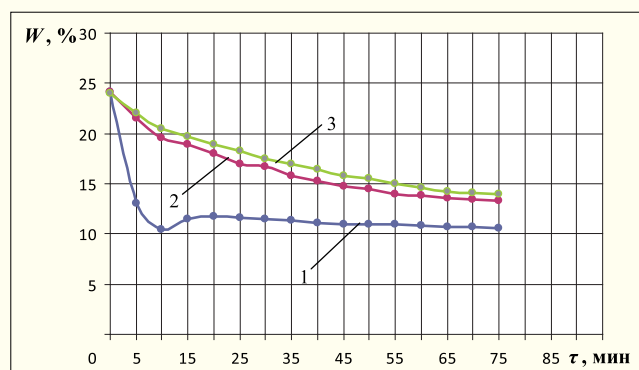


Рис. 1. Изменение влажности W в зависимости от времени τ при осциллирующей сушке: 1 – оболочки, 2 – ядра, 3 – зерновки

ность оболочки сначала резко снижается, затем слегка повышается, а потом постепенно уменьшается.

Это явление может быть объяснено следующим образом. Уже в первом периоде процесса происходит углубление объема, из которого испаряется влага. Скорость этого углубления возрастает с увеличением интенсивности влагоотдачи. Вследствие энергичного нагрева на поверхности зерна возникает значительный температурный градиент. Резкое уменьшение влагосодержания поверхностного

слоя происходит в результате интенсивного испарения влаги с поверхности зерна.

Углубление зоны испарения приводит к возрастанию гидродинамического сопротивления поверхностной пленки и к структурным изменениям слоя, вследствие чего возможно некоторое увеличение в этом слое концентрации влаги, более интенсивно мигрирующей из внутренних слоев к зоне испарения из-за заметного увеличения коэффициента диффузии.

Проведенные исследования показывают, что режим сушки оказывает существенное влияние на поле влагосодержания. Жесткий режим приводит к пересушиванию поверхности зерна, более интенсивному углублению поверхности испарения, созданию больших градиентов влажности. Поэтому целесообразно увеличивать количество удаляемой влаги, повышая высоту слоя, а не температуру агента сушки. С этой же точки зрения сушку зерна высокой влажности ($W > 25\%$) рационально вести при более мягких режимах, чтобы поверхность испарения располагалась возможно ближе к геометрической поверхности материала.

От режима сушки зависит характер распределения влаги в зерне и, соответственно, изменяется величина поверхностного градиента влагосодержания. При жестких режимах сушки высоковлажного зерна интенсивный теплообмен с поверхностью продукта вызывает соответствующее испарение влаги, находящейся в капиллярах оболочек (стыковая влага макропор либо влага капиллярного состояния), что может привести в дальнейшем к превышению допустимой температуры, усадке и снижению качества зерна.

Благодаря пористой структуре оболочка зерновки легко насыщается при отлежке и легко отдает влагу при сушке. При увлажнении она существенно увеличивает свою толщину (с 0,07 до ~0,12 мм), в результате аккумулируется достаточно большое количество влаги. Оболочка служит своеобразным «насосом»: если чередовать периоды отлежки и вентилирования, то будет осуществлен изотермический режим и снижены удельные затраты тепла при сохранении качественных показателей семян.

В общем случае осциллирующий режим сушки обуславливает более мягкие условия обезвоживания зерновки из-за меньшей интенсивности испарения, что благоприятно сказывается на сохранении качественных показателей зерна. В случае отлежки допускается не только интенсификация процесса, но и влагосъем более 6%.

Разность влажностей ΔW между ядром и оболочкой является определяющим фактором при выборе режима сушки: чем она ниже, тем меньше поверхностный градиент влагосодержания и тем мень-

ше вероятность механических повреждений оболочки и трещинообразования в зерновках крупносеменных культур. Минимальная величина ΔW характерна для режима с отлежкой после периода охлаждения. После периода нагрева ΔW несколько возрастает, достигая максимальной величины при осциллирующем режиме без отлежек. Без сомнения, снижение величины ΔW повышает безопасность процесса сушки, в частности семенного зерна.

После нагрева оболочка зерновки достигает

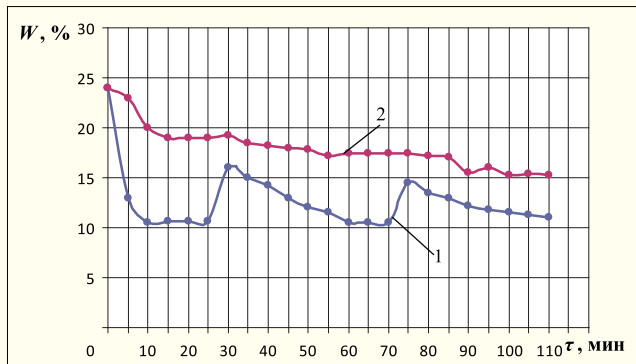


Рис. 2. Изменение влажности зерновки при осциллирующем режиме с отлежкой подогретого зерна: 1 – оболочка; 2 – ядро; длительность отлежки – 10 мин

влажности, близкой к равновесной, при отлежках намечаются резкие скачки ее значений. Причем амплитуда этих скачков со временем уменьшается (рис. 2).

Следует отметить существенное повышение влажности оболочки после отлежки и некоторое снижение влажности ядра. Эти изменения характерны для всего периода сушки, но наибольшее изменение амплитуды ΔW установлено в начале процесса.

Для практической реализации осциллирующих режимов в зерносушилках важное значение имеет обоснованная величина длительности отлежки. Естественно, чем она меньше, тем ниже стоимость зерносушильного оборудования и выше пропускная способность сушилки. Однако с увеличением длительности отлежки происходит более полное выравнивание полей влажности в зерновках с последующей интенсификацией процесса и повышается безопасность сушки.

Зависимость изменения ΔW от времени отлежки приведена на рисунке 3. Можно отметить, что вначале величина ΔW возрастает прямо пропорционально $\tau_{от}$, затем экспоненциально снижается и после 40 мин практически не меняется. На наш взгляд,

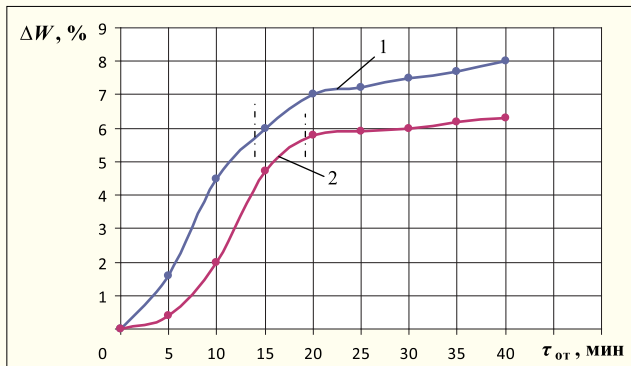


Рис. 3. Изменение $\Delta W = (W_{я} - W_{об})$ в зависимости от длительности отлежки $\tau_{от}$: 1, 2 – после подогрева и охлаждения зерна соответственно; длительность периодов нагрев-охлаждение – 10:10 мин; - - - - - расчетные значения $\tau_{от}$

целесообразно ограничиться величиной $\tau_1=15$ мин и $\tau_2=20$ мин, соответственно, для режима осциллирования с отлежкой после периода нагрева и для периода охлаждения, где ΔW возрастает прямо пропорционально изменению $\tau_{от}$.

Отметим, что отлежка затягивает процесс сушки, повышает стоимость зерносушилки (необходимы камеры отлежки при поточной работе или вместительный надсушильный бункер при циклической работе сушилки). Очевидно, что чем больше длительность отлежки, тем выше влагосъем, но в конечном итоге целесообразно ограничиться отлежкой, при которой влагосъем возрастает прямо пропорционально времени.

Установлено, что рассчитанная длительность отлежки обеспечивает перемещение до 85% всей влаги в течение 40 мин в зерне, как после периода подогрева, так и после охлаждения [9].

Выводы. В ходе исследования получено аналитическое выражение для расчета максимального коэффициента теплоотдачи и, соответственно, скорости агента сушки как с постоянным, так и переменным теплоподводом.

Допустимая скорость агента сушки в плотном слое зерна зависит от высоты слоя, удельной поверхности зерна, его температуры и доли теплоты, поступающей на испарение влаги. В условиях сушки, характерных для зерносушилок, величина скорости агента сушки не должна превышать 0,6 м/с.

Отлежка обусловлена необходимостью снижения градиента поверхностного влагосодержания и температуры зерна. Ее длительность определяется выражением, в которое входят коэффициент диффузии, радиус зерновки, толщина оболочки обезвоженной зоны и влагосодержание зерна.

Литература

1. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Сизов О.А. Перспективные пути применения энерго- и экологически эффективных машинных технологий и технических средств // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2013. – № 4. – С. 8-11.
2. Черноиванов В.И., Орси́к Л.С., Федоренко В.Ф., Буклагин Д.С., Мишу́ров Н.П., Голья́пин В.Я., Колчина Л.М., Кузьмина Т.Н., Соловьева Н.Ф., Кокоченко В.В., Ши́лова Е.П., Казинникова Т.А., Измайлов А.Ю., Евтюшенков Н.Е., Лобачевский Я.П., Личман Г.И., Марченко Н.М., Марченко О.С., Ревенко Н.А., Сизов О.А. и др. Тенденции развития сельскохозяйственной техники за рубежом // *Научно-аналитический обзор (По материалам Международной выставки «SIMA-2007»)* – М.: Росинформагротех, 2007. – 308 с.
3. Мазитов Н.К., Лобачевский Я.П., Саханов Р.Л., Шарафиев Л.З., Садриев Ф.М., Салахов А.Ф., Дмитриев С.Ю., Рахимов З.С. Эффективность инновационной технологии производства продукции растениеводства в условиях ВТО – при низкой себестоимости и высокой рентабельности на основе использования отечественной техники // *Система технологий и машин для инновационного развития АПК России: Сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. Ч. 2.* – М.: ВИМ, 2013. – С. 50-54.
4. Голубкович А.В., Павлов С.А., Беленькая Л.И., Марин Р.А. Осциллирующая сушка семян и зерна в колонковой сушилке СЗТ-16 // *Инновационные технологии и техника нового поколения – основа модернизации сельского хозяйства: Сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. Ч. 1.* – М.: ВИМ, 2011. – С. 392-399.
5. Голубкович А.В., Павлов С.А., Орехов А.П., Козлов В.И. Сушка семян рапса в карусельной сушилке при осциллирующем режиме // *Техника в сельском хозяйстве*. – 2011. – № 4. – С. 25-28.
6. Пат. № 2539860 РФ. Способ осциллирующей сушки зерна и устройство для его осуществления / Павлов С.А., Голубкович А.В., Лукин И.Д., Машковцев М.Ф. // *Бюл.* 2015. № 3.
7. Пат. № 2559003 РФ. Способ комбинированной сушки семян и зерна / Голубкович А.В., Павлов С.А., Мазаева Г.В., Тараканова Л.А., Нурбагандова Р.М., Сунгатуллина В.Н. // *Бюл.* 2015. № 22.
8. Голубкович А.В., Павлов С.А., Лукин И.Д., Машковцев М.Ф. Расчет параметров осциллирующей сушки зерна в мобильной зерносушилке // *Тракторы и сельхозмашины*. – 2013. – № 5. – С. 28-29.
9. Голубкович А.В., Павлов С.А. Оптимизация сушки зерна при осциллирующем режиме // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2014. – № 1. – С. 10-14.
10. Голубкович А.В., Пехальский И.А., Лукин И.Д., Марин Р.А. Моделирование тепло- и массопереноса при осциллирующей сушке зерна в мобильной зерносушилке // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2015. – № 5. – С. 25-28.
11. Елизаров В.П., Павлов С.А., Марин Р.А., Дядыко А.Н. Сушка зерна с переменным тепловодом в колонковой зерносушилке // *Тракторы и сельхозмашины*. – 2015. – № 12. – С. 24-26.
12. Птицын С.Д. Зерносушилки. – М.: Машиз, 1962. – 180 с.
13. Сажин Б.С. Основы техники сушки. – М.: Химия, 1984. – 320 с.
14. Гамхошвили Р.М. Обоснование технологических и конструктивных параметров и разработка универсальной установки для сушки селекционных семян сельскохозяйственных культур: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – М., 1975. – 21 с.

RESEARCH OF MOISTURE TRANSFER IN GRAIN AT OSCILLATING DRYING

R.A. Marin

All-Russia Research Institute of Mechanization for Agriculture, 1st Institutskiy proezd, 5, Moscow, 109428, Russian Federation, e-mail: vim@vim.ru

Among the innovative modes of seeds and grain drying the priority belongs to the oscillating one. But the modes with periodic lying allowing to increase significantly efficiency of seeds and grain drying including the increased moisture are least studied. Researches of moisture transfer are necessary for justification of the modes of safe and intensive drying. Realization of these modes allows to define heat-transfer coefficient and lying periods duration. It is caused by need of decrease in a gradient of surface moisture content and temperature of grain. Drying duration can be defined by equation which enter diffusion coefficient, the caryopsis radius, hull thickness (the dehydrated zone) and the size of moisture content of a kernel and a hull. After moisture evaporation intensity and safety of drying decrease therefore the lying is necessary for moisture redistribution. Under certain conditions width of an evaporation zone turns out to be much less characteristic size of the dried-up body so this zone can be replaced, for example, with grain hull thickness. On the basis of an admissible moisture removal and density of a thermal stream at intensive drying analytical expression was received. It can be used for calculation of the maximum heat-transfer coefficient and, respectively, of the drying agent speed which depends on its height, a specific surface of grain and

a share of the warmth required for moisture evaporation. For conditions of drying of grain in the grain dryers the speed of the drying agent should not exceed 0.6 m per a second. The authors defined values of admissible size of heat-transfer coefficient (no more than 40 W per sq. m in terms of one degree) and lyings duration which is equal 10 min. The ratio of duration of the period of heating and cooling of grain is equal 10:10, optimum value of this ratio is 15:20.

Keywords: Grain; Oscillating drying; Moisture transfer; Grain lying.

References

1. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Sizov O.A. *Perspektivnye puti primeneniya energo- i ekologicheskikh effektivnykh mashinnykh tekhnologiy i tekhnicheskikh sredstv [Long-term ways of use of energy and environmentally efficient machine technologies and techniques]*, *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2013. No. 4. pp. 8-11 (Russian).
2. Chernoi Ivanov V.I., Orsik L.S., Fedorenko V.F., Buklagin D.S., Mishurov N.P., Gol'tyapin V.Ya., Kolchina L.M., Kuz'mina T.N., Solov'eva N.F., Kokochenko V.V., Shilova E.P., Kazinnikova T.A., Izmaylov A.Yu., Evtyushenkov N.E., Lobachevskiy Ya.P., Lichman G.I., Marchenko N.M., Marchenko O.S., Revenko N.A., Sizov O.A., et al. *Tendentsii razvitiya sel'sko khozyaystvennoy tekhniki za rubezhom [Trends in development of agricultural machinery abroad]*. *Nauchno-analiticheskiy obzor (Po materialam Mezhdunarodnoy vystavki «SIMA-2007»)*. Moscow: Rosinformagrotekh, 2007. 308 pp. (Russian).
3. Mazitov N.K., Lobachevskiy Ya.P., Sakhapov R.L., Sharafiev L.Z., Sadriev F.M., Salakhov A.F., Dmitriev S.Yu., Rakhimov Z.S. *Effektivnost' innovatsionnoy tekhnologii proizvodstva produktsii rastenievodstva v usloviyakh VTO – pri nizkoy sebestoimosti i vysokoy rentabel'nosti na osnove ispol'zovaniya otechestvennoy tekhniki [Efficiency of innovative production technology of production of plant industry in conditions of WTO – at low prime cost and high profitability on basis of domestic machinery use]*. *Sistema tekhnologiy i mashin dlya innovatsionnogo razvitiya APK Rossii: Sb. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Ch. 2*. Moscow: VIM, 2013. pp. 50-54 (Russian).
4. Golubkovich A.V., Pavlov S.A., Belen'kaya L.I., Marin R.A. *Ostsilliruyushchaya sushka semyan i zerna v kolonkovoy sushilke SZT-16 [Oscillating drying of seeds and grain in tower drier SZT-16]*. *Innovatsionnye tekhnologii i tekhnika novogo pokoleniya – osnova modernizatsii sel'skogo khozyaystva: Sb. dokl. XI Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Ch. 1*. Moscow: VIM, 2011. pp. 392-399 (Russian).
5. Golubkovich A.V., Pavlov S.A., Orekhov A.P., Kozlov V.I. *Sushka semyan rapsa v karusel'noy sushilke pri ostsiliruyushchem rezhime [Rape seeds drying in rotary dryer at oscillating mode]*. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve*. 2011. No. 4. pp. 25-28 (Russian).
6. Pat. № 2539860 RF. *Sposob ostsiliruyushchey sushki zerna i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya [Way of oscillating grain drying and the device for its implementation]*. Pavlov S.A., Golubkovich A.V., Lukin I.D., Mashkovtsev M.F. *Byul.* 2015. № 3.
7. Pat. № 2559003 RF *Sposob kombinirovannoy sushki semyan i zerna [Way of combined drying of seeds and grain]*. Golubkovich A.V., Pavlov S.A., Mazaeva G.V., Tarakanova L.A., Nurbagandova R.M., Sungatullina V.N. *Byul.* 2015. № 22.
8. Golubkovich A.V., Pavlov S.A., Lukin I.D., Mashkovtsev M.F. *Raschet parametrov ostsiliruyushchey sushki zerna v mobil'noy zernosushilke [Calculation of parameters of grain oscillating drying in mobile grain-dryer]*. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2013. No. 5. pp. 28-29 (Russian).
9. Golubkovich A.V., Pavlov S.A. *Optimizatsiya sushki zerna pri ostsiliruyushchem rezhime [Optimization of drying of grain at oscillating mode]*. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2014. No. 1. pp. 10-13 (Russian).
10. Golubkovich A.V., Pekhal'skiy I.A., Lukin I.D., Marin R.A. *Modelirovanie teplo- i massopereenosy pri ostsiliruyushchey sushke zerna v mobil'noy zernosushilke [Modeling of heat and mass transfer at oscillating drying of grain in mobile dryer]*. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2015. No. 5. pp. 25-28 (Russian).
11. Elizarov V.P., Pavlov S.A., Marin R.A., Dadyko A.N. *Sushka zerna s peremennym teplopodvodom v kolonkovoy zernosushilke [Grain drying with a variable heatsupply in tower dryer]*. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2015. No. 12. pp. 24-26 (Russian).
12. Ptitsyn S.D. *Zernosushilki [Grain dryers]*. Moscow: Mashgid, 1962. 59 pp. (Russian).
13. Sazhin B.S. *Osnovy tekhniki sushki [Bases of drying technology]*. Moscow: Khimiya, 1984. 320 pp. (Russian).
14. Gamkhoshvili R.M. *Obosnovanie tekhnologicheskikh i konstruktivnykh parametrov i razrabotka universal'noy ustanovki dlya sushki selektsionnykh semyan sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Justification of technological and design characteristics and development of universal imachine for drying of selection seeds of crops]*. *Avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk*. Moscow, 1975. 21 pp. (Russian).

УДК 631, 678

ИННОВАЦИОННЫЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ШИБРЯЕВА Л.С.^{1,2},
докт. хим. наук

ПОДЗОРОВА М.В.^{1,3},
аспирант,

ТЕРТЫШНАЯ Ю.В.^{1,2},
канд. хим. наук

¹Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Российская Федерация

²Институт биохимической физики имени Н.М. Эмануэля, ул. Косыгина, 4, Москва, 119334, Российская Федерация

³Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Стремянный переулок, 36, Москва, 117997, Российская Федерация, mariapdz@mail.ru

Разработка биodeградируемых, экоразрушающихся материалов с целью их использования в инновационной технологии посадки семян зерновых культур в ленту – важная и актуальная задача полимерной химии. Она сводится к обеспечению программируемой деструкции материала под воздействием природных факторов с учетом биохимических процессов, протекающих в ходе развития растения. На сегодняшний день в литературе отсутствуют данные, посвященные полимерным материалам, способным, контактируя с корневой системой растений непосредственно в почве, управлять их биохимическими процессами. Разработали композиции на основе синтетического полимера – полиэтилена низкой плотности (ПЭНП) и биоразлагаемого полимера – полилактида (ПЛА). Определили теплофизические параметры экзотермических и выявили закономерности их изменения под действием ультрафиолетового излучения. Установили, что фотоокисление приводит к растрескиванию образцов с повышенным содержанием ПЛА. Обнаружили значительное снижение температуры плавления ПЛА со 165 до 152 градусов Цельсия (в некоторых композициях до 137 градусов) и степени кристалличности – в среднем на 20 процентов. При этом самое значительное снижение кристалличности (около 30 процентов) отмечается в композиции с соотношением компонентов 50:50 массовых процентов. Определили влияние состава композиции на скорость деструктивного воздействия влаги и ультрафиолета. Отметили, что большая скорость этих процессов характерна для композиций, содержащих от 30 до 60 массовых процентов ПЛА. Показали, что биоразложению в почве быстрее будут подвергаться образцы с содержанием ПЛА больше 30 массовых процентов. Наибольшая потеря массы отмечается у композиции 50:50 – 18 процентов. Для остальных образцов относительная потеря массы составляет 5-10 процентов. Тест на биоразрушение продемонстрировал значительное изменение свойств полимерных образцов ПЛА-ПЭНП в зависимости от состава смеси. Это значит, что можно подобрать такое соотношение компонентов, при котором свойства материала соответствовали бы требованиям, предъявляемым к пленкам сельхозназначения.

Ключевые слова: экоразлагаемые полимерные композиции, биodeградируемые полимеры, полимерные материалы сельскохозяйственного назначения, полимерные пленки, полилактид, полиэтилен низкой плотности.

Инновационные технологии выращивания культурных растений лежат в основе создания рационального сельского хозяйства, ресурсосберегающей системы растениеводства в целях улучшения естественных биологических процессов, происходящих в почве и на ее поверхности, и основывается на принципах минимального механического повреждения почвы, сохранения ее постоянного органического покрытия. На сегодняшний день для выращивания растений в аграрном секторе в промышленном масштабе широко при-

меняют мульчирование, заключающееся в покрытии поверхности почвы вокруг растений соломой, торфом, навозом, опилками, бумагой, песком и многими другими материалами. В настоящее время для мульчирования почвы используют пленочные полиэтиленовые и полипропиленовые нетканые композиционные материалы. При этом достигаются преграда быстрому выходу влаги из почвы, создание оптимальных температурных условий, торможение роста сорняков, улучшение структуры почвы и ее обогащение полезными веществами, за-

щита от вредителей, болезней и выветривания [1-4].

Пленочный полимерный материал используют также в теплицах и парниках. Белая агроткань предохраняет растение от перегрева и не дает УФ-лучам воздействовать на почву. Такие пленочные материалы УФ-стабильны, обеспечивают нехимическую альтернативу борьбы с насекомыми, болезнями и сорняками, способствуют увеличению урожая, ускорению роста культур.

В фермерских хозяйствах широко распространена посадка семян зерновых и овощей в капсулы, таблетки, мини-горшки из глины, торфа, смеси природных веществ, био- и синтетических полимеров.

Появляется также новая технология посадки мелких семян растений на бумажную ленту с применением клеевого покрытия из крахмала, желатиноподобных веществ и других биополимеров.

На сегодняшний день предложена технология посадки в ленту семян злаков. Эту технологию следует рассматривать как технологию будущего – экологически чистую, направленную на восстановление почвенного покрова. Однако ее использование в промышленном масштабе требует разработки экоразлагаемого полимерного материала – носителя семян [5].

Назначение материала-носителя сводится к обеспечению экологически чистых условий прорастания семян, их защиты от воздействия патогенных систем, созданию микроклимата, благоприятного развития растения.

Цель исследований – моделирование структуры биодеградируемого полимера для обеспечения всхожести семян, роста и развития растений. Она должна поддерживать высокую скорость направленных диффузионных потоков воды, минеральных веществ и кислорода. Еще одно условие, предъявляемое к носителю семян, – это быстрый распад полимера на вещества, безвредные для растений и окружающей среды и способные улетучиваться, не загрязняя почву. Материал должен разрушиться за время роста колоса. Актуальной остается разработка состава, структуры и свойств материала таким образом, чтобы получить взаимное усиление процессов деструкции, то есть достигнуть синергетического эффекта от разных факторов разрушения.

Материалы и методы. В качестве носителя семян рассмотрены пленки из биодеградируемого полилактида (ПЛА) и полиэтилена низкой плотности (ПЭНП). ПЛА – прозрачный, бесцветный, термопластичный полимер, который получают как синтетическим способом, так и из природного сырья путем молочнокислого брожения сусла кукурузы, картофеля, зерновых культур и другого сырья природного происхождения [6-8]. Количество ПЛА в смеси ПЛА:ПЭНП было кратно 10 мас.%.

Полимеры были смешаны в смесителе типа *Brabender* при температуре $180 \pm 2^\circ\text{C}$. Затем путем прессования дробленой смеси, также при 180°C из них получали пленки. Пригодность полученных образцов для высева семян оценивали методом дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК), провели тест на водопоглощение, изучили деградацию в почве и деструкцию пленок под действием УФ-излучения.

Метод ДСК. Температуру плавления $T_{\text{пл}}$ определяли при скорости сканирования $8^\circ\text{C}/\text{мин}$, навески образцов составляли 8,5-10 мг. Образцы нагревали до 180°C . При расчете степени кристалличности полилактида использовали формулу:

$$\chi = \frac{\Delta H_{\text{пл}}}{\Delta H_{\text{пл}}^0} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где χ – степень кристалличности, $\Delta H_{\text{пл}}^0$ – теплота плавления идеального кристалла ПЛА, равная $93,6 \text{ Дж/г}$, полиэтилена – $\Delta H_{\text{пл}}^0 = 293 \text{ Дж/г}$.

Тест на водопоглощение. Степень водопоглощения в относительных массовых процентах вычисляют по формуле [9]:

$$\alpha = \frac{M_{\text{к}} - M_{\text{н}}}{M_{\text{н}}} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где α – степень водопоглощения, %; $M_{\text{н}}$ – исходная масса образца, г; $M_{\text{к}}$ – конечная масса образца, г.

Инкубация в почве. Почва для биодеградации была приготовлена согласно ГОСТ 9.060-75 [10]. Емкости с грунтом хранили в лаборатории при температуре воздуха $23 \pm 2^\circ\text{C}$. Пленочные образцы погружали вертикально в грунт и выдерживали в течение 12 месяцев в стандартных условиях (влажность 60-70%; рН=7) с периодическим контролем.

Потерю массы в процентах при инкубации в почве вычисляли по формуле:

$$\Delta m = \frac{m_{\text{н}} - m_{\text{к}}}{m_{\text{н}}} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где Δm – относительная потеря массы, %; $m_{\text{н}}$ – исходная масса образца, г; $m_{\text{к}}$ – конечная масса образца, г.

Фотодеструкция. Воздействие на полученные образцы ультрафиолетом проводили при $\lambda = 254 \text{ нм}$ в течение 50 ч с помощью установки *Vilber Lourmat 6-LM* (Франция).

Результаты и обсуждение. Методом ДСК исследовали теплофизические параметры изучаемых образцов экопленок до и после воздействия ультрафиолета (рис. 1, 2).

При фотоокислении отмечается растрескивание образцов (рис. 3), особенно с преобладанием содержания ПЛА-компонента (известно, что ПЭ стоек к действию УФ-излучения). Температура плавления ПЛА снижается со 165°C до 152°C , а в некоторых композициях до 137°C . Степень кристалличности уменьшается в среднем на 20%, а самое значитель-

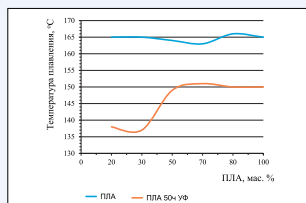


Рис. 1. Температура плавления ПЛА и ПЭНП до (синий цвет) и после (красный цвет) воздействия УФ

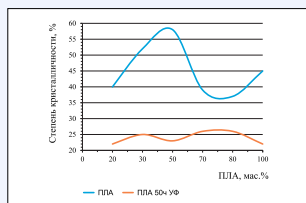
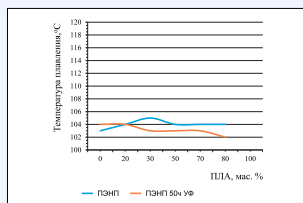


Рис. 2. Изменение степени кристалличности ПЛА и ПЭНП до (синий цвет) и после (красный цвет) воздействия УФ

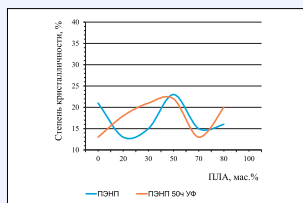


Рис. 3. Внешний вид образца ПЛА после воздействия 50 ч УФ (254 нм)

ное снижение отмечается в композиции 50:50 – около 30%.

Изучение кинетики водопоглощения показало, что композиции ПЛА-ПЭНП достаточно гидрофобны. Максимальное значение степени водопоглощения – 7-10% отмечается у композиций с содержанием 30, 40, 50, 60 мас.% ПЛА (рис. 4).

Скорее всего это связано с инверсией фаз и образованием межфазного слоя, который характеризуется более рыхлой структурой и меньшей плотностью по сравнению с плотностью матрицы.

Из вышеприведенных данных следует, что биоразложению в почве будут подвергаться быстрее

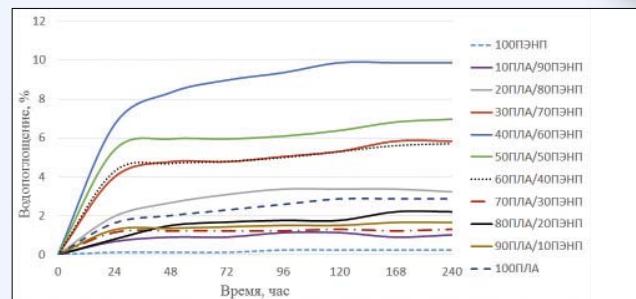


Рис. 4. Кинетические кривые водопоглощения образцов ПЛА-ПЭНП

образцы с содержанием ПЛА больше 30 мас.%. Наибольшая потеря массы отмечается у композиции 50:50 – 18%. Для остальных образцов Δm составляет 5-10%. Действительно, тест на биоразрушение показал, что свойства полимерных образцов ПЛА-ПЭНП значительно меняются от состава смеси. Это значит, что можно подобрать такое соотношение компонентов, при котором свойства материала соответствовали бы требованиям, предъявляемым к пленкам сельскохозяйственного назначения.

Выводы. Установлено, что композиции ПЛА-ПЭНП достаточно гидрофобны. Только образцы, близкие по составу к 50:50, имеют степень водопоглощения 6-10%. Они наиболее подвержены биодеградации в почве.

При изучении влияния УФ-излучения показано, что процесс фотодеструкции протекает быстрее и глубже в образцах с преобладанием ПЛА.

Таким образом, данные исследования показали, что разработка новых экоразлагаемых полимерных материалов, способных исполнять роль носителей семян, позволит расширить возможности новой технологии выращивания зерновых культур в ленте.

Литература

1. Araujo W.F.; Botrel T.A. Influence of CO_2 applied with the irrigation water and plastic mulch on Summer Squash, Rev. Cienc. agron. 2010. – Vol. 41. – № 2. – P. 216-221.
2. Спирин А.П., Измайлов А.Ю., Сизов О.А., Извеков А.С. Минимальная мульчирующая обработка почвы // Техника в сельском хозяйстве. – 2008. – № 1. – С. 27-32.
3. Спирин А.П., Сизов О.А. Экологически эффективные почвовлагосберегающие технологии в земледелии // Технологическое и техническое обеспечение производства продукции растениеводства: Научные труды ВИМ. Т. 141. Ч. 1– М.: ВИМ, 2002. – С. 3-7.
4. Патент № 2457651 РФ. Способ обработки почвы / Мазитов Н.К., Измайлов А.Ю., Лобачев-

ский Я.П. и др. // Бюл. 2011.

5. Подзорова М.В., Тертышная Ю.В. Перспективы применения полимерных материалов в сельском хозяйстве // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2014. – № 5. – С. 31-34.
6. Podzorova M.V., Tertyshnaya Yu. V., Popov A. A. Environmentally friendly films based on poly (3-hydroxybutyrate) and poly(lactic acid): a review // Russian Journal of Physical Chemistry B. – 2014. – Vol. 8. – № 5. – P. 726-732.
7. Lim L.-T., Auras R., Rubino M. Processing technologies for poly(lactic acid) // Progress in polymer science. 2008. – V. 33. – P. 820-852.
8. Erika Nieddu, Mazzucco L., Gentile P., Benko T, Balbo V., Mandrile R., Ciardelli G. Preparation and biodegradation of clay composites of PLA // Reactive & Functional Polymers. 2009. – V. 69. – P. 371-379.

9. ГОСТ 4650-80 Пластмассы. Метод определения водопоглощения. – М.: Стандартинформ, 2008.

10. ГОСТ 9.060-75 ЕСЗКС. Ткани. Метод лабораторных испытаний на устойчивость к микробиологическому разрушению. – М.: 1977.

INNOVATIVE AGRICULTURAL MATERIALS

L.S. Shibryaeva^{1,2}, M.V. Podzorova^{1,3}, Yu.V. Tertyshnaya^{1,2}

¹All-Russia Research Institute of Mechanization for Agriculture, 1st Institutskiy proezd, Moscow, 109428, Russian Federation

²Emanuel Institute of Biochemical Physics, Kosygin St., 4, Moscow, 119334, Russian Federation

³Russia University of Economics named after G.V. Plekhanov Stremyanny per., 36, Moscow, 117997, Russian Federation

Development of eco-degradable materials and use of them in innovative technology of sowing of seeds of grain crops in a tape is an important and actual problem of polymeric chemistry. Material is affected by programmable destruction under the influence of natural factors taking into account the biochemical processes in a plant. At the present time in literature there are no the data about polymeric materials which can operate plants biochemical processes when contacting to root system of directly in the soil. The authors developed compositions on the basis of synthetic polymer – low density polyethylene (LDPE) and biodegradable polymer – a polylactide (PLA). Thermophysical properties of ecofilms change under the influence of ultra-violet radiation. Photooxidation leads to cracking of samples with the raised maintenance of PLA. Temperature of melting of PLA decreases from 165 to 152 degrees Celsius (in some compositions to 137 degrees) and crystallinity degrees lower on average by 20 percent. Thus the most considerable decrease in crystallinity (about 30 percent) is noted in composition with a ratio of components of 50:50 mass percent. A composition formulation affects on the speed of destructive influence of moisture and an ultraviolet. The speed advantage of these processes is characteristic for the compositions containing from 30 to 60 mass percent of PLA. The soil samples with the maintenance of PLA more than 30 mass percent will be in less time exposed to biodegradation. Composition 50:50 has the greatest loss of weight equaled 18 percent. For other samples relative loss of weight makes 5-10 percent. The test for biodestruction showed considerable change of properties of polymeric samples of PLA- LDPE depending on mix composition. It means that it is possible to select such ratio of components at which material properties would conform to requirements imposed to agricultural appointment films.

Keywords: Ecodecomposed polymeric compositions; Biodegraded polymers; Polymeric materials of agricultural purpose; Polymeric films; Polylactide; Low density polyethylene.

References

1. Araujo W.F.; Botrel T.A. Influence of CO₂ applied with the irrigation water and plastic mulch on Summer Squash, Rev. Cienc. agron. 2010. Vol. 41. No. 2. P. 216-221 (English).

2. Spirin A.P., Izmaylov A.Yu., Sizov O.A., Izvekov A.S. Minimal'naya mul'chiruyushchaya obrabotka pochvy [Minimal mulch tillage]. Tekhnika v sel'skom khozyaystve. 2008. No. 1. pp. 27-32 (Russian).

3. Spirin A.P., Sizov O.A. Ekologicheski effektivnye pochvovlagosberegayushchie tekhnologii v zemledelii [Ecologically effective soil and water saving technologies in agriculture]. Tekhnologicheskoe i tekhnicheskoe obespechenie proizvodstva produktsii rastenievodstva: Nauchnye trudy VIM. T. 141. Ch. 1 Moscow: VIM, 2002. pp. 3-7 (Russian).

4. Patent № 2457651 RF. Sposob obrabotki pochvy [Way of soil tillage] Mazitov N.K., Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., et al. Byul. 2011.

5. Podzorova M.V., Tertyshnaya Yu.V. Perspektivy primeneniya polimernykh materialov v sel'skom khozyaystve [Prospects for application of polymeric materials for agricultural production]. Sel'skokho-

zyaystvennye mashiny i tekhnologii. 2014. No. 5. pp. 31-34 (Russian).

6. Podzorova M.V., Tertyshnaya Yu.V., Popov A.A. Environmentally friendly films based on poly(3-hydroxybutyrate) and poly(lactic acid): a review. Russian Journal of Physical Chemistry B. 2014. Vol. 8. No. 5. pp. 726-732 (English).

7. Lim L.-T., Auras R., Rubino M. Processing technologies for poly(lactic acid). Progress in polymer science. 2008. V. 33. pp. 820-852 (English).

8. Erika Nieddu, Mazzucco L., Gentile P., Benko T, Balbo V., Mandrile R., Ciardelli G. Preparation and biodegradation of clay composites of PLA // Reactive & Functional Polymers. 2009. V. 69. pp. 371-379 (English).

9. GOST 4650-80 Plastmassy. Metod opredeleniya vodopogloshcheniya [Plastic materials. Water adsorption definition method]. Moscow: Standartinform, 2008.

10. GOST 9.060-75 ESZKS. Tkani. Metod laboratornykh ispytaniy na ustoychivost' k mikrobiologicheskomu razrusheniyu [Fabrics. Method of laboratory researches on resistance to microbiological destruction]. Moscow, 1977.

УДК 631.354:633.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАВМИРОВАНИЯ СЕМЯН ПРИ ИХ ПЕРЕМЕЩЕНИИ ПО ДИСКОВОМУ СОШНИКУ МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ КОНСТРУКЦИИ

ДЕРЕВЯНКО Д.А.,

канд. с.-х. наук

Житомирский национальный агроэкологический университет, Старый бульвар, 7, г. Житомир, 10008, Украина, nnc-imesg@ukr.net

При посеве зерна происходит его травмирование во время движения по поверхности рабочих органов. Это приводит к образованию трещин, разрушению и повреждению посевного материала, что уменьшает урожайность и снижает качество зерна. Исследовали перемещение зерновок по рабочему органу в процессе посева с учетом скорости движения, массы, сил трения, сопротивления и других факторов. При движении по распределительной пластине дискового сошника семена встречают цилиндрические штыри, покрытые резиновым материалом, установленные для равномерности распределения зерновок, которые при этом меняют направление своего движения. Чтобы определить их координаты в каждый определенный период времени, использовали систему рекуррентных алгебраических уравнений, которые позволят пошагово определять координаты частицы на пластине в любой момент времени. Доказали, что основное преимущество такого метода в том, что на каждом шаге можно знать положение частицы и при необходимости менять направление траектории ее движения. Реализовали численно решение данной задачи с помощью программы «Пластина». Для пластины шириной 0,075 м и длиной 0,175 м с шагом по времени 0,0001 с составили циклическую процедуру, описывающую траекторию движения частицы. Для дальнейшего определения направления траектории движения частицы при столкновении ее с препятствием применили вероятностный подход и привлекли генератор случайных чисел. Изучили форму распределительной пластины после моделирования движения частицы. Выявили, что расположение семян на распределительной пластине со штырями, покрытыми резиновым материалом, снижает травмирование зерновок, улучшает их качество и тем самым обеспечивает оптимальное размещение их на выровненной подошве почвы при посеве, что положительно влияет на урожайность зерновых культур.

Ключевые слова: посев, зерновые, травмирование семян, дисковый сошник.

Для достижения высоких урожаев зерновых культур в Украине применяют новые технологии, которые обеспечивают оптимальные режимы посева, ухода, уборки, обработки зернового вороха и подготовки высококачественных семян [1].

Предложена запатентованная конструкция дискового сошника, высевающего семена в виде полосы на подошве почвы. Благодаря равномерному распределению семян эффективнее используют влагу, элементы питания и солнечную энергию, а также меньше травмируются при посеве.

В результате растения лучше развиваются на протяжении всего вегетационного периода, проис-

ходит угнетение сорняков, что повышает урожайность и качество зерна.

Значительное влияние на показатели прочности зерновки оказывают температурный, водный и питательный режимы, предшественники, количество и качество питательных элементов, система защиты от сорняков и вредителей.

Известно, что после выпадения осадков, особенно в жаркую погоду, семена очень интенсивно поглощают влагу. Оболочка, зародыш и эндосперм набухают, что увеличивает внутреннее напряжение, а последующее подсушивание вызывает разрушение семян [2-8].

Жидкость и содержащиеся в ней биологически

активные вещества проникают в мелкие трещины, поэтому стенки тканей не смыкаются после снятия нагрузок из-за образования тоненькой пленки абсорбционного слоя.

Травмирование семян, а потом и их разрушение происходят, когда напряжение σ_1 , возникшее при механическом воздействии рабочих органов, превышает максимальное напряжение σ внутри зерна [9-11].

Анализ влияния механических действий на качество зерновок подтверждает необходимость глубокого и всестороннего изучения физико-механических и биологических особенностей семян, разработки новых способов и модернизации рабочих элементов, что обеспечит минимальное количество повреждений семян и максимальную возможность получения высококачественного посевного материала.

Цель исследований – разработка новой конструкции дискового сошника методом математического регулирования распределения семян по его поверхности для снижения травмирования зерновок и улучшения их качества.

Материалы и методы. Теоретические исследования проводили путем математического моделирования процессов работы машин и технологических процессов с использованием законов механики.

Экспериментальные, производственные и лабораторные исследования выполняли в производственно-лабораторных условиях с использованием натуральных образцов и технических средств согласно существующим стандартным методикам.

Результаты и обсуждение. Как показали экспериментальные исследования, покрытие распределительной пластины и штырей резиновыми материалами, снижающими травмирование зерновок, и равномерное распределение семян при посеве способствуют увеличению урожайности.

В связи с этим рассмотрим характер движения зерновок под действием силы тяжести (рис. 1) по прямоугольной распределительной пластине новой конструкции, наклоненной под углом β к поверхности (запатентовано автором статьи).

Используем систему дифференциальных уравнений плоскостного движения точки в проекциях на оси координат x и y :

$$\begin{cases} m\ddot{x} = -F_c \cos \alpha - F_{тр} \cos \alpha \\ m\ddot{y} = -F_c \sin \alpha - F_{тр} \sin \alpha + mg \sin \beta, \end{cases}$$

где m – масса частицы;

$F_{тр}$ – сила трения, равная fN , (здесь f – коэффициент трения, N – нормальная реакция поверхности пластины);

F_c – сила сопротивления воздуха, равная kmv^2 (здесь k – коэффициент сопротивления воздуха при движении по плоскости, v – скорость частицы), m^{-1} ;

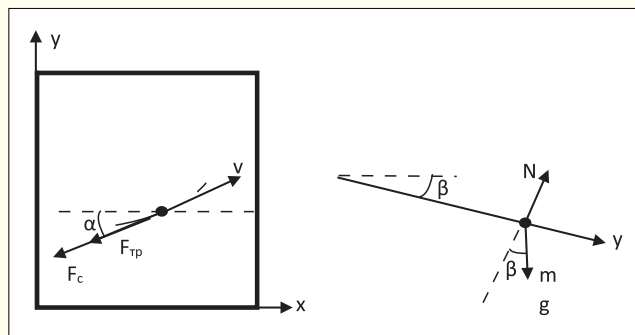


Рис. 1. Движение зерновок по распределительной пластине

α – текущее значение угла между вектором скорости частицы и положительным направлением оси x .

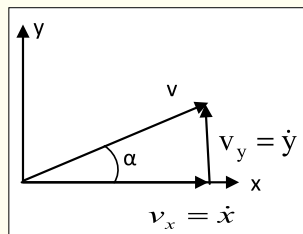


Рис. 2. К определению значений $\sin \alpha$ и $\cos \alpha$

Две точки над символом означают вторую производную по времени, то есть ускорение. Из рисунка 1 видно, что $N = mg \cos \beta$. После сокращения на массу можно записать систему уравнений движения в виде:

$$\begin{cases} \ddot{x} = -kv^2 \cos \alpha - fg \cos \beta \cos \alpha \\ \ddot{y} = -kv^2 \sin \alpha - fg \cos \beta \sin \alpha + g \sin \beta. \end{cases} \quad (1)$$

Текущие значения $\sin \alpha$ и $\cos \alpha$ могут быть определены по проекции скорости на оси координат следующим образом (рис. 2):

$$\cos \alpha = \frac{\dot{x}}{v} = \frac{\dot{x}}{\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2}};$$

$$\sin \alpha = \frac{\dot{y}}{v} = \frac{\dot{y}}{\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2}}.$$

Точка над символом означает первую производную по времени.

Подставляя последние выражения в систему (1) и учитывая, что $v = \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2}$, окончательно запишем:

$$\begin{cases} \ddot{x} = -k\dot{x}\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2} - fg \cos \beta \frac{\dot{x}}{\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2}} \\ \ddot{y} = -k\dot{y}\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2} - fg \cos \beta \frac{\dot{y}}{\sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2}} + g \sin \beta. \end{cases} \quad (2)$$

Добавляя к системе (2) начальные условия:

$$x(0) = x_0; \quad y(0) = y_0; \quad \dot{x}(0) = v_{x0}; \quad \dot{y}(0) = v_{y0}, \quad (3)$$

получаем задачу Коши для системы квазилинейных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка. Полученная задача не имеет аналитического решения, но может быть решена либо

с помощью конечно-разностных аналогов, либо с применением встроенных процедур в различных математических пакетах (*Mathcad*, *Maple* и т.д.).

В процессе движения по пластине частица будет встречать различные препятствия, меняя траекторию движения. При использовании встроенных процедур решения систем дифференциальных уравнений в математических пакетах эти изменения повлекут необходимость применения условных операторов перехода, влияющих на ход решения в зависимости от значений самих функций, что крайне затруднительно при составлении алгоритма решения.

В связи с этим считаем более предпочтительным использование конечно-разностных аналогов предложенных выше квазилинейных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка.

Хорошо известно, что первые и вторые производные от неизвестных функций $x(t)$ и $y(t)$ в некоторый момент времени t_i могут быть представлены в виде:

$$\dot{x}(t_i) = \frac{x(t_{i+1}) - x(t_i)}{h}, \quad \dot{y}(t_i) = \frac{y(t_{i+1}) - y(t_i)}{h} \quad (4)$$

где h – некоторый достаточно малый шаг по времени.

Подставим разностные аналоги производных в систему (2). Для более компактной формы ее записи введем обозначения:

$$x(t_i) = x_i, \quad y(t_i) = y_i.$$

После соответствующих преобразований получим:

$$x_{i+2} = 2x_{i+1} - x_i - k(x_{i+1} - x_i) \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2} - h^2 fg \cos \beta \frac{x_{i+1} - x_i}{\sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2}} \quad (5)$$

Аналогичными преобразованиями второе уравнение системы (2) представляется в виде:

$$y_{i+2} = 2y_{i+1} - y_i - k(y_{i+1} - y_i) \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2} - h^2 fg \cos \beta \frac{y_{i+1} - y_i}{\sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2}} + h^2 g \sin \beta \quad (6)$$

Начальные условия (5) представлены в виде:

$$x_0 = x_0; \quad y_0 = y_0;$$

$$\dot{x}(0) = \frac{x_1 - x_0}{h} = v_{x0}, \quad \dot{y}(0) = \frac{y_1 - y_0}{h} = v_{y0}.$$

Запишем их в более удобной для вычисления форме:

$$x_0 = x_0; \quad y_0 = y_0; \quad x_1 = x_0 + hv_{x0}; \quad y_1 = y_0 + hv_{y0}.$$

Таким образом, получена система рекуррентных алгебраических уравнений (5)–(6), которая при известных значениях x_0 , x_1 , y_0 и y_1 позволит пошагово определять координаты частицы на пластине в каждый момент времени.

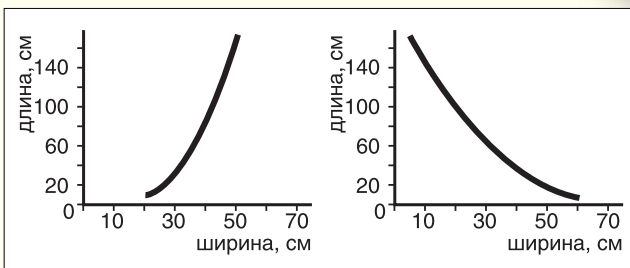


Рис. 3. Примеры движения зерновки по пластине

Основное преимущество такого метода в том, что на каждом шаге можно знать положение частицы и при необходимости менять направление траектории ее движения.

Решение данной задачи численно реализовано программой «Пластина». Для пластины шириной $a = 0,075$ м и длиной $b = 0,175$ м с шагом по времени $h = 0,0001$ с составлена циклическая процедура, определяющая траекторию движения частицы. На рисунке 3 показаны примеры траекторий движения частицы.

При движении на пластине зерновка может достичь ее боковой границы. В этом случае необхо-

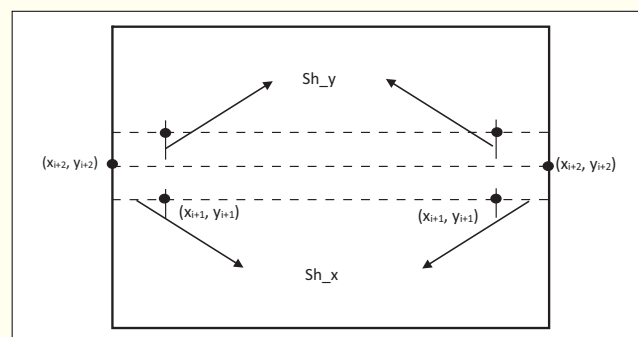


Рис. 4. Моделирование отражения зерновки от стенок пластины

димо смоделировать процесс отражения, для чего в алгоритм численной реализации программой «Граница» включается условный оператор, проверяющий, не достигла ли частица границы:

$$x_{i+2} \leq 0 \text{ или } x_{i+2} \geq a.$$

В этом случае вычисляют абсолютные значения последних шагов по осям x и y . Их можно записать в виде гиперболических функций:

$$Sh_x = |x_{i+2} - x_{i+1}|; \quad Sh_y = |y_{i+2} - y_{i+1}|.$$

Затем значение x_{i+2} запишем через x_{i+1} , а y_{i+2} – через y_{i+1} . Новое значение $y_{i+2} = y_{i+1} + Sh_y$, а новое значение $x_{i+2} = x_{i+1} + Sh_x$ – на левой границе пластины и $x_{i+2} = x_{i+1} - Sh_x$ – на правой (рис. 4).

На следующем этапе добавим в вычислительный алгоритм определение траектории зерновки при встрече с препятствием, имеющим форму цилиндра радиусом R с центром в точке (x_c, y_c) .

Для этого в алгоритм численной реализации программой «Препятствие» включается условный оператор, проверяющий, не достигла ли частица границы цилиндра. Траектория движения частицы меняется при условии:

$$(x_{i+2} - x_c)^2 + (y_{i+2} - y_c)^2 \leq R^2.$$

Здесь появляются некоторые трудности в определении последующего движения частицы. С одной стороны, можно было бы применить обычную процедуру отражения шара от неподвижного препятствия, но в силу эллипсоидальной формы частицы отражение может происходить совершенно непредвиденным образом. В связи с этим, для численной реализации мы приняли решение применить вероятностный подход и привлечь генератор случайных чисел для определения направления начального шага траектории после встречи с препятствием. Это направление зависит от угла γ и случайным образом выбирается между горизонтальной осью и касательной к окружности цилиндра в точке встречи частицы с препятствием γ_0 (рис. 5). Его вычисляют следующим образом:

$$\gamma_0 = \frac{\pi}{2} - \arctg \left| \frac{y_c - y_{i+2}}{x_c - x_{i+2}} \right|.$$

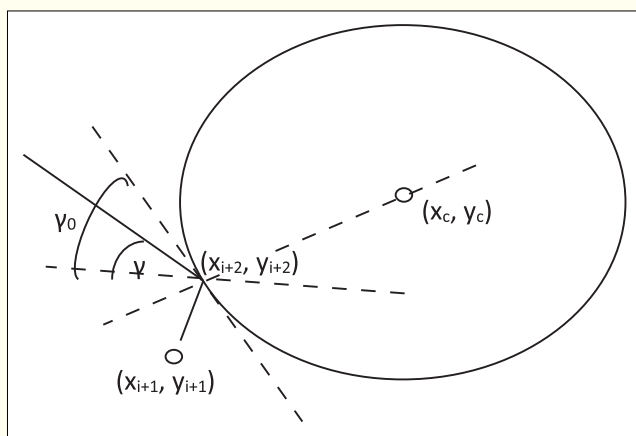


Рис. 5. Моделирование отражения зерновки от цилиндрического штыря

Затем значение x_{i+2} заменяется на значение x_{i+1} , а y_{i+2} – на y_{i+1} . Новое значение y_{i+2} заменяется на $y_{i+1} + sh \cdot \sin \gamma$, а новое значение x_{i+2} – на $x_{i+1} + sh \cdot \cos \gamma$, если $x_{i+2} < x_c$, или на $x_{i+1} + sh \cdot \cos \gamma$, если $x_{i+2} > x_c$, где

$$sh = \sqrt{(x_{i+2} - x_{i+1})^2 + (y_{i+2} - y_{i+1})^2}.$$

Перейдем теперь к основной задаче моделирования, суть которой заключается в следующем. На пластину прямоугольной формы, расположенную под некоторым углом к горизонту, подаются частицы посевного материала в некоторую вполне определенную зону загрузки. На поверхности пласти-

ны в шахматном порядке устанавливаются цилиндрические препятствия – штыри. Соскальзывая с пластины и соударяясь с препятствиями и с боковыми границами пластины, частицы меняют траекторию своего движения.

Необходимо смоделировать характер движения частиц и траектории их движения (рис. 6).

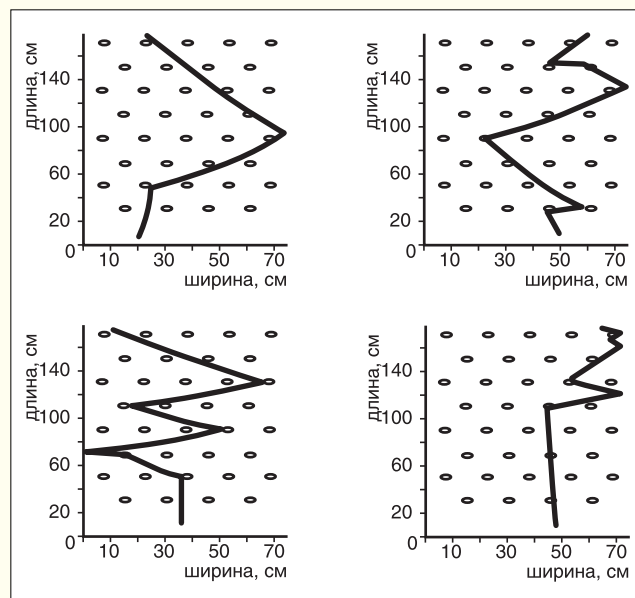


Рис. 6. Примеры визуальной траектории движения зерновки при отражении от цилиндрического препятствия (штыря)

Численная реализация алгоритма решения данной задачи состоит из аналитического моделирования положения цилиндрических препятствий и пошагового контроля координат движущейся по пластине частицы. Циклический ряд условных операторов корректирует изменение траектории движения частицы в случае встречи ее либо с цилиндрическим препятствием, либо с боковыми границами пластины, как это было показано выше.

На завершающем этапе моделирования определим количество рядов цилиндрических препятствий, необходимое для достижения достаточной равномерности схода частиц с пластины по ее ширине.

Во-первых, определяем скорость, с которой частица попадает на распределительную пластину. Уравнение падения зерна с высоты H с учетом силы сопротивления воздуха запишем следующим образом:

$$m\ddot{x} = mg - mk\dot{x}^2,$$

$$\ddot{x} = g - k\dot{x}^2,$$

где k – коэффициент парусности. Здесь ось x направлена вниз. Интегрируя это уравнение с учетом начальных условий:

$$x(0)=0, \dot{x}(0)=0,$$

получаем (полагая, что $g = 9,81$):

$$x(t) = \frac{10 \ln \left(0,5 e^{\frac{3\sqrt{109}kt}{5}} + 0,5 \right) - 3\sqrt{109}kt}{10k}.$$

Подставляя вместо x значение высоты H , найдем решение этого уравнения относительно времени движения:

$$T = 0,32 \frac{\ln(e^{Hk} + \sqrt{(e^{Hk})^2 - 1})}{\sqrt{k}}.$$

Дифференцируя уравнение движения $x(t)$ по времени и подставляя значение T , определим скорость падения частицы на пластину:

$$v = \frac{3,12}{k} \cdot \left(-\sqrt{k} + \frac{\sqrt{k} e^{6,24\sqrt{k}T}}{0,5 e^{6,24\sqrt{k}T} + 0,5} \right).$$

При $H = 0,7$ м и $k = 0,2$ из полученных уравнений находим, что скорость, с которой частица падает на скатывающую пластину, равна 3,5 м/с.

Алгоритм решения этой задачи состоит в следующем (программа «Распределение»).

Выбирается положение зоны загрузки. Впоследствии она делится на части прямоугольной сеткой, из узлов которой начинается движение частицы. Циклически варьируется также начальный угол траектории движения. Составляется блок операторов

цикла по начальным горизонтальным и вертикальным координатам зоны загрузки, а также по начальному углу движения.

Далее формируется блок ячеек по ширине пластины с целью учета количества зерновок, сходящих в различных точках. Данная процедура позволяет определить в процентном отношении равномерность схода семян с пластины по ее ширине.

Многочисленные компьютерные эксперименты показали, что для достижения удовлетворительной равномерности распределения семян достаточно девяти рядов штырей, которые необходимо покрыть резиновым материалом вместе с распределительной пластиной для снижения травмирования зерновок и улучшения их качества.

Выводы. Таким образом, запатентованная новая конструкция дискового сошника значительно уменьшает травмирование семян, что положительно влияет на всхожесть и урожайность культуры.

В результате равномерного распределения семян не в виде ряда, а в виде полосы на выровненной подошве почвы, значительно улучшаются условия для всхожести семян и развития растений на протяжении вегетационного периода в связи с более эффективными возможностями использования энергии солнца, питательных веществ и особенно влаги, что обеспечивает формирование большей урожайности зерновой культуры с лучшими показателями качества зерна.

Литература

1. Адамчук В.В., Булгаков В.М., Черныш А.М., Яременко В.В. Теория вибрационных машин сельскохозяйственного производства. – К.: Аграрная наука, 2013. – 439 с.
2. Егоров Г.А. Влияние тепла и влаги на процессы переработки и хранения зерна. – М.: Колос, 1973. – 264 с.
3. Пехальский И.А. Универсальная классификация травматических повреждений внутренних структур семян сельскохозяйственных культур // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2015. – № 6. – С. 9-13.
4. Калошина З.М. Всхожесть семян ржи в зависимости от степени повреждения их покровов. Докл. ТСХА. – Вып. 1968. – С. 14-17.
5. Кузнецов В.В. Степень повреждения семян при послеуборочной обработке на зерноочистительных машинах // Селекция и семеноводство. – 1978. – № 6. – С. 70-71.
6. Строна И.Г. Травмирование семян зерновых культур и его предупреждение. – М.: Колос, 1972. – 157 с.
7. Тарасенко А.П. Снижения травмирования семян при уборке и послеуборочной обработке. –

Воронеж, 2003. – 331 с.

8. Чазов С.А. О мерах снижения травмирования семян // Селекция и семеноводство. – 1964. – № 4. – С. 30-32.
9. Ахалая Б.Х., Пехальский И.А., Сулейманов М.И. Оптимизация работы однозернового пневматического высевального аппарата для совмещенного посева различных культур // Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий: Сб. науч. докл. Междунар. науч.-техн. конф. – М.: ВИМ, 2014. – С. 126-129.
10. Шайхов М.М. О выборе параметров дисково-анкерного сошника зерновой сеялки для полосного посева // Инновационные технологии и техника нового поколения – основа модернизации сельского хозяйства: Сб. науч. докл. Междунар. науч.-техн. конф. Ч. 1. – М.: ВИМ, 2011. – С. 170-174.
11. Шайхов М.М., Шайдуллин Х.Х., Шайхон М.К., Габдуллин Г.Г., Шайдуллин Р.Х. Эффективность переоборудования посевных комплексов // Ресурсосберегающие технологии и техническое обеспечение производства зерна: Сб. науч. докл. Междунар. науч.-техн. конф. – М.: ВИМ, 2010. – С. 222-228.

RESEARCH OF DAMAGE OF SEEDS AT THEIR MOVEMENT IN DISK COULTER OF MODERNIZED DESIGN

D.A. Derevyanko

Zhitomir National Agro-ecological University, Staryy boulevard, 7, Zhitomir, 10008, Ukraine, e-mail: nnc-imesg@ukr.net

During a sowing grain is damaged because of movement on a surface of working elements. It leads to formation of cracks, to destruction and damage of seed material and as result productivity reduces and received grain has lower quality. The authors researched a movement of caryopses during a sowing taking into account the speed of the movement, weight, friction and resistance forces, and other factors. At the movement on a distributive plate of a disk coulters seeds meet the cylindrical pins and change the direction of the movement that makes it possible the uniformity distribution. Their coordinates during each certain period of time were determined by system of the recurrent algebraic equations. Thanks to this system it is possible to define at each stage an arrangement of caryopses, a trajectory of their movement after contact with pins. The main advantage of such method is that on each step it is possible to know the provision of a particle and to change the direction of a trajectory of its movement if it will be necessary. This problem was solved numerical due to the program «Plastina. For a plate with width 0.075 m and length 0.175 m long, by a step of time 0.0001s the authors made the cyclic procedure describing a trajectory of the particle movement. To define the further direction of a trajectory of the movement of a particle after its collision with an obstacle the authors applied probabilistic approach and invoked a random number generator. We studied a form of a distributive plate after modeling of the movement of a particle. The optimum position of seeds on a distributive plate with pins covered with rubber material reduces damage of caryopses, improves their quality that provides optimum placement in soil at sowing

Keywords: Sowing; Grain crops; Seeds damage; Disk coulters.

References

1. Adamchuk V.V., Bulgakov V.M., Chernysh A.M., Yaremenko V.V. *Teoriya vibratsionnykh mashin sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva* [Theory of vibration machines in agricultural production]. Kiev: Agrarna nauka, 2013. 439 (Russian).
2. Egorov G.A. *Vliyanie tepla i vlagi na protsessy pererabotki i khraneniya zerna* [Heat and moisture influence on processes of grain processing and storage]. Moscow: Kolos, 1973. 264 pp. (Russian).
3. Pekhal'skiy I.A. *Universal'naya klassifikatsiya travmaticheskikh povrezhdeniy vnutrennikh struktur semyan sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Universal classification of traumatic damages of internal structures of crops seeds]. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2015. No. 6. pp. 9-13 (Russian).
4. Kaloshina Z.M. *Vskhozhest' semyan rzhi v zavisimosti ot stepeni povrezhdeniya ikh pokrovov* [Viability of rye seeds depending on a damage rate of their covers]. *Dokl. TSKhA. Vyp.* 1968. pp. 14-17 (Russian).
5. Kuznetsov V.V. *Stepen' povrezhdeniya semyan pri posleuborochnoy obrabotke na zernoочистitel'nykh mashinakh. Seleksiya i semenovodstvo* [Seeds damage rate at postharvest processing by grain cleaners]. 1978. No. 6. pp. 70-71 (Russian).
6. Strona I.G. *Travmirovaniye semyan zernovykh kul'tur i ego preduprezhdeniye* [Grain seeds damage and its prevention]. Moscow: Kolos, 1972. 157 pp. (Russian).
7. Tarasenko A.P. *Snizheniya travmirovaniya semyan pri uborke i posleuborochnoy obrabotke* [Decrease in seeds damage when harvesting and postharvest processing]. Voronezh, 2003. 331 pp. (Russian).
8. Chazov S.A. *O merakh snizheniya travmirovaniya semyan* // *Seleksiya i semenovodstvo* [About measures of seeds damage decrease]. 1964. No. 4. pp. 30-32 (Russian).
9. Akhalaya B.Kh., Pekhal'skiy I.A., Suleymenov M.I. *Optimizatsiya raboty odnozernovogo pnevmaticheskogo vyseval'nogo apparata dlya sovmeshchennogo poseva razlichnykh kul'tur* [Optimization of operation of one-grain pneumatic seeding apparatus for combined sowing of various cultures]. *Innovatsionnoye razvitiye APK Rossii na baze intellektual'nykh mashinnykh tekhnologii: Sb. nauch. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.* Moscow: VIM, 2014. pp. 126-129 (Russian).
10. Shaykhov M.M. *O vybore parametrov diskovogo ankernogo soshnika zernovoy seyalki dlya polosnogo poseva* [About choice of parameters of disk and anchor coulters of grain seeder for strip sowing] // *Innovatsionnye tekhnologii i tekhnika novogo pokoleniya – osnova modernizatsii sel'skogo khozyaystva: Sb. nauch. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Ch. I.* Moscow: VIM, 2011. – pp. 170-174.
11. Shaykhov M.M., Shaydullin Kh.Kh., Shaykhov M.K., Gabdullin G.G., Shaydullin R.Kh. *Effektivnost' pereoborudovaniya posevnykh kompleksov* [Effectiveness of sowing machine retooling]. *Resurso-sberegayushchie tekhnologii i tekhnicheskoe obespecheniye proizvodstva zerna: Sb. nauch. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.* Moscow: VIM, 2010. pp. 222-228 (Russian).

УДК 631. 171: 621.3

ЭКОЛОГИЯ СЕЛЬХОЗПРОИЗВОДСТВА: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

ПОПОВ В.Д.,
академик РАН,

МАКСИМОВ Д.А.,
канд. техн. наук,

БРЮХАНОВ А.Ю.,
канд. техн. наук

Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства, Филитровское шоссе, 3, п. Тярлево,
С.-Петербург, 196625, Российская Федерация, e-mail: nii@sznii.ru

Представили информацию по исследованиям ученых Северо-Западного федерального округа России и европейских стран, направленным на снижение экологической нагрузки сельскохозяйственного производства на окружающую среду. Привели результаты, полученные в ходе реализации международных проектов BalıHazar, ERAB, BASE, «Лу́га-Балт», выполненные совместно с ведущими иностранными экспертами при поддержке министерств сельского хозяйства и охраны окружающей среды Финляндии, Швеции, Дании, Германии и других стран. Показали, что наибольшее негативное воздействие на окружающую среду исходит от систем переработки и использования навоза и помета. Установили, что основную угрозу представляют потери биогенных элементов, прежде всего азота и фосфора, что может быть связано несовершенством технологий и отсутствием экологического менеджмента на предприятиях. Выявили, что обобщенным экологическим показателем работы сельхозпредприятия является коэффициент эффективности использования питательных веществ. Предложили методику принятия решений по экологически безопасному размещению и функционированию сельхозпредприятий. Определили значения потерь биогенов в ходе основных технологических операций переработки навоза и помета. Разработали математическую модель для определения потерь биогенов на стадиях производственного цикла биоконверсии отходов животноводства. Показали, что наименьшие потери биогенов достигаются по технологии переработки навоза или помета с использованием биореактора барабанного типа, на который получены патенты на полезную модель. Установили, что обобщенным показателем экологической нагрузки животноводческого предприятия на окружающую среду служит расчетное значение баланса азота и фосфора. В соответствии с требованиями Комиссии по защите морской среды Балтийского моря для расчета приняты ограничения по внесению не более 170 кг/га азота и не более 25 кг/га фосфора.

Ключевые слова: экологическая нагрузка, сельхозпроизводство, международные проекты, окружающая среда.

В этом году по инициативе зарубежных представителей сельскохозяйственной и лесотехнической инженерии, экономики, организации труда и образования в сельском и лесном хозяйстве в Санкт-Петербурге впервые в России прошла XXXVI Международная конференция CIOSTA (Международной комиссии по научно обоснованной организации труда в сельском хозяйстве) и секции V CIGR (Международной комиссии по инженерным вопросам в сельском хозяйстве) под девизом «Экологически дружелюбное сельское и лесное хозяйство для будущих поколений». Конференция вызвала большой интерес международной научной общественности. Ученые и специалисты

из 29 стран представили около 140 докладов и 65 постерных презентаций.

Особое внимание было уделено вопросам экологии сельскохозяйственного производства. Отмечалось, что решение проблемы продовольственной безопасности возможно только с использованием промышленных технологий, которые в свою очередь усиливают антропогенную нагрузку на окружающую среду.

Данной проблемой активно занимается Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП), который расположен в СЗФО, где действует ряд международных конвенций, предъявляющих особые требо-

вания к охране окружающей среды. За последние 10 лет институт участвовал в выполнении 8 международных проектов, направленных на разработку мер по снижению негативного воздействия сельского хозяйства на окружающую среду, в том числе *BaltHazar*, *ERAB*, *BASE*, «Луга-Балт», «Устойчивое обращение с навозом/пометом в животноводческих хозяйствах Ленинградской области». Проекты выполняли совместно с ведущими иностранными экспертами при поддержке министерств сельского хозяйства и охраны окружающей среды Финляндии, Швеции, Дании, Германии и других стран.

С 2003 г., институт представляет Российскую Федерацию в Целевой группе по химически активному азоту (ЦГХАА) в составе Рабочей группы по стратегиям и обзору Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния Европейской экономической комиссии ООН. Министерство природных ресурсов и экологии РФ письмом № 05-10-43/9926 от 25 сентября 2008 г. определило институт российским опорным пунктом ЦГХАА, который осуществляет ее взаимосвязь с Минприроды России. В 2012 г. в рамках ЦГХАА создана группа экспертов по азоту в странах Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии (ВЕКЦА)

Проведенные исследования показали, что наибольшее негативное воздействие на окружающую среду в настоящее время исходит от систем переработки и использования навоза и помета. Основную угрозу представляют потери биогенных элементов, прежде всего азота и фосфора, которые могут происходить из-за несовершенства технологий, отсутствия экологического менеджмента на предприятиях и в силу ряда других причин. По оценочным данным, потери азота и фосфора от сельхозпредприятий СЗФО в год могут составлять около 50 тыс. т по азоту и около 4,5 тыс. т по фосфору.

Вопросам эффективности использования питательных веществ и, соответственно, экологической нагрузке уделяют пристальное внимание в странах Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР). Эти темы отражены в руководящих документах Гётеборгского протокола. Широкое использование получили балансовые методы, применяемые на разных уровнях. Так, в странах ОЭСР баланс по азоту сельскохозяйственных предприятий включен в перечень 37 агроэкологических индикаторов для отчетности об экологической ситуации в сельском хозяйстве. Исходные значения этих балансов (поступление–выход) обеспечиваются в демонстрационных хозяйствах, репрезентативных с точки зрения различных систем и типовых условий ведения сельского хозяйства.

Материалы и методы. Расчетные формулы для

определения балансов питательных веществ показаны на примере расчета баланса по азоту N , (где $N_{изб}$ – избыток азота, кг/га и $N_{эф}$ – коэффициент эффективности использования азота для сельхозпредприятия) [1]:

$$N_{изб} = [N_{удобрения} + N_{корм} + N_{i_{навоз}} + N_{компост} + BFA + N_{атмосфер} + N_{семена}] -$$

$$- [N_{животные} + N_{урожай} + N_{е_{навоз}}] \quad (1)$$

$$N_{эф} = \frac{N_{животные} + N_{урожай} + N_{е_{навоз}}}{\sum N}, \quad (2)$$

где $\sum N = N_{удобрения} + N_{корм} + N_{i_{навоз}} + N_{компост} + BFA + N_{атмосфер} + N_{семена}$;

$N_{удобрения}$ – количество азота в удобрениях внесенных в хозяйство, кг/га;

$N_{корм}$ – количество N в кормах для животных, внесенных в хозяйство, кг/га;

$N_{i_{навоз}}$ – количество N в навозе, внесенном в хозяйство, кг/га;

$N_{компост}$ – количество N в компосте, внесенном в хозяйство, кг/га;

BFA – количество N , биологически фиксированного бобовыми культурами, кг/га;

$N_{атмосфер}$ – количество N из атмосферных осадков, кг/га;

$N_{семена}$ – количество N , поступившего с внесенными семенами и растениями, кг/га

$N_{животные}$ – количество N в животных, вывезенных из хозяйства (то есть количество, включающее павших животных, скорректированное на внесенных животных), кг;

$N_{урожай}$ – количество N в убранном урожае, вывезенном из хозяйства, включая остатки, кг/га;

$N_{е_{навоз}}$ – количество N в навозе, вывезенном из хозяйства, кг.

Фосфорный баланс ($P_{изб}$ – баланс фосфора, кг/га и $P_{эф}$ – коэффициент эффективности использования фосфора) рассчитан аналогично, исключены входы «азотфиксация» и «выпадение».

Коэффициент эффективности использования питательных веществ, получаемых в результате расчета, является обобщенным экологическим показателем. Анализ отчетов по агроэкологическим показателям 30 стран ОЭСР показывает, что чем выше этот показатель, тем меньше потерь, поступающих в окружающую среду; просматривается четкая тенденция снижения загрязнения воды, выбросов парниковых газов.

Результаты и обсуждение. Проведенные балансовые расчеты на примере типовых сельхозпредприятий Ленинградской области показали, что коэффициенты $N_{изб}$ не превышают 60 кг/га, что свидетельствует об относительно невысоком потенциальном риске загрязнения окружающей среды сель-

скохозийственной деятельностью. Предприятия имеют достаточно земли для использования производимого навоза. На 1 га сельскохозяйственных земель приходится около 0,6 гол. КРС. Значения коэффициента эффективности использования питательных веществ находятся в границах диапазона для данного класса смешанных производств ($N_{эф} \approx 0,3$). Основные резервы повышения эффективности использования питательных веществ для данных предприятий заключаются в развитии растениеводства.

В то же время исследования показали, что даже при наличии общего положительного баланса могут возникать существенные экологические проблемы, связанные с утилизацией навоза и помета, обусловленные сложностью освоения современных технологий по их переработке и использованию.

Для решения этих задач в институте были разработаны рекомендации по принятию решений для органов исполнительной власти, ответственных за развитие сельского хозяйства, при размещении новых и модернизации существующих комплексов с точки зрения воздействия последних на окружающую среду: технологии переработки и логистика использования навоза/помета [2, 3]. Предложенный методический подход позволит организовать

модействие между двумя заинтересованными сторонами: сельхозпредприятием (инвестором) и региональными отраслевыми органами исполнительной власти, отвечающими за функционирование сельхозпредприятий. Преимущественно рассматривается ситуация, когда планируется строительство нового предприятия или увеличение производственной мощности уже существующего.

Пошаговый порядок действий (обозначен цифрами) в соответствии с рисунком:

- уточнение вида деятельности и производственной мощности предприятия (источник исходных данных – сельхозпредприятие).

- выбор площадки для строительства (источник исходных данных – сельхозпредприятие, региональный комитет или Минсельхоз).

- уточнение объемно-планировочных и технико-технологических решений (источник исходных данных – сельхозпредприятие).

- проверка соответствия критериям ограничения: СЗЗ, водные объекты, нормативы и т.д. (источник исходных данных – сельхозпредприятие, региональный комитет или Минсельхоз).

- сопоставление баланса питательных веществ N, P планируемого предприятия и баланса N, P района, в котором планируется размещение (источник

исходных данных – сельхозпредприятие, региональный комитет или Минсельхоз).

- принятие решения о размещении или расширении производства. В случае избытка N и/или P в планируемом сельхозпредприятии и невозможности их экономически обоснованного использования на уровне района/районов необходимо вернуться к пересмотру результатов действий 1, 2, 3. Обобщенным показателем экологической нагрузки жи-



Рисунок. Структурная схема принятия решений экологически безопасного размещения и функционирования сельхозпредприятия

координацию мероприятий по обеспечению экологической безопасности сельхозпроизводства на уровне области.

Как видно из рисунка, основой предлагаемой схемы является метод баланса питательных веществ. При расчете балансов определяли взаимосвязь потоков питательных элементов на входе, поступающих в составе кормов удобрений, и на выходе – в составе реализуемой продукции.

Работа по данной схеме предусматривает взаи-

модоводческого предприятия на окружающую среду служит расчетное значение баланса N и P с учетом имеющихся доступных площадей для их внесения. В соответствии с требованиями ХЕЛКОМ для расчета приняты ограничения по внесению N не более 170 кг/га и P не более 25 кг/га.

Основные исследования по международным проектам *BaltHazar*, *BASE*, *ERAB* и другим проводили в Ленинградской области, имеющей наиболее развитое сельское хозяйство (41% всей валовой сель-

хозпродукции при 7,3% площадей сельхозугодий по СЗФО). В результате было определено, что ежегодно с навозом и пометом образуется около 28280 т азота и 5220 т фосфора, при этом потери азота достигают 75%, а фосфора – 29%.

Основное влияние на потери оказывают несовершенство используемых технологий и отсутствие экономического стимулирования использования качественных органических удобрений.

Для оценки потерь биогенов в ИАЭП разработана математическая модель их определения на стадиях производственного цикла биоконверсии отходов животноводства:

$$Y_{N_{\text{общ}}} = \sum_{i=1}^{kop} Y_{Ni}, \quad (3)$$

где $Y_{N_{\text{общ}}}$ – потери биогенов на стадиях производственного цикла биоконверсии отходов животноводства;

Y_{Ni} – потери азота на i -ой технологической операции;

kop – количество технологических операций.

В случае последовательного выполнения технологических операций цикла биоконверсии уравнение потерь принимает следующий вид:

$$Y_{Ni} = \sum_{i=1}^{kop} [(1 - k_{tv1} \times k_{tv2} \times k_{tv3}) \times (1 - k_{tv1} \times k_{tv2} \times k_{tv3}) \times \dots \times (1 - k_{tv1} \times k_{tv2} \times k_{tv3}) \times \dots \times (1 - k_{tv1} \times k_{tv2} \times k_{tv3}) \times 100] \rightarrow \min[\%], \quad (4)$$

где $k_{tv1}, k_{tv2}, k_{tv3}$ – определяемые технологическим воздействием коэффициенты сохранности биогенов, выражающие зависимость от технологической операции, оборудования и режима работы.

Для функционирования математической модели аналитическим путем были определены значения потерь биогенов для 11 основных технологических операций.

С целью подтверждения значений потерь биогенов, полученных аналитическим путем, проведены экспериментальные исследования (таблица) [4, 5].

Экспериментальные исследования показали, что наименьшие потери биогенов достигаются по технологии переработки навоза или помета с использованием биореактора барабанного типа, на который получены патенты на полезную модель (№ 145378, 146604).

В передовых странах мира в результате многолетнего усиленного внимания к вопросам продовольственной и экологической безопасности сложилась высокоэффективная система рекомендуемых к применению наилучших доступных технологий (*Best Available Techniques – BAT*) на основе экономически обоснованных затрат, рационального природопользования, научно организованного технологического регламента работ, включая очист-

Таблица		
ПОТЕРИ БИОГЕНОВ НА СТАДИИ БИОКОНВЕРСИИ НАВОЗА И ПОМЕТА БАЗОВЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ		
Технологии переработки	Потери	
	N _{общ} , %	P _{общ} , %
Биоферментация в установках камерного типа	12,9	0,6
Биоферментация в установках барабанного типа	6,1	0,7
Пассивное компостирование в полевых условиях	25,0	7,0
Глубокая переработка жидкого свиного навоза (биологическая очистка)	19,6	4,6

ку сточных вод, выбросов в атмосферу и использование отходов. Рекомендательные справочники *BAT*, именуемые документами *BREF (Best Available Techniques Reference Document)*, планируется использовать как основу при создании аналогичных российских справочников наилучших доступных технологий (НДТ).

Внедрение принципов НДТ требует разработки новых методов, способов, систем по оценке, контролю и прогнозированию состояния окружающей среды от воздействия сельскохозяйственных технологий. Обоснование НДТ базируется на синтезе методов и средств получения сельскохозяйственной продукции заданного количества и качества с учетом природно-климатических условий конкретного региона и эколого-экономических показателей технологий.

Для реализации такого подхода в ИАЭП разрабатывают концепцию и методику формирования системы наилучших доступных технологий. Эта работа ведется при поддержке Минприроды России и в сотрудничестве с Федеральным агентством охраны окружающей среды Германии. В рамках проекта предложены обобщенные критерии для обоснования создания НДТ переработки, хранения и использования навоза [6]:

$$K_{spv} = \frac{\sum_{i=1}^{kop} (Z_{si} + Z_{oi} + Z_{di})}{M_{N1} - \sum_{i=1}^{kop} \left[\left(1 - \frac{M_{Ni+1}}{M_{Ni}} \right) \times M_{Ni-1} \right]}, \quad (5)$$

$$Es_{pv} = \frac{\sum_{i=1}^{kop} E_{spvgi}}{M_{N1} - \sum_{i=1}^{kop} \left[\left(1 - \frac{M_{Ni+1}}{M_{Ni}} \right) \times M_{Ni-1} \right]}, \quad (6)$$

где K_{spv} – капитальные затраты на сохранение питательных веществ;

kop – количество технологических операций во всем цикле биоконверсии;

Z_{si} – затраты на сооружения, необходимые для i -ой технологической операции;

z_{oi} – затраты на оборудование, необходимые для i -ой технологической операции;

z_{dt} – затраты на технические средства, необходимые для i -ой технологической операции;

M_{N1} – начальная масса азота общего перед полным циклом биоконверсии (на начало первой технологической операции);

V_{Ni} – масса азота общего после i -ой технологической операции;

E_{spv} – эксплуатационные затраты на сохранение питательных веществ;

$E_{spv gi}$ – эксплуатационные затраты для i -ой технологической операции;

Опыт зарубежных стран показывает, что очень большую роль во внедрении НДТ имеет государственная экономическая поддержка [2, 3].

Выводы. Среди подходов к агроэкологической оценке можно выделить два взаимосвязанных метода, основанных на балансе питательных веществ и внедрении наилучших доступных технологий (НДТ). Разрабатываемую в России систему НДТ планируется применять для сельхозпредприятий

свиноводства и птицеводства. Обоснование выбора НДТ на примере переработки навоза, помета, хранения и внесения органических удобрений с одновременным внедрением системы регулирования на основе балансов питательных веществ показало, что эти меры позволят снизить потери азота и фосфора на 60 и 28% соответственно. Расчеты балансов питательных элементов N и P показали, что коэффициент эффективности их использования находится в допустимых пределах для смешанных производств в соответствии с рекомендациями для европейских стран.

Определили, что наименьшие потери биогенов достигаются по технологии переработки навоза или помета с использованием биореактора барабанного типа, на который получены патенты на полезную модель. Установили, что обобщенным показателем экологической нагрузки животноводческого предприятия на окружающую среду служит расчетное значение баланса N и P, для расчета приняты ограничения по внесению N не более 170 кг/га и P не более 25 кг/га.

Литература

1. Брюханов А.Ю., Максимов Д.А., Васильев Э.В., Шалавина Е.В., Субботин И.А., Козлова Н.П. и др. Рекомендации по обоснованию экологически безопасного размещения и функционирования животноводческих и птицеводческих предприятий // *Промышленная политика в РФ.* – 2014. – № 7-9. – С. 32-38.

2. Максимов Д.А., Брюханов А.Ю., Субботин И.А., Васильев Э.В., Шалавина Е.В., Козлова Н.П. Методика принятия решения об экологически безопасном размещении сельхозпредприятия // *Техника в сельском хозяйстве.* – 2014. – № 5. – С. 24-26.

3. Васильев Э.В., Шалавина Е.В. Порядок выбора машинных технологий биоконверсии отходов животноводства на примере птицефабрики // *Проблемы механизации агрохимического обслуживания сельского хозяйства: Сб. науч. тр. по матер. заочной Междунар. науч.-практ. конф.* – Рязань: ВНИМС. – 2014. – С. 212-219.

4. Васильев Э.В., Шалавина Е.В. Изменение содержания азота и фосфора в жидкой фракции свиного навоза при биологической очистке // *Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства.* – 2014. – № 85. – С. 146-150.

5. Субботин И.А. Выбор наилучших доступных технологий переработки навоза и помета // *Проблемы механизации агрохимического обслуживания сельского хозяйства: Сб. науч. тр. по материалам заоч. Междунар. науч.-практ. конф.* – Рязань: ВНИМС. – 2014. – С. 195-199.

6. Уваров Р.А., Слободянюк П.А. Анализ интенсивных технологий переработки навоза, помета // *Перспективы инновационного развития агропромышленного комплекса и сельских территорий. Матер. Междунар. агропромышленного конгресса. Северо-Западный региональный научный центр РАСХН, Санкт-Петербургский ГАУ, ООО «ЭФ – ИНТЕРНЭШНЛ».* – 2014. – С. 52-53.

AGRICULTURAL PRODUCTION ECOLOGY: PROBLEMS AND SOLUTIONS

V.D. Popov, D.A. Maksimov, A.Yu. Bryukhanov

Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production, Fil'trovskoye road, 3, set. Tyarlevo, St.Petersburg, 196625, Russian Federation

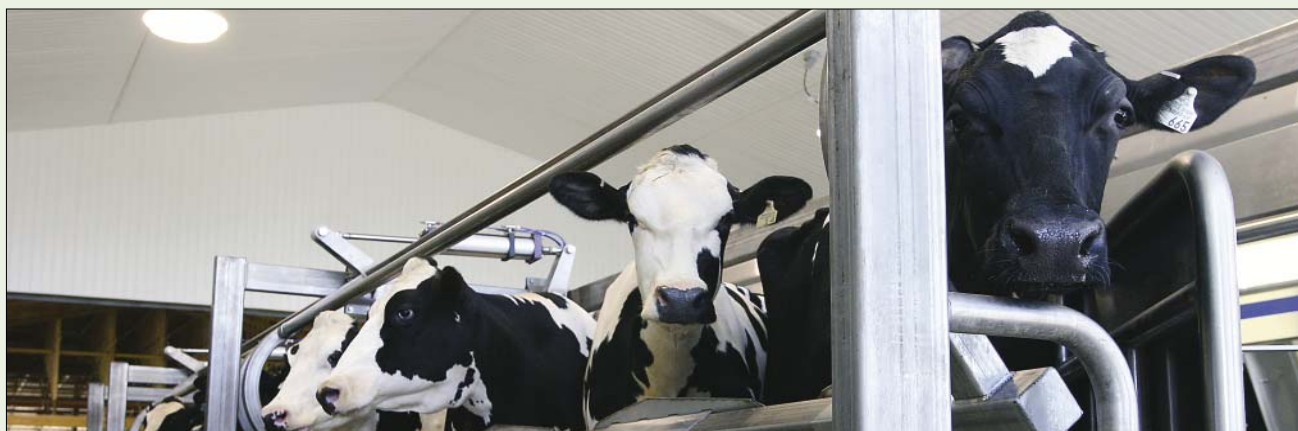
Researches of scientists of the Northwest Federal District of the Russian Federation and the European countries are directed on decrease in an environmental pressure of agricultural production on environment. The international projects BaltHazar, ERAB, BASE, Luga Balt are completed together with the leading foreign experts with support

of the ministries of agriculture and environmental protection of Finland, Sweden, Denmark, Germany and other countries. The greatest negative impact on environment proceeds from systems of processing and use of manure and poultry litter. The main threat is posed by losses of biogenous elements, first of all nitrogen and phosphorus that can be connected by imperfection of technologies and lack of ecological management at the enterprises. The generalized ecological indicator of agricultural enterprise work is the effectiveness ratio of nutrient utilization. A decision-making technique on ecologically safe placement and functioning of agricultural enterprises was offered. The authors defined values of losses of biogenes during the main technological operations of processing of manure and poultry litter, developed mathematical model for definition of losses of biogenes at stages of a production cycle of bioconversion of waste of animal industry. The least losses of biogenes are reached at technology of of manure or poultry litter processing with use of the bioreactor of drum type on which patents for useful model are taken out. The generalized indicator of an environmental pressure of a livestock enterprise is the calculated value of balance of nitrogen and phosphorus. According to requirements of the Helsinki Commission (HELCOM) limitations of introduction of nitrogen no more than 170 kg/ha and phosphorus no more than 25 kg/ha are accepted.

Keywords: Environmental pressure; Agricultural production; International projects; Environment.

References

1. Bryukhanov A.Yu., Maksimov D.A., Vasil'ev E.V., Shalavina E.V., Subbotin I.A., Kozlova N.P. i dr. Rekomendatsii po obosnovaniyu ekologicheskii bezopasnogo razmeshcheniya i funktsionirovaniya zhivotnovodcheskikh i ptitsevodcheskikh predpriyatiy [Recommendations about justification of ecologically safe placement and functioning of the livestock and poultry enterprises]. *Promyshlennaya politika v RF*. No. 7-9. pp. 32-38 (Russian).
2. Maksimov D.A., Bryukhanov A.Yu., Subbotin I.A., Vasil'ev E.V., Shalavina E.V., Kozlova N.P. Metodika prinyatiya resheniya ob ekologicheskii bezopasnom razmeshchenii sel'khozpredpriyatiya [Technique of making decision on ecologically safe placement of agricultural enterprise]. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve*. 2014. No. 5. pp. 24-26 (Russian).
3. Vasil'ev E.V., Shalavina E.V. Poryadok vybora mashinnykh tekhnologiy biokonversii otkhodov zhivotnovodstva na primere ptitsefabriki [Order of choice of machine technologies of bioconversion of animal husbandry waste on example of poultry farm]. *Problemy mekhanizatsii agrokhimicheskogo obsluzhivaniya sel'skogo khozyaystva: Sb. nauch. tr. po mater. zaachnoy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* Ryazan': VNIMS. 2014. pp. 212-219 (Russian).
4. Vasil'ev E.V., Shalavina E.V. Izmenenie soderzhaniya azota i fosfora v zhidkoy fraktsii svinogo navoza pri biologicheskoy ochistke [Change of nitrogen and phosphorus content in liquid fraction of pig manure at biological treatment]. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rastenievodstva i zhivotnovodstva*. 2014. No. 85. pp. 146-150 (Russian).
5. Subbotin I.A. Vybora nailuchshikh dostupnykh tekhnologiy pererabotki navoza i pometa [Choice of the best available technologies of processing of manure and poultry manure]. *Problemy mekhanizatsii agrokhimicheskogo obsluzhivaniya sel'skogo khozyaystva: Sb. nauch. tr. po materialam zaach. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* Ryazan': VNIMS. 2014. pp. 195-199 (Russian).
6. Uvarov R.A., Slobodyanyuk P.A. Analiz intensivnykh tekhnologiy pererabotki navoza, pometa [Analysis of intensive technologies of digestion of manure, poultry manure]. *Perspektivy innovatsionnogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa i sel'skikh territoriy. Mater. Mezhdunar. agropromyshlennogo kongressa. Severo-Zapadnyy regional'nyy nauchnyy tsentr RASKhN, Sankt-Peterburgskiy GAU, OOO «EF-INTERNESHNL»*. 2014. pp. 52-53 (Russian).





Колчину Николаю Николаевичу – 90 лет!

24 мая 2016 года исполнилось 90 лет доктору технических наук, профессору, Заслуженному деятелю науки и техники РФ, академику Российской академии транспорта Колчину Николаю Николаевичу.

Уважаемый Николай Николаевич!

Коллектив Всероссийского научно-исследовательского института механизации сельского хозяйства (ВИМ) поздравляет Вас, Николай Николаевич, с Юбилеем!

После окончания Московского авиационного института Вы прошли творческий научный путь от инженера до заместителя директора по научной работе Всесоюзного НИИ сельскохозяйственного машиностроения (ВИСХОМ). Успешно защитив в 1958 г. кандидатскую, а в 1974 – докторскую диссертации, Вы всю свою научную деятельность посвятили проблематике механизации производства картофеля и овощей.

На основе проведенных Вами научных исследований внедрено в производство около 20 наименований машин и оборудования. Это техника широко использовалась в сельском хозяйстве России и в ряде зарубежных стран. Среди разработанных с Вашим активным участием и выпускавшихся многие годы технических средств – сортировальные пункты нескольких поколе-

ний, транспорттер-загрузчик для хранилищ ТЗК-30 в модификациях.

В числе Ваших учеников 8 докторов и более 20 кандидатов наук.

Вами опубликовано в различных отечественных и зарубежных изданиях около 400 научно-технических трудов, в том числе 5 монографий, около 120 сборников, выпусков, статей. Вы имеете около 150 авторских свидетельств СССР, патентов России и других стран. При Вашем участии и под Вашей редакцией в 2010 году издана массовым тиражом интересная и полезная книга «Машинные технологии и техника для производства картофеля».

Вас отличает высокая трудоспособность, умение четко и правильно ставить цели и находить пути их решения, а также внедрять эти решения в практику.

Вы – Заслуженный деятель науки Российской Федерации, отмечены Правительственными наградами, медалями ВДНХ и ВВЦ.

Желаем Вам, Николай Николаевич, крепкого здоровья, счастья, благополучия и дальнейших творческих успехов.

От имени сотрудников института,

директор ВИМ,
академик РАН

А. Измайлов



НОВЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ

Представленные в работе данные должны быть оригинальными. Не следует направлять в редакцию работы, которые уже напечатаны в других изданиях или посланы для публикации в другие редакции.

Редакция принимает к публикации рукописи и электронные версии статей, набранные в Word шрифтом 14 пт. через 1,5 интервала, не более 12 страниц.

Необходимо приложить рецензию на статью.

Аспиранты должны предоставить отзыв научного руководителя.

Приведенные в статье формулы должны иметь пояснения и расшифровку всех входящих в них величин с указанием единиц измерения в СИ. Графические материалы должны быть приложены в виде отдельных файлов: фотографии – jpg или tif с разрешением 300 dpi, графики, диаграммы – в eps или ai. Все графические материалы, рисунки и фотографии должны быть пронумерованы, подписаны и иметь ссылку в тексте.

Статья должна содержать не более 10 формул, 3-4 иллюстрации, 3-4 таблицы, размер таблиц не более 1/2 страницы.

В каждой статье должны быть указаны следующие данные на русском и английском языках:

- УДК;
- название статьи;
- фамилия и инициалы автора(ов);
- e-mail автора, контактный телефон;
- место работы автора (аббревиатуры не допускаются), почтовый адрес;

- ученая степень, звание автора;

- реферат;

- ключевые слова;

- литература (транслитерация <http://www.translit.ru>, название статьи дублируется на английском языке в квадратных скобках).

Статью следует структурировать, обязательно указав следующие разделы: введение (актуальность); цель исследований; материалы и методы; результаты и обсуждение; выводы; литература.

Списки литературы (до 10 источников за последние 5 лет) следует оформлять по ГОСТ Р 7.05-2008. Ссылки на источник приводятся в квадратных скобках. Самоцитирование допускается не более 15%.

Реферат

Реферат – это самостоятельный законченный материал. Нужно коротко и емко отразить актуальность и цель исследований, условия и схемы экспериментов, привести полученные результаты – с обязательным включением цифрового материала, сформулировать выводы. Объем реферата – 200-250 слов. В начале НЕ повторяется название статьи. Реферат НЕ разбивается на абзацы.

Допускается введение сокращений в пределах реферата (понятие из 2-3 слов заменяется на аббревиатуру, в первый раз дается полностью, сокращение – в скобках).

Несоответствие статьи хотя бы по одному из перечисленных условий служит основанием для отказа в публикации.

ПОДПИСКА 2017

**КАК
подписаться
на журнал?**



ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!

Подписку на первое полугодие 2017 г. можно оформить
до 20 декабря 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