



Сельскохозяйственные МАШИНЫ и ТЕХНОЛОГИИ

№ 5 2015

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ и ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЖУРНАЛ

Импортозамещающая техника России

Автоматизация сельскохозяйственной техники

Энергетическая и технологическая оценка
почвообрабатывающей техники



Инновационный 340-сильный трактор на гусеничном ходу АГРОМАШ РУСЛАН



ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ТЕХНИКА - ПУТЬ К ПРОГРЕССУ РАЗВИТИЯ СЕЛЬХОЗПРОИЗВОДСТВА СТРАНЫ

Новейшая сельскохозяйственная техника XXI века ООО «Агромашхолдинг»



Трактор АГРОМАШ 85ТК

Сделано в РОССИИ



Трактор АГРОМАШ 60ТК



Трактор АГРОМАШ 180ТК



Трактор АГРОМАШ Руслан



Сельскохозяйственные МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИИ



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

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

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

Орстик И.Л.

Техническое перевооружение АПК нуждается в наращивании
государственной поддержки 3

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

**Измайлов А.Ю., Хорошенков В.К., Лужнова Е.С., Афонина И.И.,
Колесникова В.А.**

Самонастраивающаяся система автоматического управления
посевным агрегатом 4

Лобачевский Я.П., Старовойтов С.И., Чемисов Н.Н.

Энергетическая и технологическая оценка почвообрабатывающего
рабочего органа 10

Годжаев З.А., Гончаренко С.В., Валеев Д.Х., Карабцев В.С.

Расчетно-экспериментальная оценка технических характеристик шин
грузовых автомобилей 14

Аксёнов А.Г., Емельянов П.А., Овтов В.А., Сибирёв А.В.

Катушечно-вильчатый высаживающий аппарат для ориентированной
посадки лука-севка 20

Голубкович А.В., Пехальский И.А., Лукин И.Д., Марин Р.А.

Моделирование тепло- и массопереноса при осциллирующей сушке
зерна в мобильной зерносушилке 25

Измайлов А.Ю., Сорокин К.Н.,

Совершенствование элементов теории кавитационной диспергации
торфа 29

Кем А.А., Чекусов М.С., Черемисин А.И.

Ротационная борона для рядовых обработок посадок картофеля . . 34

Бейлис В.М.

Структура и классификация машинных технологических систем
в растениеводстве 38

Тихомиров А.В., Маркелова Е.К., Уханова В.Ю.

Топливо-энергетические ресурсы на базе энергоэкономных
технологий и технических средств в сельском хозяйстве 43

Бижаев А.В.

Математическая модель оценки влияния эффекта подачи воды
в камеру сгорания дизеля 49

ИНФОРМАЦИЯ

Развитие интеллектуальных машинных технологий в АПК России . . 51

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-Russian 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 № ФЦ77-27860
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 NUMBER:

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 magazine 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 15.09.2015
The circulation is 500 copies

CONTENTS

PROBLEMS AND DECISIONS

I.L.Orsik

Technical re-equipping of agrarian and industrial complex
requires State support increase 3

NEW TECHNICS AND TECHNOLOGIES

**A.Yu.Izmaylov, V.K.Khoroshenkov, E.S.Luzhnova, I.I.Afonina,
V.A.Kolesnikova**

Selfadjusting automatic control of sowing unit 4

Ya.P.Lobachevskiy, S.I.Starovoytov, N.N.Chemisov

Power and technological evaluation of soil cultivating working tool 10

Z.A. Godzhaev, S.V.Goncharenko, D.Kh.Valeev, V.S.Karabtsev

Computational and experimental evaluation of technical characteristics
of trucks tires 14

A.G.Aksenov, P.A.Emel'yanov, V.A.Ovtov, A.V.Sibirev

Forked-roller feed mechanism for seed onion oriented planting 20

A.V.Golubkovich, I.A.Pekhal'skiy, Lukin I.D., R.A.Marin

Modelling of heat and mass transfer at oscillating drying in mobile
grain dryer 25

A.Yu.Izmaylov, K.N.Sorokin

Improvement of elements of the theory of peat cavitation dispergation . 29

A.A.Kem, M.S.Chekusov, A.I.Cheremisin

Rotary harrow for ridge cultivation of the potato crops 34

V.M.Beylis

Classification of the machine technological systems in plant industry . . . 38

A.V.Tikhomirov, E.A.Markelova, V.Yu.Ukhanova

Fuel and power resources based on energy-saving technologies and
technical means in agriculture 43

A.V.Bizhaev

Mathematical model of assessment of effect of water supply in engine
combustion chamber 49

INFORMATION

Development of intellectual machine technologies in agrarian and
industrial complex of Russia 51

*The magazine 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.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ПЕРЕООРУЖЕНИЕ АПК НУЖДАЕТСЯ В НАРАЩИВАНИИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ



ОРСИК И.Л.,

директор по маркетингу и продвижению ООО «Агромашхолдинг»

Реализация Постановления Правительства РФ № 1432 от 27 декабря 2012 года «Об утверждении Правил предоставления субсидий производителям сельскохозяйственной техники», в соответствии с которым современная отечественная техника поставляется на село со скидкой 25-30%, в условиях импортозамещения приобретает новые качества и эффективную динамику. Именно поэтому обновление парка сельхозтехники в российских селах требует расширения государственной поддержки.

В ООО «Агромашхолдинг» был проведен опрос партнеров, поинтересовались плюсами и минусами в реализации постановления №1432 не только у дилеров, но и у представителей аграриев, сервисных служб. Практически все отмечают значительно возросший интерес сельхозтоваропроизводителей к агромашинам российского производства. Это вызвано не только изменением курсов валют и соответствующим подорожанием импортной техники. В последние годы сельхозмашиностроители проделали огромную работу по конструированию новых конкурентоспособных моделей техники, модернизации производственных мощностей. Хороший стимул заложен и в постановлении №1432, в соответствии с которым аграрии могут приобретать российскую сельхозтехнику по цене на четверть ниже рыночного предложения.

Президент Российской ассоциации производителей сельхозтехники «Росагромаш» Бабкин К.А. подчеркнул, что направляя субсидии напрямую, государство может ставить определенные условия, например по показателям производительности или уровню локализации, это поможет стимулировать аграриев страны.

За минувшие 5 лет конструкторы техники сельскохозяйственного направления Концерна «Тракторные заводы» разработали немало новинок, а предприятия освоили выпуск широкой линейки современных и перспективных моделей самоходных, навесных и прицепных агромашин.

При этом особого внимания заслуживают колесные тракторы АГРОМАШ 85ТК и АГРОМАШ 60ТК. Прежде чем начать серийное производство, еще на

стадии опытной эксплуатации в них было внесено свыше 500 конструкторских и технологических изменений. Совершенствование продолжается и сейчас. Например, не так давно на Владимирском моторо-тракторном заводе, где выпускают двигатели для колесных машин линейки АГРОМАШ, запустили новые обрабатывающие центры. Теперь основные узлы и детали дизелей изготавливаются по передовой технологии. В результате значительно повысились качество и надежность моторов.

Среди конкурентоспособных новинок выделяют также колесные тракторы АГРОМАШ мощностью 30, 50, 60 и 85 л.с. Их комплектуют как дизельными двигателями, так и моторами, работающими на компримированном природном газе – метане.

Сейчас проходят испытания опытных образцов перспективного колесного трактора АГРОМАШ 180ТК, гусеничной машины АГРОМАШ ТГ150 и других моделей. Инновационный 340-сильный трактор на гусеничном ходу АГРОМАШ Руслан уже находится в серии. Недавно его начали успешно эксплуатировать в нескольких регионах.

Значительное число достойных новинок имеется также в модельных рядах зерноуборочных комбайнов, почвообрабатывающей, уборочной, мелиоративной техники. И все они достойны реализации согласно постановлению № 1432 и другим программам стимулирования технического перевооружения АПК.

Опрос партнеров «Агромашхолдинга» выявил не только положительные стороны реализации правительственного постановления, но и направления, которые нуждаются в совершенствовании. Речь идет, прежде всего, об устранении излишних бюрократических препон при оформлении сделок, сроках выделения субсидий, нехватке лимитов средств в значительной части регионов.

Обновление парка сельхозтехники в российских регионах требует расширения программ, стимулирующих техническую модернизацию АПК, и в первую очередь, увеличения объема субсидий, выделяемых в соответствии с Постановлением № 1432 Правительства России. ◆



УДК 631.171

САМОНАСТРАИВАЮЩАЯСЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОСЕВНЫМ АГРЕГАТОМ

ИЗМАЙЛОВ А.Ю.,
академик РАН,

ХОРОШЕНКОВ В.К.,
канд. техн. наук,
академик МАИ,
ЛУЖНОВА Е.С.,
науч. сотр.,

АФОНИНА И.И.,
ст. науч. сотр.,
КОЛЕСНИКОВА В.А.,
канд. техн. наук

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

В настоящее время большое развитие получает применение автоматизации управления посевным агрегатом и дифференцированным внесением доз минеральных удобрений в соответствии с агрохимическими показателями почвы (точное земледелие). Определили, что главное требование к дифференцированным высеву семян и внесению минеральных удобрений – это точность и продолжительность перехода с одной нормы на другую. Установили, что при скорости агрегата 10 км/ч объект перемещается за 0,5 с на 1,5 м и более. При этом в выпускаемом устройстве дифференцированная поправка, поступающая по радиоканалу, обновляется через 10 с, а в режиме RTK – через 0,5-2 с, что нарушает точность внесения семян и удобрений. Разработали структурную схему системы автоматического регулирования технологического процесса высева семян и внесения минеральных удобрений с использованием навигационных средств ориентации МТА на поле и технические средства для реализации технологии точного земледелия при посеве и внесении удобрений с помощью электронных карт плодородия земель и спутниковых навигационных систем. Отметили, что для регулирования дозы внесения удобрений необходимо укомплектовать агрегат электроприводом, а для уменьшения погрешности – использовать навигационные приемники ГЛОНАСС, GPS, Galileo. Предложили для слежения четырех ведущих навигационных систем применять разработанный отечественной фирмой «КБ НАВИС» приемник GPS/ГЛОНАСС/Galileo/Compass на 32 канала. Установили, что созданное ВИМ информационное автоматизированное устройство на базе NAVSTAR и системы ГЛОНАСС/GPS успешно управляет посевом и позволяет вносить удобрения дифференцированно.

Ключевые слова: посевной агрегат, навигационные системы, ГЛОНАСС, автоматизированные информационные комплексы.

Анализ современных тенденций развития автоматизации посевных агрегатов свидетельствует, что все большее развитие получает применение автоматизации, направленной на «точное земледелие», предусматривающее пространственное позиционирование агрегата и избирательное действие при применении удобрений и гербицидов [1-4]. Экономическая целесообразность в этом случае заключается в прямой экономии технологического материала, снижении отрицательного воздействия на окружающую среду и производимую

продукцию. Достижение высокой урожайности возделываемых культур должно соответствовать экологическим требованиям, предъявляемым к сельскохозяйственной продукции с учетом охраны окружающей среды.

Анализ факторов, обеспечивающих требуемое качество посева, выявил необходимость развития следующих направлений в области создания средств автоматизации для посевных агрегатов:

- устройства контроля высева семян;
- системы измерения, контроля и дифференци-

ального регулирования норм высева семян и внесения минеральных удобрений.

По данным зарубежных источников, дифференцированное внесение минеральных удобрений, соответствующих агрохимическим показателям почвы, повышает урожайность сельскохозяйственных культур в среднем на 30% и более.

Цель исследований – разработка и выбор научно обоснованных новейших технических средств для реализации технологии точного земледелия при посеве с использованием электронных карт плодородия земель, спутниковых навигационных систем [5], электронно-вычислительных средств и элементной базы силового управления.

Для решения этих задач необходим поиск оптимальных алгоритмов обработки высокоскоростных потоков информации.

Одними из главных требований дифференцированного высева семян и внесения гранулированных минеральных удобрений считаются точность и время перехода с одной нормы высева семян и внесения удобрений на другую.

Новизна исследований заключается в системном подходе к решению задачи автоматизации различных посевных агрегатов с обоснованием состава и функций системы контроля и управления с использованием технологии сбора информации, систематизации анализа и выработки оптимального решения [6].

Материалы и методы. В основе точного земледелия заложены возможности определения координат движущегося объекта с высокой точностью. Оснащение сельскохозяйственных агрегатов средствами спутниковой навигации позволяет более качественно выполнять технологические операции. Автоматическое местоопределение движущегося сельскохозяйственного агрегата наряду с автоматизированным считыванием электронных карт обрабатываемого поля, отражающих состояние каждого фрагмента поля, а также построение действий обеспечивают значительный эффект в результате прямого повышения урожайности и снижения себестоимости производства продукции при посеве зерновых [7, 8].

По метрологическим характеристикам для решения сельскохозяйственных задач автоматического местоопределения предпочтительно использование навигационных сигналов ГЛОНАСС.

Результаты и обсуждение. В основе работы спутниковой навигационной системы лежат:

- спутниковая трилатерация (на ней базируется работа системы);
- спутниковая дальнометрия (измерение расстояний до спутников);
- точная временная привязка (высокоточная син-

хронизация отсчета времени в системе спутники–приемники);

- точное положение спутников в космосе;
- коррекция ошибок, вносимых задержкой радиосигнала спутника в ионосфере и тропосфере.

Согласно принципу навигационных определений (рис. 1) рассчитывают псевдодалность:

$$P = r + c (dT - dt) + dion + dtrop + e,$$

где P – измеренная псевдодалность, r – геометрическое расстояние между антенной приемника в момент приема сигнала и спутниковой антенной в момент передачи;

dT и dt – производные времени, отражающие уход часов приемника и спутника от точного времени соответственно;

$dion$ и $dtrop$ – ионосферные и тропосферные задержки,

e – коэффициент, учитывающий шум и эффекты, например переотражение;

c – скорость света.

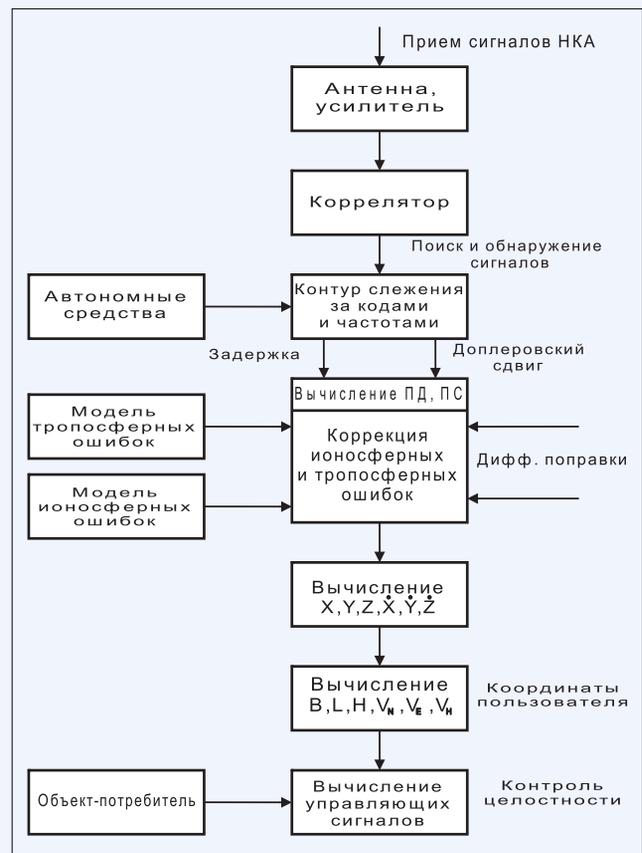


Рис. 1. Принцип навигационных определений

Некоторые источники ошибок, возникающих при работе ГЛОНАСС/GPS, трудно устранить [8, 9]. Вычисления предполагают, что сигнал распространяется с непрерывной скоростью, которая равна скорости света. Однако на практике все обстоит гораздо сложнее. Скорость света постоянна только в

вакууме. Когда сигнал проходит через ионосферу и тропосферу, скорость его распространения изменяется, что приводит к ошибкам в измерении дальности.

Так как конструкция спутниковой навигационной системы постоянно совершенствуется, а отдельные модули и узлы системы для решения различных задач могут отличаться друг от друга, то в качестве базовой автоматизированной системы управления технологическим процессом может быть использована система со следующими основными сегментами:

- навигационный сегмент;
- сегмент передачи специальных данных в реальном времени;
- сегмент визуализации движения в реальном времени;
- сегмент обработки данных и генерирования управляющих команд.

В настоящее время наибольшую точность и стабильность обеспечивают приемники, использующие сигналы всех видимых навигационных спутников из всех созвездий Глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС).

В связи с этим отечественная фирма «КБ НАВИС» разработала приемник *GPS/ГЛОНАСС/Galileo/Compass* на 32 канала слежения четырех ведущих навигационных систем, работающих в диапазоне частоты $L1\ 1575,42\ \text{MHz}$ и $L1\ 1597,5\ \text{MHz}$.

Он имеет следующие характеристики:

- точность получения навигационных параметров в дифференциальном режиме – 1 м;
- частота выдачи навигационных данных – 1, 2, 5 и 10 Гц;
- поддерживаемые протоколы – *NMEA 0183, BINR, RTCM SC-104 v2.2*;
- интерфейсы – $2 \times RS-232$, $2 \times SPI$, *IWI*;
- частота выдачи данных – до 230400 бит/с;
- питание: 3,0-5,5 В;
- потребление по всем ГНСС – менее 150 мВт.

В системе точного земледелия спутниковые навигационные сигналы используют для решения следующих задач:

- мониторинг мобильной сельскохозяйственной техники;
- автоматизированное вождение машинно-тракторного агрегата;
- дифференцированный высев семян и внесение минеральных удобрений;
- мониторинг урожайности сельскохозяйственных культур;
- агрохимический мониторинг полей.

Реализация технологии дифференцированного внесения удобрений [9] предусматривает разработку программного обеспечения, включающего под-

программы:

- формирование банка данных о состоянии полевых;
- расчет функциональной зависимости (функции отзывчивости) между наличием питательных элементов в почве и урожайностью сельскохозяйственных культур;
- обоснование оптимальных доз дифференцированного внесения удобрений;
- формирование электронных карт дифференцированного внесения удобрений в принятой системе позиционирования;
- контроль и управление технологическим процессом.

Главные и определяющие рабочий процесс параметры – расход $q(t)$ через высевную катушку и глубина заделки семян Z . Поэтому проследим, какое влияние оказывают входные воздействия на качество выполнения этих процессов [10, 11]. Входные воздействия можно разделить на две группы переменных, которые влияют на положение сеялки $Z(t)$, или определяют расход семян $q(t)$ и глубину заделки $z(t)$.

Особенностью разработки алгоритмов контроля и функциональных схем для анализируемого технологического процесса стала необходимость предварительного перевода дискретных значений процесса расхода $q(t)$ семян за единицу времени Δt или глубины заделки в дискретные по площади ΔS – путем деления текущих значений $q_i(t)$ на текущую скорость движения агрегата по выражению:

$$k_i(t) = \frac{q_i(t)}{V_i(t) \cdot B},$$

где – B ширина захвата, м, V_i – скорость, м/с

Это требует использования датчика скорости агрегата, выдающего отсчеты с шагом дискретизации Δt технологического процесса.

Ее структура определяется задачами контроля, которые заключаются в следующем:

- получение текущей информации от датчиков объекта контроля о фактическом состоянии контролируемых процессов;
- предварительное преобразование и централизованная обработка информации;
- выработка решения о соответствии или несоответствии контролируемого процесса $k(t)$ заданному уровню качества;
- выдача информации о необходимости восстановления заданного качества и последовательности действий по его восстановлению и, в случае необходимости, формирования корректирующего сигнала.

Передаточная функция системы автоматического регулирования нормы высева при наличии ин-

тегрирующего звена будет иметь вид:

$$W_p = \frac{K_1 \cdot K_2}{Tp + 1},$$

где K_1 – коэффициент усиления усилителя;

K_2 – коэффициент передачи электродвигателя с редуктором;

T – постоянная времени электродвигателя с редуктором;

p – оператор Лапласа.

Так как задающее воздействие поступает с электронной карты, то эта величина является детерминированной функцией времени и координат.

Структурная схема системы автоматического регулирования технологического процесса высева семян и внесения минеральных удобрений с использованием навигационных средств ориентации МТА на поле представлена на рисунке 2.

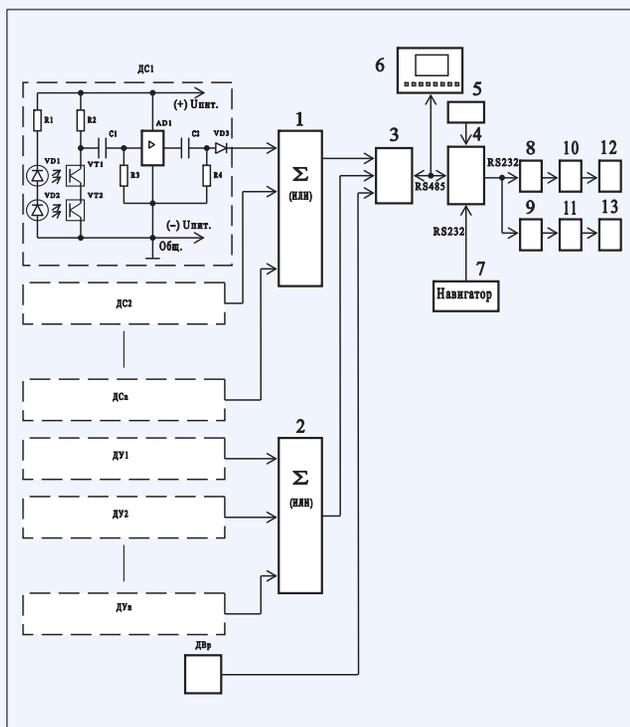


Рис. 2. Структурная схема системы автоматического управления высевом семян и внесением удобрений с использованием навигационных средств связи

Система содержит импульсные фотоэлектрические датчики измерения нормы высева семян ДС1 ДСп и датчики измерения нормы внесения удобрений ДУ1...ДУп.

Выходы усилителей датчиков через дифференцирующие цепи $C2$, $R4$ и диод $VD3$ подключены к схемам суммирования сигналов датчиков с помощью схемы «ИЛИ» нормы высева семян 1 и удобрений 2, выходы которых подключены к счетным входам блока частотного ввода 3. На вход управ-

ления счетным вводом подается сигнал с датчика частоты вращения колеса ДВр. Контроллер 4 управляет технологическим процессом дифференцированного высева семян и внесения твердых минеральных удобрений с помощью видеотерминала 6 и навигатора 7. Программа работ в цифровом виде заносится с электронного носителя информации 5, представляющего собой оцифрованную карту поля в глобальной системе координат и дозами нормы высева семян и внесения твердых минеральных удобрений по соответствующим координатам. Драйверы 8, 9 формируют команды управления частотой вращения электроприводов 10 и 11, высевающих аппаратов 12 и 13.

Система работает следующим образом. Каждый датчик высева семян ДС1...ДСп и внесения удобрений ДУ1...ДУп регистрирует часть семян, пролетающих через него.

При проведении посева информация о текущих координатах посевного агрегата поступает с навигатора 7 по интерфейсу RS232. Контроллер 4 находит в таблице значения нормы высева и нормы внесения удобрений, соответствующие текущим координатам, и по интерфейсу RS232 передает команды на драйверы для формирования управляющих сигналов 8, 9, которые дают соответствующие команды электроприводам 10 и 11, изменяющим частоту вращения высевающих катушек 12 и 13, регулирующих норму высева семян и внесения твердых минеральных удобрений с учетом изменения скорости движения, регистрируемой энкодером 14, и положения агрегата на поле, регистрируемое навигатором.

Выводы

1. В результате исследования в ВИМ разработана техническая документация и программное обеспечение, а также изготовлен микропроцессорный образец системы автоматического управления.

2. Созданное в ВИМ информационно-автоматизированное устройство на базе приемника NAVSTAR и системы ГЛОНАСС/GPS дает возможность управлять посевом и дифференцированно вносить потребную дозу удобрения.

3. Для регулирования дозы внесения удобрений предусмотрено комплектование агрегата электроприводом, а в целях уменьшения погрешности необходимо использовать навигационные приемники двух и более систем (ГЛОНАСС, GPS, Galileo).

4. В выпускаемых устройствах ГЛОНАСС дифференциальная поправка, поступающая по радиоканалу, обновляется через 10 с, а в режиме RTK – через 0,5-2 с. При скорости агрегата 10 км/ч за 0,5 с объект (роботизированный посевной агрегат управления) перемещается более чем на 1,5 м, поэтому необходимо использовать дифференцирующие устройства.

Литература

1. Измайлов А.Ю., Фалеев А.П., Ксенофонтов Н.П. Автоматизированные системы управления для создания роботизированных технологий в растениеводстве // Модернизация сельскохозяйственного производства на базе инновационных машинных технологий и автоматизированных систем: Сб. докл. XII Междунар. науч.-техн. конф. Ч.2. – М.: ВИМ, 2012. – С. 602-611.

2. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П. Инновационные механизированные технологии и автоматизированные технические системы для сельского хозяйства // Модернизация сельскохозяйственного производства на базе инновационных машинных технологий и автоматизированных систем: Сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. Ч. 1. – М.: ВИМ, 2012. – С. 31-44.

3. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П. Управление и информационное обеспечение инновационными технологическими процессами в растениеводстве // Автоматизация и информационное обеспечение производственных процессов в сельском хозяйстве: Сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. Ч. 1. – М.: ВИМ, 2010. – С. 47-58.

4. Измайлов А.Ю., Гришин А.А., Гришин А.П., Лобачевский Я.П. Интеллектуальная автоматизация технических средств сельскохозяйственного назначения // Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий: Сб. науч. докл. Междунар. науч.-техн. конф. – М.: ВИМ, 2014. – С. 359-362.

5. Измайлов А.Ю., Хорошенков В.К., Гончаров Н.Т., Фалеев А.П., Лужнова Е.С. Автоматизация производственных процессов в полеводстве с использованием навигационных спутниковых систем // Энергообеспечение и энергосбережение

в сельском хозяйстве: Сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. Т. 5. – М.: ВИЭСХ, 2012. – С. 214-224.

6. Измайлов А.Ю., Ксенофонтов Н.П. Применение новейших достижений в автоматизированных информационных средствах управления при выполнении технологии посева зерновых и пропашных культур // Инновационные технологии нового поколения – основа модернизации сельского хозяйства: Сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. Ч. 1. – М.: ВИМ, 2011. – С. 190-194.

7. Измайлов А.Ю., Хорошенков В.К. Автоматизированная система управления посевом и внесением удобрений // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2011. – № 4. – С. 9-12.

8. Измайлов А.Ю., Личман Г.И., Марченко Н.М. Точное земледелие: проблемы и пути решения // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2010. – № 5. – С. 9-14.

9. Алексеев В. Приемники GNSS для спутниковых навигационных систем GPS/GLONASS // Беспроводные технологии. – 2013. – № 2. – С. 52-62.

10. Пат. RUS 2452167 РФ. Способ и устройство дифференцированного припосевного внесения основных и стартовых доз минеральных удобрений / Марченко Н.М., Марченко А.Н., Лобачевский Я.П., Личман Г.И., Педай Н.П., Михеев В.В., Рогачев В.Р., Тыкушин А.А. // Бюл. 2012. № 16.

11. Михеев В.В., Звезгинцев П.С., Кусова Н.И. Методологические особенности технико-экономической оценки машинных технологий производства пропашных культур // Система технологий и машин для инновационного развития АПК России: Сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. – М.: ВИМ, 2013. – С. 157-181.

SELFADJUSTING AUTOMATIC CONTROL OF SOWING UNIT

A.Yu.Izmaylov, V.K.Khoroshenkov, E.S.Luzhnova, I.I.Afonina, V.A.Kolesnikova

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

The selfadjusting automatic control of sowing unit and differentiated introduction of mineral fertilizers doses according to agrochemical indicators of the soil (precision agriculture) are used wider nowadays. It was defined that the main requirement to the differentiated seeding and fertilizing is an accuracy and duration of transition from one norm to another. Established that at a speed of unit of 10 km/h object moves for 0.5 s about on 1.5 m and more. Thus in this device the radio channel originated differentiated correction is updated in 10 s, and in the RTK mode – 0.5-2 s that breaks the accuracy of introduction of seeds and fertilizers. The block schematic diagram of system of automatic control of technological process of seeding and mineral fertilizing with use of navigation means of machine-tractor aggregates orientation in the field and technical means for realization of technology of precision agriculture at sowing and fertilizers application due to electronic maps of soil fertility and navigation satellite systems was worked out. It was noted that for regulation of a fertilizing dose it is necessary to complete the unit with the electric drive, and for error reduction use navigation GLONASS, GPS, Galileo receivers. To tracking of four leading navigation systems GPS/GLONASS/Galileo/Compass receiver with 32 canals developed by domestic-owned firm

«KB NAVIS» was suggested. It was established that the automated device created by All-Russia Research Institute of Mechanization for Agriculture information based on NAVSTAR and GLONASS/GPS system successfully operates seeding and make possible the differentiate fertilizing.

Keywords: Sowing unit; Navigation systems; GLONASS; Automated information complexes.

References

1. Izmaylov A.Yu., Faleev A.P., Ksenofontov N.P. *Avtomatizirovannye sistemy upravleniya dlya sozdaniya robotizirovannykh tekhnologiy v rastenievodstve [Automated control systems for creation of the robotized technologies in plant industry]. Modernizatsiya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva na baze innovatsionnykh mashinnykh tekhnologiy i avtomatizirovannykh sistem: Sb. dokl. XII Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Ch. 2. Moscow: VIM, 2012. pp. 602-611 (Russian).*
2. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P. *Innovatsionnye mekhanizirovannye tekhnologii i avtomatizirovannye tekhnicheskie sistemy dlya sel'skogo khozyaystva [Innovative mechanized technologies and the automated technical systems for agriculture]. Modernizatsiya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva na baze innovatsionnykh mashinnykh tekhnologiy i avtomatizirovannykh sistem: Sb. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Ch. 1. Moscow: VIM, 2012. pp. 31-44 (Russian).*
3. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P. *Upravlenie i informatsionnoe obespechenie innovatsionnykh tekhnologicheskimi protsessami v rastenievodstve [Management and information support of innovative technological processes in plant industry]. Avtomatizatsiya i informatsionnoe obespechenie proizvodstvennykh protsessov v sel'skom khozyaystve: Sb. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Ch. 1. Moscow: VIM, 2010. pp. 47-58 (Russian).*
4. Izmaylov A.Ju., Grishin A.A., Grishin A.P., Lobachevskiy Ya.P. *Intellektual'naya avtomatizatsiya tekhnicheskikh sredstv sel'skhozajstvennogo naznachenija [Intellectual automation of technical means of agricultural purpose]. Innovatsionnoe razvitiye APK Rossii na baze intellektual'nykh mashinnykh tekhnologiy: Sb. nauch. dokl. Mezhdunar. nauch.-tehn. konf. Moscow: VIM, 2014. pp. 359-362 (Russian).*
5. Izmaylov A.Yu., Khoroshenkov V.K., Goncharov N.T., Faleev A.P., Luzhnova E.S. *Avtomatizatsiya proizvodstvennykh protsessov v polevodstve s ispol'zovaniem navigatsionnykh sputnikovykh sistem [Automation of production processes in field cropping with use of navigation satellite systems]. Energoobespechenie i energosberezhenie v sel'skom khozyaystve: Sb. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. T. 5. Moscow: VIESKh, 2012. pp. 214-224 (Russian).*
6. Izmaylov A.Yu., Ksenofontov N.P. *Primenenie noveystikh dostizheniy v avtomatizirovannykh informatsionnykh sredstvakh upravleniya pri vypolnenii tekhnologii poseva zernovykh i propashnykh kul'tur [Use of the latest developments in the automated information control facilities when realization of technology of grain and tilled crops sowing]. Innovatsionnye tekhnologii novogo pokoleniya – osnova modernizatsii sel'skogo khozyaystva: Sb. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Ch. 1. Moscow: VIM, 2011. pp. 190-194 (Russian).*
7. Izmaylov A.Yu., Khoroshenkov V.K. *Avtomatizirovannaya sistema upravleniya posevom i vneseniyem udobreniy [Automated control system of seeding and fertilizing]. Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii. 2011. № 4. pp. 9-12 (Russian).*
8. Izmaylov A.Yu., Lichman G.I., Marchenko N.M. *Tochnoe zemledelie: problemy i puti resheniya [Precision agriculture: problems and solutions]. Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii. 2010. No 5. pp. 9-14.*
9. Alekseev V. *Priemniki GNSS dlya sputnikovykh navigatsionnykh sistem GPS/GLONASS [GNSS receivers for GPS/GLONASS navigation satellite systems]. Besprovodnye tekhnologii. 2013. No 2. pp. 52-62 (Russian).*
10. Patent RUS 2452167 01.11.2010. Marchenko N.M., Marchenko A.N., Lobachevskiy Ya.P., Lichman G.I., Peday N.P., Mikheev V.V., Rogachev V.R., Tykushin A.A. *Sposob i ustroystvo differentsirovannogo priposevnogo vneseniya osnovnykh i startovykh doz mineral'nykh udobreniy [Method and the device for the differentiated application of the main and starting doses of mineral fertilizers at sowing] (Russian).*
11. Mikheev V.V., Zvegintsev P.S., Kusova N.I. *Metodologicheskie osobennosti tekhniko-ekonomicheskoy otsenki mashinnykh tekhnologiy proizvodstva propashnykh kul'tur [Methodological features of a technical and economic assessment of tilled crops production machine technologies]. Sistema tekhnologiy i mashin dlya innovatsionnogo razvitiya APK Rossii: Sb. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Moscow: VIM, 2013. pp. 157-181 (Russian).*

УДК 631.417

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО РАБОЧЕГО ОРГАНА

ЛОБАЧЕВСКИЙ Я.П.¹,
докт. техн. наук, профессор,

СТАРОВОЙТОВ С.И.²,
канд. техн. наук,

ЧЕМИСОВ Н.Н.²,
инженер

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

²Брянский государственный аграрный университет, ул. Советская, 2а, с. Кокино, Выгоничский район, Брянская обл., 142660, Российская Федерация

Обработка почвы остается самой энергоемкой операцией в производстве сельхозкультур. Определили, что снижение энергоемкости лемеха как наиболее нагруженного рабочего органа плужного корпуса возможно за счет его колебания или путем изменения его параметров. Отметили, что перспективное направление снижения энергоемкости – изменение формы лемеха. При этом изменяются или общие параметры лемеха за счет переменного угла резания, или же только форма режущей кромки. Установили, что если лемех работает в режиме скалывания пласта при преобладающей роли касательных напряжений, то целесообразно изменить параметры всей поверхности; если в режиме излома пласта – только режущей кромки. Разработали устройство для динамометрирования навесных плугов. Подтвердили результатами экспериментальных исследований целесообразность изменения формы режущей кромки посредством отклонения лезвия фрагментированной части лемеха в сторону лицевой поверхности отвала на углы: 2, 3 и 4 градуса. Получили, что при отклонении лезвия на 2 градуса горизонтальная составляющая тягового сопротивления меньше значения в контрольном варианте на 7,2 процента; 3 градуса – на 5,7; 4 градуса – на 3,6 процента. Установили, что при работе лемехов с углом отбортовки 2 градуса гребнистость поверхности пашины в сравнении с контролем увеличилась на 22,6 процента, 3 градуса – на 5,46, а при угле 4 градуса данный показатель уменьшился на 8,21 процента. Степень заделки растительных остатков, в сравнении с контролем, была выше, соответственно, на 7,56; 7,61 и 6,50 процента. Определили, что наивысший показатель степени заделки растительных остатков соответствует углу отбортовки лезвия лемеха 3 градуса. При работе лемеха с углом отбортовки 2 градуса коэффициент крошения, в сравнении с контролем, был выше на 8,52 процента; 3 градуса – на 13,17; 4 градуса – на 15,55 процента. Доказали, что наивысший показатель степени заделки растительных остатков соответствует углу отбортовки лезвия лемеха 4 градуса. Показали, что с учетом минимальной величины горизонтальной составляющей тягового сопротивления, коэффициентов крошения и степени заделки растительных остатков на суглинистых почвах целесообразнее использовать лемеха с углом отбортовки лезвия лемеха 2 градуса.

Ключевые слова: лемех, режущая кромка, лезвие, гребнистость поверхности пашины, степень заделки растительных остатков, коэффициент крошения.

Обработка почвы остается самой энергоемкой операцией в производстве сельхозкультур. А лемех как элемент плужного корпуса – наиболее нагруженный и энергоемкий рабочий орган [1-6].

Одно из направлений снижения энергоемкости – изменение формы и параметров лемеха. При этом изменяются или общие параметры лемеха, или же только форма режущей кромки [7]. Если лемех работает в режиме скалывания пласта при преоблада-

ющей роли касательных напряжений, то целесообразно изменить параметры всей поверхности; если в режиме излома пласта – только форму режущей кромки.

Форму режущей кромки изменяют путем отбортовки лезвия лемеха в сторону лицевой поверхности отвала на угол, при котором наблюдаются упругие деформации пласта. В зависимости от глубины вспашки суглинистых почв он составляет 2-4°[8].

Цель исследования – доказать эксперименталь-

ным путем возможность снижения тягового сопротивления, оценить показатели качества работы лемеха, определить целесообразный угол отбортовки его лезвия.

Материалы и методы. Экспериментальные исследования включали определение горизонтальной составляющей тягового сопротивления стандартных трапециевидных лемехов и лемехов с отбортованным лезвием, а также показателей качества обработки почвы.

Для определения горизонтальной составляющей тягового сопротивления разработано тензозвено [9]. Его конструкция включает S-образные тензодатчики, позволяющие упростить схему электроизмерений, исключить из конструкции механизм фиксации плит и замерять только горизонтальную составляющую тягового сопротивления.

Для исследований были подготовлены четыре партии трапециевидных лемехов. Толщина лезвия режущей кромки для всех партий составила 1 мм при нижней заточке. Режущие кромки лемехов из второй, третьей и четвертой партии были разрезаны ручной шлифовальной машинкой на три части. Глубина разреза составляла 20 мм. В дальнейшем тело лемеха подвергалось нагреву газовой горелкой и последующему пластическому деформированию на угол 2°, 3° и 4° (рис. 1). Контроль отгиба бороздового обреза фрагментированной части режущей кромки осуществляли с помощью шаблона и штангенциркуля.



Рис. 1. Лемех с углом наклона режущей кромки 2°

Исследовали следующие показатели качества: гребнистость поверхности пашни, степень заделки растительных остатков, коэффициент крошения. Для каждого опыта фиксировали глубину вспашки, скорость движения пахотного агрегата в составе МТЗ-82.1 + ПЛН-3-35, твердость и влажность почвенного слоя. Гребнистость поверхности пашни определяли с помощью рейки и измерительного инструмента. Замеры в пятикратной повторности проводили через каждые 5 см по всей ширине захвата плуга. Для определения степени заделки растительных остатков использовали отношение массы, собранной на контрольном участке длиной 10 м и шириной 1,05 м, и выстриженной и взве-

шенной растительности, попавшей в прямоугольную рамку площадью 0,24-1,0 м². Для определения коэффициента крошения из пахотного слоя извлекали и взвешивали пробы почвы. Использование трех решет с размером ячеек 50×50 мм, 25×25 мм, 10×10 мм позволили выделить и взвесить из данных проб фракции размером частиц: более 50 мм; 25; 10 и менее 10 мм.

Глубину обработки почвы определяли с помощью специального приспособления. Скоростной режим при работе с определенной партией лемехов фиксировали с помощью секундомера на прямолинейном гоне длиной 105 м.

Условия проведения испытаний: тип почвы – суглинки, фон – стерня зерновых, абсолютная влажность почвы – 20,73%, твердость почвы – 3,3 МПа. Работа агрегата в поле осуществлялась на передаче 1-3 со скоростью 7,14 км/ч. Результаты исследований представлены в таблице.

Таблица				
Влияние формы лемехов на тяговое сопротивление экспериментальных лемехов				
Показатели	Стандартные лемехи	Угол отбортовки лезвия экспериментальных лемехов, град.		
		2	3	4
Глубина вспашки, см	20±2,64	20±1,6	20±1,76	20±1,5
Скорость движения, м/с	1,60	1,67	1,66	1,63
Среднее значение горизонтальной составляющей тягового сопротивления навесного плуга, Н	9700	9000	9150	9350

В ходе экспериментальных исследований установлено, что при угле отбортовки лезвия лемеха 2° горизонтальная составляющая тягового сопротивления меньше контроля на 7,2%, при угле 3° – на 5,7%, при угле 4° – на 3,6%. Отмечено повышение скорости движения агрегата. Для экспериментальных лемехов выявлен рост величины горизонтальной составляющей тягового сопротивления при увеличении угла отбортовки.

При работе лемехов с углом отбортовки 2° гребнистость поверхности пашни, в сравнении с контролем, увеличилась на 22,60%, с углом 3° – на 5,46%, с углом 4° данный показатель уменьшился на 8,21% (рис. 2).

При работе лемеха с углом отбортовки 2° степень заделки растительных остатков, в сравнении с контролем, была выше на 7,56%, с углом отбортовки 3° – на 7,61%, с углом 4° – на 6,50% (рис. 3). Наивысший показатель степени заделки растительных остатков соответствует углу отбортовки лезвия лемеха 3°.

При работе лемеха с углом отбортовки 2° коэффициент крошения, в сравнении с контролем, был выше на 8,52%, 3° – на 13,17%, 4° – на 15,55% (рис. 4).

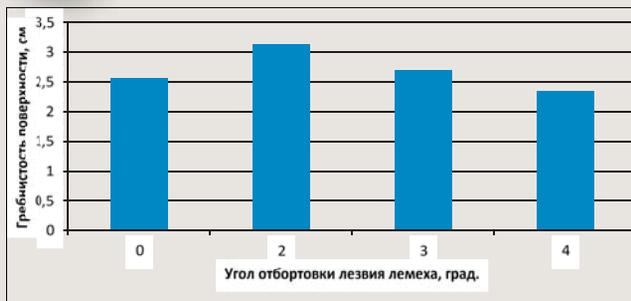


Рис. 2. Влияние угла отбортовки лезвия лемеха на гребнистость поверхности

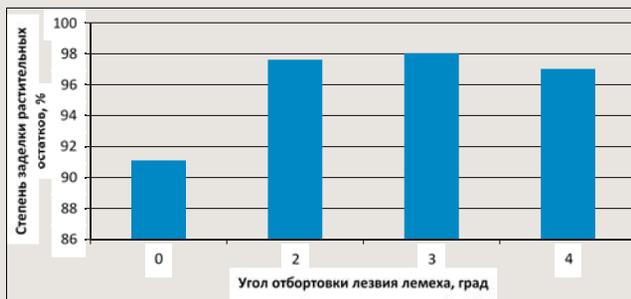


Рис. 3. Влияние угла отбортовки лезвия лемеха на степень заделки растительных остатков

Наивысший показатель степени заделки растительных остатков соответствует углу отбортовки лезвия лемеха 4°.

Выводы

1. Доказано снижение горизонтальной составляющей тягового сопротивления при работе лемеха с углами отбортовки 2°, 3° и 4°. Отмечена тенденция повышения величины горизонтальной со-

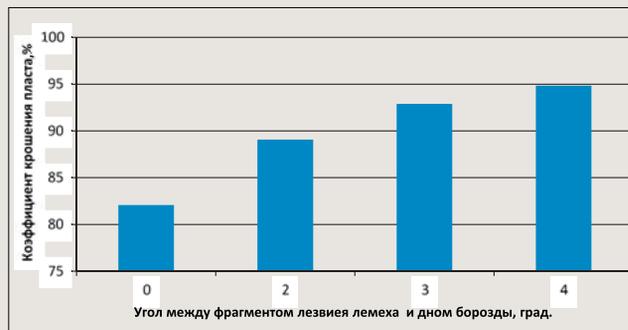


Рис. 4. Влияние угла отбортовки лезвия лемеха на коэффициент крошения

ставляющей тягового сопротивления при увеличении угла отбортовки.

2. При работе лемехов с углом отбортовки 2° гребнистость поверхности пашни, в сравнении с контролем, увеличилась на 22,60%, с углом 3° – на 5,46%, при 4° данный показатель уменьшился на 8,21%.

3. С увеличением угла отбортовки лезвия лемеха (2°, 3° и 4°) коэффициент крошения выше контроля на 8,52%, 13,17%, 15, 55% соответственно.

4. Степень заделки растительных остатков при этом выше контроля на 7,56; 7,61 и 6,5% соответственно.

5. С учетом минимальной величины горизонтальной составляющей тягового сопротивления, коэффициентов крошения и степени заделки растительных остатков на суглинистых почвах целесообразнее использовать лемеха с углом отбортовки лезвия 2°.

Литература

1. Измайлов А.Ю., Сидоров С.А., Лобачевский Я.П., Хорошенко В.К., Кузнецов П.А., Юрков М.А., Голосиенко С.А. Научные принципы повышения износостойкости рабочих органов почвообрабатывающей техники // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2012. – № 3. – С. 5-7.
2. Пат. 78626 РФ. Рабочий орган почвообрабатывающей машины / Ларионов М.А., Педай Н.П., Поляков А.Г., Игошин Н.Н., Сизов О.А., Лобачевский Я.П., Заикин В.А. // Бюл. 2008. № 34.
3. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Сидоров С.А., Хорошенко В.К., Лужнова Е.С., Мионов Д.А., Зайцев А.И., Родионова И.Г., Павлов А.А., Амежнов А.В. Использование биметаллических сталей для повышения ресурса рабочих органов сельскохозяйственных машин // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2013. – № 2. – С. 80-81.
4. Лобачевский Я.П., Панов А.И., Панов И.М. Перспективные направления совершенствования конструкций лемешно-отвальных плугов // Тракторы и сельхозмашины. – 2000. – № 5. – С. 12-18.

торы и сельхозмашины. – 2000. – № 5. – С. 12-18.

5. Лобачевский Я.П. Современные почвообрабатывающие технологии // Обзорное научное издание. Для студентов специальностей «Механизация сельского хозяйства», Профессиональное обучение. – М.: 1999.
6. Лобачевский Я.П. Новые почвообрабатывающие технологии и технические средства // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2000. – № 8. – С. 30-32.
7. Пат. на полезную модель № 131932 А01В 15/00. Лемех плуга / Старовойтов С.И., Старовойтова Н.П., Блохин В.Н., Чемисов Н.Н. // Бюл. 2013. № 25.
8. Старовойтов С.И. Старовойтова Н.П., Чемисов Н.Н. К определению угла наклона лезвия лемеха ко дну борозды // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2015. – № 1. – С. 28-31.
9. Пат. на полезную модель № 146642 А01В 67/00. Устройство для определения горизонтальной составляющей навесного плуга / Старовойтов С.И., Старовойтова Н.П., Чемисов Н.Н. // Бюл. 2014. № 29.

5. Лобачевский Я.П. Современные почвообрабатывающие технологии // Обзорное научное издание. Для студентов специальностей «Механизация сельского хозяйства», Профессиональное обучение. – М.: 1999.

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

7. Пат. на полезную модель № 131932 А01В 15/00. Лемех плуга / Старовойтов С.И., Старовойтова Н.П., Блохин В.Н., Чемисов Н.Н. // Бюл. 2013. № 25.

8. Старовойтов С.И. Старовойтова Н.П., Чемисов Н.Н. К определению угла наклона лезвия лемеха ко дну борозды // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2015. – № 1. – С. 28-31.

9. Пат. на полезную модель № 146642 А01В 67/00. Устройство для определения горизонтальной составляющей навесного плуга / Старовойтов С.И., Старовойтова Н.П., Чемисов Н.Н. // Бюл. 2014. № 29.

POWER AND TECHNOLOGICAL EVALUATION OF SOIL CULTIVATING WORKING TOOL

Ya.P.Lobachevskiy¹, S.I.Starovoytov², N.N.Chemisov²

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

²Bryansk State Agrarian University, Sovetskaya St., 2a, vil. Kokino, Vygonichi district, Bryansk region, 142660, Russian Federation

Soil-cultivating is the most power-intensive operation in crop production. It was defined that decrease in power consumption of a ploughshare as the most loaded working tool of the plow is possible due to its oscillation or by change of its parameters. It was noted that the perspective direction of decrease in power consumption is shape change of a ploughshare or its cutting edge. It was established that if the ploughshare operates in the layer split mode at the prevailing role of tangential shearing stress, then it is expedient to change parameters of all surface; if in the broken layer mode – only parameters of the cutting edge. The device for dynamometer test of hinged plows was worked out. The results obtained in experimental studies confirmed expediency of change of a shape of the cutting edge owing to a deviation of an edge of the fragmented part of a ploughshare towards a moldboard front surface by 2, 3 and 4 degrees. It was deduced that at 2 degrees angle deviation the horizontal component of plowing resistance is less than control by 7.2 percent, 3 degrees – by 5.7, 4 degrees – by 3.6 percent. It was established that surface ridgeness during the operating of ploughshares with 2 degrees angle of flange in comparison with control increased by 22.6 percent, 3 degrees – by 5.46 percent, with 4 degrees angle this indicator decreased by 8.21 percent. Trash burial ratio was respectively higher by 7.56; 7.61 and 6.50 percent, and soil pulverization coefficient – by 8.52; 13.17 and 15.55 percent. It was proved that the highest trash burial ratio corresponds to a ploughshare with 4 degrees angle of flange. It was showed that taking into account the minimum value of a horizontal component of plowing resistance, soil pulverization coefficients and trash burial ratio on loamy soils it is more expedient to use a ploughshare with a with 2 degrees angle of flange.

Keywords: Ploughshare; Cutting edge; Surface ridgeness; Trash burial ratio; Soil pulverization coefficient.

References

1. 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).

2. Patent 78626 RF 24.07.2007. Rabochiy organ pochvoobrabatyvayushchey mashiny [Workig tool of soil-cultivating machine]. Larionov M.A., Peday N.P., Polyakov A.G., Igoshin N.N., Sizov O.A., Lobachevskiy Ya.P., Zaikin V.A. (Russian).

3. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Sidorov S.A., Khoroshenkov V.K., Luzhnova E.S., Mironov D.A., Zaytsev A.I., Rodionova I.G., Pavlov A.A., Amezhnov A.V. Ispol'zovanie bimetallicheskich staley dlya povysheniya resursa rabochikh organov sel'skokhozyaystvennykh mashin [Bimetallic steels use for increase of a resource of working tools of agricultural machines]. Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk. 2013. No. 2. pp. 80-81 (Russian).

4. Lobachevskiy Ya.P., Panov A.I., Panov I.M. Perspektivnye napravleniya sovershenstvovaniya konstruksiy lemeshno-otval'nykh plugov [Perspective directions of improvement of moldboard share ploughs

design]. Traktory i sel'khoz mashiny. 2000. No. 5. pp. 12-18 (Russian).

5. Patent na poleznuyu model' №131932 MPK 15/00. Lemekh pluga [Plough share]. Starovoytov S.I. Starovoytova N.P., Blokhin V.N., Chemisov N.N. Bryanskaya GSKhA. Opubl. 10.09.2013 g. (Russian).

6. Starovoytov S.I., Starovoytova N.P., Chemisov N.N. K opredeleniyu naklona lezviya lemekha ko dnu borozdy [Revisiting the pitch angle of the cutting edge of the plough-share to the furrow bottom]. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. 2015. No. 1 pp. 28-31 (Russian).

7. Patent na poleznuyu model' No. 131932 A01B 15/00. Lemekh pluga [Plough share]. Starovoytov S.I., Starovoytova N.P., Blokhin V.N., Chemisov N.N. Byul. 2013. No. 25 (Russian).

8. Starovoytov S.I. Starovoytova N.P., Chemisov N.N. K opredeleniyu ugla naklona lezviya lemekha ko dnu borozdy [Revisiting tne pitch angle of the cutting edge of the plough-share to the furrow bottom]. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. 2015. No. 1. pp. 28-31 (Russian).

9. Patent na poleznuyu model' No. 146642 A01B 67/00. Ustroystvo dlya opredeleniya gorizontal'noy sostavlyayushchey navesnogo pluga [Device for definition of horizontal component of mounted plough]. Starovoytov S.I., Starovoytova N.P., Chemisov N.N. // Byul. 2014. No. 29 (Russian).

УДК 629.114.012.5

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ШИН ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

ГОДЖАЕВ З.А.¹,
докт. техн. наук,
профессор,

ГОНЧАРЕНКО С.В.²,
инженер,

ВАЛЕЕВ Д.Х.³,
канд. техн. наук,

КАРАБЦЕВ В.С.³,
канд. техн. наук

¹Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства,
1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Российская Федерация, e-mail: fic51@mail.ru

²Федеральный исследовательский испытательный центр машиностроения,
ул. НАТИ, 13, с. Новый Быт, Чеховский район, Московская область, 142322, Российская Федерация

³ОАО «КАМАЗ», Автозаводский проспект, 2, Набережные Челны, Республика Татарстан, 423827, Российская Федерация

В настоящее время большое развитие получает совершенствование конструкторско-технологических показателей шин грузовых автомобилей. В современном машиностроении полиамидные и капроновые корды для шин грузовых магистральных автомобилей и автобусов все чаще заменяют на цельнометаллические корды (ЦМК). Определили, что при росте объемов производства ЦМК-шин их технические характеристики исследованы в недостаточной степени, в связи с этим, провели стендовые испытания и сравнили по основным эксплуатационным показателям отечественные (производства ОАО «Нижекамскишина») и зарубежные шины с цельнометаллическим кордом: 315/60R22,5 модель NF-201 с 315/60R22,5 модель XZA2 ENERGY Michelin (рулевые); 315/60R22,5 модель NR-201 с 315/60R22,5; модель XDA2+ ENERGY Michelin (ведущие); 315/80R22,5 модель NF-201 с 315/80R22,5 модель XZE X MultiWay 3D Michelin (рулевые) и 315/80R22,5 модель NR-201 с 315/80R22,5 модель XDE X MultiWay 3D (ведущие). Вывели уравнения зависимости показателей шин от разных факторов. Отметили, что результаты испытаний можно использовать как достоверные исходные данные для разработки математических моделей расчета узлов, агрегатов, автомобилей и автобусов в целом, оборудованных шинами 315/60R22,5 и 315/80R22,5. Провели лабораторные испытания с целью оценки универсальных, нагрузочных, демпфирующих (гистерезисных) и других характеристик шин на универсальном функциональном стенде СИБ-1М. Установили, что наилучшие показатели по силовой неоднородности имеют ЦМК-шины фирмы Michelin, рулевые, низкопрофильные 315/60R22,5 модели XZA2 ENERGY – 0,47-0,89%. Наихудшие показатели имеют высокопрофильные шины ЦМК ведущих колес 315/80R22,5 модели NR-201 ОАО «Нижекамскишина», но все испытанные шины по этому показателю соответствуют ГОСТ 5513-97. По совокупности эксплуатационных показателей (кроме силовой неоднородности) нижекамские шины размера 315/80R22,5 находятся на одном уровне с шинами Michelin. Предложили в связи с интенсивным использованием грузовых автомобилей «КАМАЗ» в сельскохозяйственном производстве, провести дальнейшие исследования по определению оптимальных эксплуатационных показателей шин.

Ключевые слова: грузовые автомобили, цельнометаллические корды, шины, стендовые испытания, эксплуатационные показатели.

В современном машиностроении полиамидные и капроновые корды для шин грузовых магистральных автомобилей и автобусов все чаще заменяют на цельнометаллические корды (ЦМК). На выставке «Шины, резина-технические изделия и каучуки 2014» до 83% представленных грузовых шин имели ЦМК [1-4].

В основном экспонировались шины с соотноше-

нием высоты H профиля шины к ее ширине B , равным 0,8; 0,7 и 0,6. Шины с отношением $(H/B)=0,8$ имеют лучшие показатели при движении по дорогам с некачественным покрытием (имеющим неровности), грунтовым дорогам, гравийному шоссе и «бельгийской мостовой». Шины с $(H/B)=0,6$ предназначены для движения по автострадам, асфальтовому и бетонному шоссе, не имеющим не-

ровностей. Они обладают преимуществами при выполнении поворотов, «переставки» и обгона. Шины с $(H/B)=0,7$ занимают промежуточное положение по эксплуатационным показателям. Они обеспечивают удовлетворительное выполнение поворотов, обгонов и переставки на магистралях и в то же время дают возможность двигаться с малыми скоростями по шоссе с неровностями и «бельгийской мостовой» [5, 6].

Мировой лидер в производстве ЦМК-шин, безусловно, – фирма *Michelin*. В России производство таких шин освоили ОАО «Ярославский шинный завод» и ОАО «Нижекамскшина». Следует отметить, что при росте объемов производства ЦМК-шин их характеристики пока исследованы в недо-

статочной степени. Численные значения коэффициентов жесткости, демпфирования, тягово-сцепных свойств у них в 1,5-2 раза лучше аналогичных показателей обычных шин.

Цель исследования – уточнение основных эксплуатационных показателей ЦМК-шин.

Материалы и методы. Были проведены стендовые сравнительные испытания с зарубежными аналогами в Федеральном исследовательском испытательном центре машиностроения.

В ходе радиальной обжимки определяли: массо-геометрические показатели; радиальную жесткость, зависимости боковой деформации от боковой силы и боковой силы от угла увода; зависимости тангенциальной деформации от тангенциальной си-

лы и зависимости угла закрутки шины от крутящего момента. В восьми сечениях изучали силовую неоднородность шин (рис. 1).

Качество шин оценивали по нормативным показателям в соответствии с ГОСТ 5513-97 [3]. Для шин-аналогов 315/60R22,5 и 315/80R22,5 моделей XZA2 и XDEX обжимку проводили по соответствующим им нагрузочным рядам, приведенным в каталоге фирмы *Michelin*. В результате обжимки оценивали средний расчетный прогиб шин h_p , коэффициент радиальной жесткости шин C_z и коэффициент поглощения энергии K_n . Влияние нагрузки и давления воздуха на радиальный прогиб представили в виде эмпирической зависимости:

$$h_z = h_{z0} + \alpha \frac{G_z}{\sqrt{P_w}}, \quad (1)$$

где h_z – радиальный прогиб шины, мм,
 h_{z0} – коэффициент, постоянный для данной шины, мм,
 α – коэффициент, постоянный для данной шины, кН, кПа·мм,
 G_z – нормальная нагрузка на шину, кН,
 P_w – внутреннее давление воздуха в шине, кПа.

В соответствии с ГОСТ 17967-72 радиальную жесткость шины определяем по формуле:

$$C_z = \frac{\Delta G_z}{\Delta h_z}, \quad (2)$$

где ΔC_z – приращение нормальной нагрузки на шину, кН,
 Δh_z – приращение радиального прогиба шины, мм.

Тогда с учетом (1) и (2) выражение для определения радиальной жесткости шины примет вид:

$$C_z = \frac{\Delta G_z}{h_z - h_{z0}} = \frac{\sqrt{P_w}}{\alpha}, \quad (3)$$

Влияние давления воздуха на коэффициент рассеивания энергии в шине представили в виде полуэмпирической зависимости:

$$K_n = K_{n0} + \frac{a}{P_w}, \quad (4)$$

где K_n – коэффициент гистерезисных потерь, оцениваемый отношением площади петли гистерезиса к площади криволинейного треугольника под петлей гистерезиса при заданном давлении воздуха в координатах $G_z = f(h_z)$;

K_{n0} – постоянный безразмерный коэффициент, характеризуется асимптотой, к которой стремится гипербола при бесконечном увеличении давления воздуха;

a – величина, постоянная для конкретной модели шины, кПа;

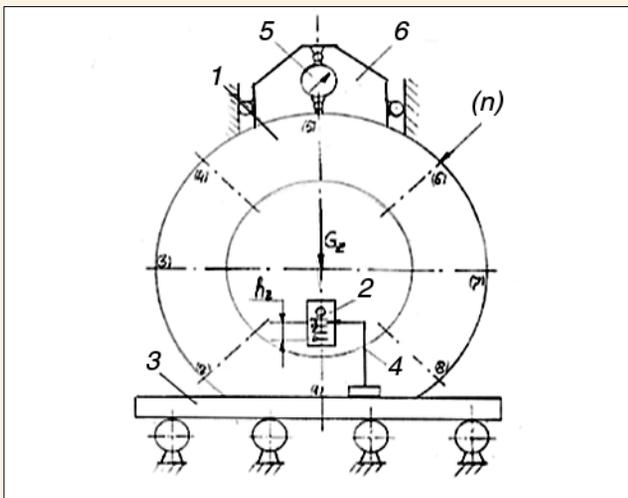


Рис. 1. Определение неоднородности шин на стенде с плоской опорной поверхностью: 1 – испытываемая шина 315/80R22,5 мод. NF-201; 2 – измеритель радиальной деформации h_z ; 3 – подвижный стол стенда; 4 – измеритель радиальной деформации шины h_z с удвоителем; 5 – тензозвено радиальной нагрузки G_z ; 6 – подвижная вертикальная каретка стенда; (n) – восемь сечений для измерения неоднородности шин

статочной степени. Численные значения коэффициентов жесткости, демпфирования, тягово-сцепных свойств у них в 1,5-2 раза лучше аналогичных показателей обычных шин.

Цель исследования – уточнение основных эксплуатационных показателей ЦМК-шин.

Материалы и методы. Были проведены стендовые сравнительные испытания с зарубежными аналогами в Федеральном исследовательском испытательном центре машиностроения.

В ходе радиальной обжимки определяли: массо-геометрические показатели; радиальную жесткость, зависимости боковой деформации от боковой силы и боковой силы от угла увода; зависимости тангенциальной деформации от тангенциальной си-

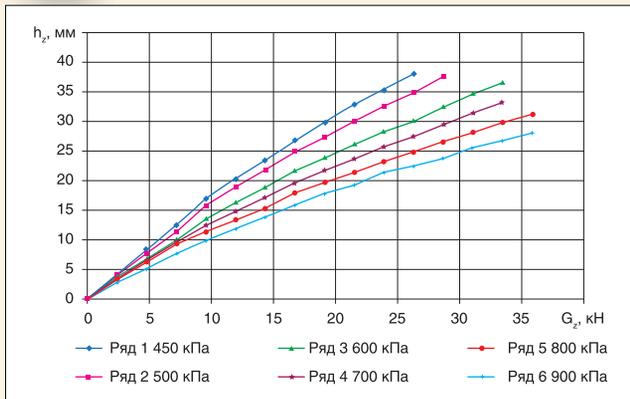


Рис. 2. Зависимость величины деформации h_z от нагрузки G_z при различных давлениях в рулевой шине 315/60R22,5 модели NF-201, производства ОАО «Нижнекамскшина»

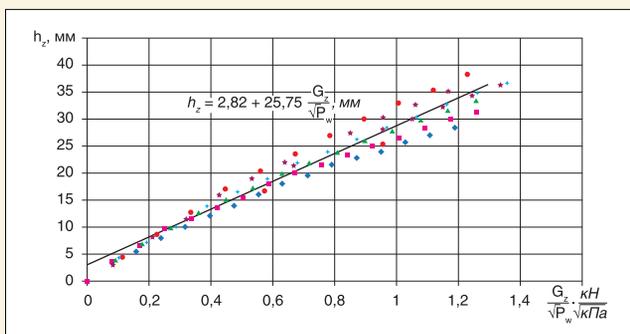


Рис. 3. Аппроксимация корреляционной зависимости h_z от величины деформации рулевой шины 315/60R22,5 модели NF-201, производства ОАО «Нижнекамскшина»

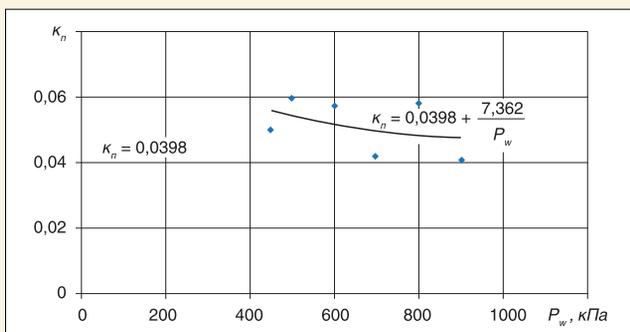


Рис. 4. Зависимость демпфирующих свойств шины K_D от давления воздуха P_w в рулевой шине 315/60R22,5, модели NF-201, производства ОАО «Нижнекамскшина»

P_w – давление воздуха в шине, кПа.

Выявлены нагрузочная и универсальная характеристики рулевой шины 315/60R22,5 модели NF-201, производства ОАО «Нижнекамскшина», а также зависимость гистерезисных потерь от давления воздуха (рис. 2-4).

В соответствии с программой испытаний определили зависимость боковой деформации от боковой силы и исследовали боковой увод. Эти свойства шин оказывают большое влияние на работу показателей устойчивости и управляемости авто-

мобиля [3, 4].

Жесткость шины в боковом направлении определили следующим образом:

$$C_y = \frac{dP_y}{dh_y}, \quad (5)$$

где P_y – давление боковое;

h_y – перемещение боковое.

Коэффициент боковой жесткости находим по формуле:

$$K_y = \frac{Y_\delta}{h_\delta}, \quad (6)$$

где Y_δ – боковая сила, приложенная к оси вращения колеса, кН;

h_δ – боковая деформация шины от действия боковой силы Y_δ , мм.

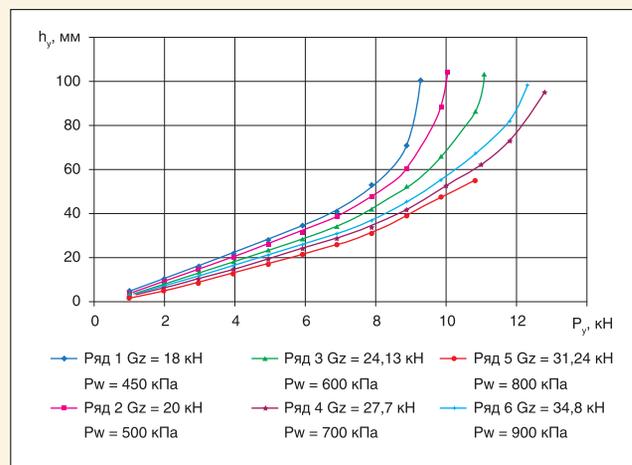


Рис. 5. Зависимость боковой деформации шины h_y от бокового давления P_y при различных нагрузках

Боковой увод автомобильного колеса оценивали величиной угла $\delta_{y\delta}$ бокового увода или коэффициентом $K_{y\delta}$ сопротивления боковому уводу. Последний представляет собой производную боковой силы по углу увода:

$$K_{y\delta} = \frac{dY}{d\delta_{y\delta}}, \quad (7)$$

где $\delta_{y\delta}$ – угол увода, град.

При испытаниях шин по определению бокового увода задавали угол увода δ и измеряли соответствующую боковую силу P_y .

Зависимость коэффициентов сопротивления боковому уводу K от углов увода δ представлена на рисунке 5.

В результате испытаний установлено, что радиальные ЦМК-шины имеют наибольший коэффициент сопротивления боковому уводу при малых углах увода 0,5-2,0°. При дальнейшем росте боковой силы коэффициент сопротивления боковому уводу $K_{y\delta}$ уменьшается. Такая зависимость имеет

форму гиперболы. Отмечено частичное боковое и продольное скольжение шины, катящейся с углами увода более 4,5-6°.

На основе анализа результатов испытаний 8 моделей ЦМК-шин на плоской опорной поверхности установлено, что с увеличением радиальной нагрузки на шину G_z и давления воздуха в ней P_w зависимости $K_{y\beta}$ от угла увода эквидистантно увеличиваются [5, 6].

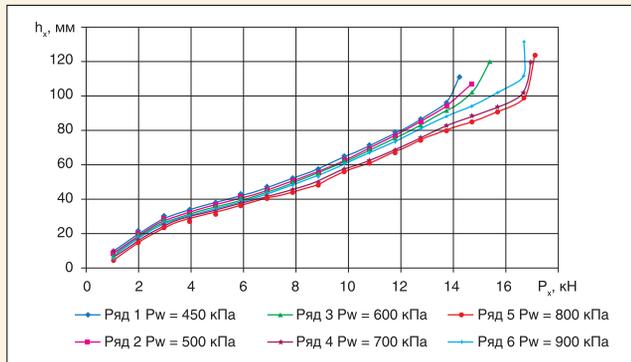


Рис. 6. Зависимость тангенциальной деформации h_x от тангенциальной силы P_x шины 315/60R22,5 модели NF-201 при номинальных нагрузках и номинальных давлениях воздуха

И наоборот, снижение G_z и P_w эквидистантно уменьшает $K_{y\beta}$ в зависимости от увеличения угла увода.

Для вывода аналитических формул, определяющих зависимости коэффициентов сопротивления боковому уводу от углов увода, нагрузки на шину, давления воздуха в ней, требуются исследования с ЦМК-шинами на плоской опорной поверхности в объеме не менее 25 объектов испытаний с различными геометрическими размерами, рисунками протектора и нагрузочными рядами.

Зависимости продольных деформаций от продольных сил для испытанных шин представлены на рисунке 6.

Крутильную жесткость автомобильного колеса оценивают величиной угла закрутки протектора от приложенного к колесу крутящего момента $M_{кр}$. Коэффициент крутильной жесткости шины представляет собой производную крутящего момента по углу закрутки шины:

$$C_\beta = \frac{dM}{d\beta}, \quad (8)$$

где dM – производная крутящего момента, приложенного к колесу, кН·м;

$d\beta$ – производная угла закрутки шины от крутящего момента, град.

При испытаниях шин на крутильную жесткость задавали крутящий момент $M_{кр}$ и измеряли соот-

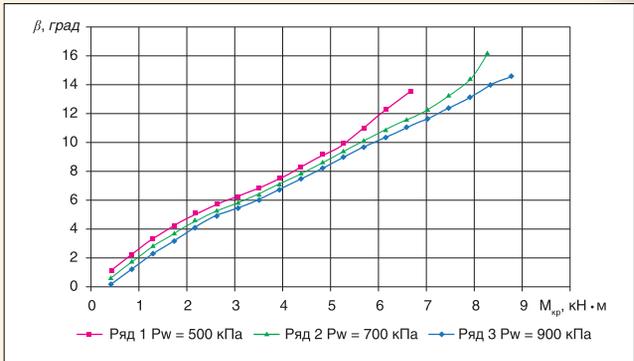


Рис. 7. Зависимость угла закрутки β от крутящего момента $M_{кр}$ шины 315/60R22,5 модели XZA2 ENERGY фирмы Michelin при номинальных нагрузках и номинальных давлениях воздуха

ветствующий ему угол закрутки.

Зависимость соответствующих углов закрутки шины от крутящих моментов $M_{кр}$ представлена на рисунке 7.

Неравномерное распределение массы по окружности шины приводит к тому, что жесткость шины C_z не постоянна; силовая неоднородность при качении колеса, различная по своему значению жесткость по окружности шины вызывают при постоянной внешней нагрузке G_z , то рост радиальной деформации, то уменьшение, в зависимости от того, какая зона шины входит в контакт с дорогой. Это явление приводит к колебаниям оси колеса при высокой скорости движения, особенно по хорошим дорогам.

На рисунках 8, 9 показана нагрузочная характеристика шины 315/80R22,5 модели XZE X Multi Way фирмы Michelin.

В настоящее время показатель силовой неоднородности нормируется. В России его связывают с радиальным прогибом и радиальной нагрузкой на шину. Силовая неоднородность должна составлять не более 2,5% для легковых шин и легкогрузовых шин с металлокордом в брекере по ГОСТ 4757-97.

Для ЦМК-шин грузовых автомобилей по межгосударственному стандарту ГОСТ 5513-97 «Шины пневматические для грузовых автомобилей, прицепов к ним, автобусов и троллейбусов» изменение радиальной и боковой силы не должно превышать 5 и 2% соответственно от максимально допустимой нагрузки на сдвоенную шину.

В стендах ОАО «ФИИЦМ» силовую неоднородность определяли по схеме, приведенной на рисунке 1, двумя методами. По первому методу измеряли изменение радиальной силы тензозвеном при качении шины по столу стенда с небольшой скоростью, но при максимальной нагрузке G_z и давлении воздуха P_w с записью гармоник изменения радиальной силы.

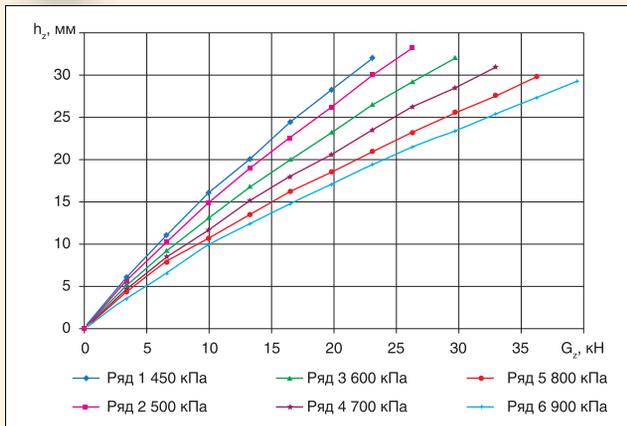


Рис. 8. Нагрузочная характеристика ведущей шины 315/80R22 модели NR-201 производства ОАО «Нижнекамскшина»

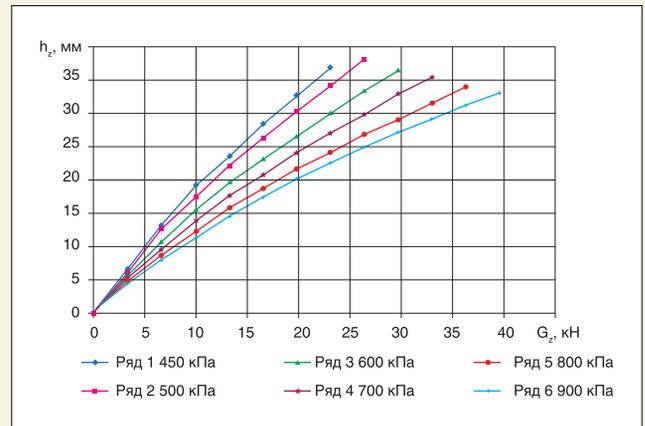


Рис. 9. Нагрузочная характеристика шины 315/80R22.5 модели XZE X MultiWay3D фирмы Michelin

По второму методу более точные значения неоднородности шин были получены обжимкой в восьми сечениях. При этом измеряли радиальную деформацию шин с помощью удвоителя при одной и той же радиальной силе G_z .

В результате испытаний шин на силовую неоднородность установлено, что наилучшие показатели имеют ЦМК-шины фирмы Michelin, рулевые, низкопрофильные 315/60R22,5 модели XZA2 ENERGY. – 0,47-0,89%.

Наихудшие показатели имеют высокопрофильные шины ЦМК ведущих колес 315/80R22,5 модели NR-201 ОАО «Нижнекамскшина», но для спарки все испытанные шины соответствуют ГОСТ 5513-97 [7, 9].

По результатам проведенных сравнительных испытаний можно сделать следующие выводы:

Литература

- Измайлов А.Ю., Кряжков В.М., Антышев Н.М., Елизаров В.П., Келлер Н.Д., Лобачевский Я.П., Сорокин Н.Т., Гурылев Г.С., Савельев Г.С., Сизов О.А., Шевцов В.Г. и др. Концепция модернизации парка сельскохозяйственных тракторов России на период до 2020 года. – М.: ВИМ, 2013. – 84 с.
- Измайлов А.Ю., Евтюшенков Н.Е., Дзоцендзе Т.Д., Левшин А.Т. Бенчмаркинг для грузовых автомобилей сельскохозяйственного назначения // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2012. – № 6. – С. 15-18.
- Годжаев З.А., Евтюшенков Н.Е. Использование на селе автомобиля КамАЗ. Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий: Сб. науч. тр. докл. Междунар. науч.-техн. конф. – М.: ВИМ, 2014. – С. 302-305.
- Кадыров С.В., Прядкин В.И., Русанов А.В., Бриндюк В.Н. Техника для ресурсосберегающих

1. По совокупности эксплуатационных показателей, кроме силовой неоднородности, нижекамские ЦМК-шины размера 315/60R22,5 находятся на одном уровне с ЦМК-шинами Michelin. Силовая неоднородность шин Michelin ниже нижекамских в 2-3 раза. Эта тенденция прослеживается на шинах типоразмеров 285/70R19,5; 315/60R22,5 и 315/80R22,5.

2. По совокупности эксплуатационных показателей (кроме силовой неоднородности) нижекамские шины размера 315/80R22,5 находятся на одном уровне с шинами Michelin. Относительный радиальный прогиб h_z/H для шин 315/80R22,5 производства ОАО «Нижнекамскшина» и фирмы Michelin имеет малую величину 0,12-0,13. Лучшие зарубежные образцы имеют относительный радиальный прогиб равен $(h_z/H)=0,17$ [5, 9].

технологий // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2012. – № 2. – С. 44-47.

5. Годжаев З.А., Гончаренко С.В. Идентификация шин по эксплуатационным показателям // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2007. – № 7 – С. 23-25.

6. Измайлов А.Ю., Годжаев З.А., Прядкин В.И. Выбор параметров шин сверхнизкого давления для мобильных средств химизации // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 4. – С. 14-17.

7. Единая методика испытаний и оценки шин тяговых машин в лабораторных и полевых условиях: Отчет НАТИ. Арх. № 23517. – М., 1981.

8. Станкевич Э.Б., Лозин А.С., Гончаренко С.В., Талютова В.В. Оценка сопротивления качению тракторных колесных движителей. Тракторы и сельхозмашины. 1989. – № 4. С. 10-12.

9. «Отраслевая методика испытаний и оценки тягово-сцепных свойств шин в лабораторных и полевых условиях». Отчет НАТИ, ВНИИЦ 02850036255. – М., 1984.

COMPUTATIONAL AND EXPERIMENTAL EVALUATION OF TECHNICAL CHARACTERISTICS OF TRUCKS TIRES

Z.A.Godzhaev¹, S.V.Goncharenko², D.Kh.Valeev³, V.S.Karabtsev³

¹All-Russia Research Institute of Mechanization for Agriculture, 1st Institutskiy proezd, Moscow, 109428, Russian Federation, e-mail: fic51@mail.ru

²Federal Research Testing Center of Mechanical Engineering Industry, NATI str., 13, vil. Novyy Byt, Chekhov district, Moscow region, 142322, Russian Federation

³KAMAZ PTC, Avtozavodskiy av., 2, Naberezhnye Chelny, Republic of Tatarstan, 423827, Russian Federation

Now improvement of technological design specification of trucks tires develops very much. In modern mechanical engineering polyamide and kapron cords for tires of line-haul trucks and buses are replaced with all-metal ones (AMC) even more often. It was defined that at increase in AMC tires production their technical characteristics were investigated insufficiently. In this regard there were carried out bench tests to compare the main operational indicators of domestic (JSC Nizhnekamskshina production) and foreign tires with an all-metal cord: 315/60R22.5 the NF-201 model with 315/60R22.5 the XZA2 ENERGY Michelin model (steering); 315/60R22.5 the NR-201 model with 315/60R22.5 the XDA2+ ENERGY Michelin model (drive); 315/80R22.5 the NF-201 model with 315/80R22.5 the 3D Michelin XZE X MultiWay model (steering); 315/80R22.5 the NR-201 model with 315/80R22.5 the 3D XDE X MultiWay model (drive). The laboratory researches were carried out for the purpose of an assessment of the universal, load, damping (hysteresis) and other characteristics of tires with use of the universal functional SIB-1M test-bench. It was established that Michelin AMC tires of steering low-profile 315/60R22.5 XZA2 ENERGY models have the best indicators on power heterogeneity – 0.47-0.89 percent. The high-profile AMC tires of drive wheels 315/80R22.5 of the NR-201 model of JSC Nizhnekamskshina have the worst indicators. However, all the tested tires correspond to GOST 5513-97 on this indicator. It was noted that Nizhnekamsk AMC tires of the size 315/60R22.5 are flush with AMC tires Michelin on set of operational indicators, except power heterogeneity, and last one of Michelin tires is lower than Nizhnekamsk ones by 2-3 times. It was suggested to conduct further researches on definition of optimum operational tires indicators because of an intensive use of KAMAZ trucks in agricultural production.

Keywords: Trucks; All-metal cords; Tires; Bench tests; Operational indicators.

References

1. I. Izmaylov A.Yu., Kryazhkov V.M., Antyshev N.M., Elizarov V.P., Keller N.D., Lobachevskiy Ya.P., Sorokin N.T., Gurylev G.S., Savel'ev G.S., Sizov O.A., Shevtsov V.G., 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 until 2020]*. Moscow: VIM, 2013. 84 pp. (Russian).

2. Izmaylov A.Yu., Evtuyshenkov N.E., Dzotsenidze T.D., Levshin A.T. *Benchmarking dlya gruzovykh avtomobiley sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya [Benchmarking for trucks of agricultural purpose]*. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2012. No. 6. pp. 15-18 (Russian).

3. Godzhaev Z.A., Evtuyshenkov N.E. *Ispol'zovanie na sele avtomobilya KamAZ [Use of the KAMAZ truck in the village]*. *Innovatsionnoe razvitie APK Rossii na baze intellektual'nykh mashinnykh tekhnologiy: Sb. nauch. tr. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.* Moscow: VIM, 2014. pp. 302-305 (Russian).

4. Kadyrov S.V., Pryadkin V.I., Rusanov A.V., Brindyuk V.N. *Tekhnika dlya resursosberegayushchikh tekhnologiy [Machinery for resource-saving technologies]*. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2012. No. 2. pp. 44-47 (Russian).

5. Godzhaev Z.A., Goncharenko S.V. *Identifikatsiya*

shin po ekspluatatsionnym pokazatelyam [Tires identification on operational indicators]. *Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny*. 2007. No. 7. pp. 23-25 (Russian).

6. Izmaylov A.Yu., Godzhaev Z.A., Pryadkin V.I. *Vybor parametrov shin sverkhnizkogo davleniya dlya mobil'nykh sredstv khimizatsii [Choice of parameters of ultralow pressure tires for mobile chemization equipment]*. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2014. No. 4. pp. 14-17 (Russian).

7. *Edinaya metodika ispytaniy i otsenki shin tyagovykh mashin v laboratornykh i polevykh usloviyakh [Uniform technique of tests and assessment of tires of traction cars in laboratory and field conditions]*: *Otchet NATI. Arkh. № 23517*. Moscow, 1981 (Russian).

8. Stankevich E.B., Lozin A.S., Goncharenko S.V., Talyutova V.V. *Otsenka soprotivleniya kacheniyu traktornykh kolesnykh dvizhiteley [Assessment of rolling resistance of tractor wheeled driving machines]*. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 1989. No. 4. pp. 10-12 (Russian).

9. *Otraslevaya metodika ispytaniy i otsenki tyagovo-stsepykh svoystv shin v laboratornykh i polevykh usloviyakh [Branch technique of tests and assessment of tires roadhold in laboratory and field conditions]*: *Otchet NATI, VNTITs 02850036255*. Moscow, 1984 (Russian).

УДК 61-74: 635.25 /26

КАТУШЕЧНО-ВИЛЬЧАТЫЙ ВЫСАЖИВАЮЩИЙ АППАРАТ ДЛЯ ОРИЕНТИРОВАННОЙ ПОСАДКИ ЛУКА-СЕВКА

АКСЁНОВ А.Г.¹,
канд. техн. наук,

ЕМЕЛЬЯНОВ П.А.²,
докт. техн. наук,
профессор,

ОВТОВ В.А.²,
канд. техн. наук,

СИБИРЁВ А.В.¹,
аспирант

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

²Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, ул. Ботаническая, 30, Пенза, 440014, Российская Федерация

Посадка лука-севка – основополагающая операция при реализации технологического процесса возделывания лука. Основным недостатком машин для посадки лука-севка остается групповой отбор луковиц из общей массы высаживающими аппаратами, а не поштучный, из-за чего посадка луковиц в требуемом положении затруднительна. Отметили, что при разработке высаживающих аппаратов для посадки луковых культур необходимо обеспечить оптимальный баланс между производительностью и качественными показателями посадки (равномерность распределения луковиц вдоль ряда и количество луковиц, посаженных донцем вниз). Установили, что наиболее перспективными являются катушечные высевальные аппараты. Определили их основные недостатки – повреждение семян и отсутствие ориентации луковиц донцем вниз, при этом равномерность распределения составляет около 40 процентов. Предложили ориентирующее устройство – ориентирующие воронки. Разработали катушечно-вильчатый высаживающий аппарат для ориентированной посадки лука-севка, осуществляющий поштучный отбор луковиц из бункера и подачу их в семяпровод донцем вниз для сбрасывания в борозду. Исследования подтвердили, что предложенная конструкция обеспечивает стабильное выполнение технологического процесса по посадке луковиц.

Ключевые слова: посадка, лук-севок, ориентированная посадка луковиц, катушечно-вильчатый высаживающий аппарат.

Посадка луковиц – наиболее ответственная операция при возделывании луковых культур, так как при этом необходимо обеспечить равномерность распределения луковиц вдоль ряда и ориентированную подачу их в почву донцем вниз с последующим сохранением первоначального положения при заделке почвой [1-4].

Для посадки луковиц применяют как высевальные (катушечные), так и высаживающие (вильчатые, ложечные, ленточные) аппараты, принципиально отличающиеся между собой технологическим процессом. Высевальные аппараты осуществляют групповой отбор луковиц и подачу их в семяпровод, в то время как высаживающие аппара-

ты отбирают луковицы поштучно, фиксируют их и транспортируют к месту сброса в борозду.

Из существующих в настоящее время устройств, применяемых на посадке луковых культур, наибольшее распространение получили катушечные высевальные аппараты, а также вильчатые, ложечные и ленточные.

Кратко рассмотрим достоинства и недостатки каждого из них.

Катушечный высевальный аппарат содержит корпус с семенным каналом, между боковинами которого на приводном валу установлена катушка с наклонными желобками [5].

Его достоинства – простота конструкции и вы-

сокая производительность. К недостаткам следует отнести отсутствие устройства, обеспечивающего ориентацию луковиц донцем вниз, их повреждаемость при выборе из бункера и высокую неравномерность распределения вдоль ряда.

Вильчатый высаживающий аппарат имеет бункер с прорезью и транспортер с вильчатыми захватами, выполненными в виде стержней, которые расположены под острым углом друг к другу [6]. Ложечные высаживающие аппараты, применяемые на сажалках испанской фирмы *JJ Broch*, отличаются от вильчатых видом захватов, которые выполнены в виде ложечек.

Достоинством этих устройств служит более высокая равномерность распределения луковиц вдоль ряда, в сравнении с катушечными высевальными аппаратами. К недостаткам данных высаживающих аппаратов следует отнести сложность конструкции, отсутствие устройства, обеспечивающего ориентацию луковиц донцем вниз, захват двух или трех луковиц, из-за чего возможна неравномерность их раскладки вдоль ряда. Все это снижает урожайность луковых культур.

Еще один вариант ленточного высаживающего аппарата включает в конструкцию бункер с ворошилкой и транспортер с эластичной лентой, имеющей цилиндрические гнезда [7]. Ленточные высаживающие аппараты посадочных машин *Koningsplanter* отличаются отсутствием гнезд в ленте.

К достоинствам ленточных высаживающих аппаратов относят высокую производительность, а к недостаткам – отсутствие устройства, обеспечивающего ориентацию луковиц донцем вниз, их повреждаемость при выборе из бункера, возможную неравномерность раскладки луковиц вдоль ряда.

Из представленного анализа видно, что высокая производительность устройств сопровождается ухудшением качества посадки луковичных культур: распределение луковиц вдоль ряда неравномерное, вероятность ориентации луковиц донцем вниз низкая. Качественная посадка возможна с помощью устройств, имеющих более сложную конструкцию и низкую производительность, но и они не соответствуют в полной мере условию расположения луковиц донцем вниз [8].

Высевающие (катушечные) и высаживающие (вильчатые, ложечные, ленточные) аппараты различаются технологическим процессом. Первые осуществляют групповой отбор луковиц и подачу их в семяпровод, в то время как вторые отбирают луковицы поштучно, фиксируют их и транспортируют к месту сброса в борозду [9].

Цель исследований – разработка катушечно-вильчатого высаживающего аппарата для ориентированной посадки луковых культур, обеспечи-

вающего оптимальный баланс между производительностью и качественными показателями посадки (равномерностью распределения луковиц вдоль ряда и количеством луковиц, посаженных донцем вниз).

Материалы и методы. Проведя сравнительный анализ устройств для посадки луковых культур, установили, что наиболее перспективными для дальнейшего развития могут быть катушечные высевальные аппараты как наиболее производительные и простые по конструкции. Их совершенствование следует проводить в направлении повышения качественных показателей работы.

Рассмотрим подробнее недостатки катушечного аппарата и варианты их устранения. Основной из них – групповой отбор луковиц из бункера и дальнейшая их подача в семяпровод. В этом случае распределение луковиц происходит по теории вероятности и не поддается регулированию, в результате чего на практике равномерность распределения составляет не более 40%, что не соответствует агротехническим требованиям. Для поштучного отбора луковиц можно вместо существующих реборд применить на катушке вильчатые захваты.

Еще один существенный недостаток – повреждение семян при работе катушки. В процессе работы они находятся над катушкой и создают давление на нижние слои, в том числе и на семена, находящиеся в желобках катушки. При вращении катушки происходит соударение между семенами и поверхностью катушки с усилием, достаточным для их повреждения или разрушения, то есть происходит дробление семян. Для предотвращения данного недостатка имеет смысл заключить катушку в корпус, расположенный на дне бункера, где будет обеспечиваться подача луковиц с торцов катушки, а не сверху.

И наконец, главный недостаток, присущий не только катушечным аппаратам, – отсутствие устройства, обеспечивающего ориентацию луковиц донцем вниз. Основной сдерживающий фактор применения ориентирующих устройств – усложнение конструкции посадочных машин и снижение производительности. С учетом этого наиболее целесообразно использовать ориентирующие устройства щеточного типа, а именно ориентирующие воронки.

Мы предложили конструкцию катушечно-вильчатого высаживающего аппарата, осуществляющего поштучный отбор луковиц из бункера и подачу их в семяпровод, где они ориентируются донцем вниз и в таком положении сбрасываются в борозду.

Результаты и обсуждение. Катушечно-вильчатый высаживающий аппарат (рис. 1) состоит из корпуса 1 и катушки 2 (с желобками, образованны-

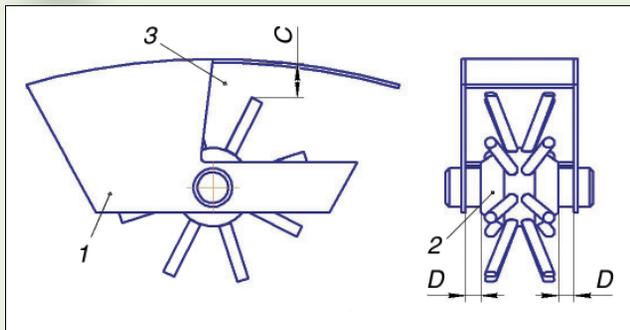


Рис. 1. Схема катушечно-вилчатого высаживающего аппарата для ориентированной посадки луковичных культур (без семяпровода)

ми вилчатыми захватами), установленной на валу высаживающего аппарата, и ориентирующего питателя-семяпровода 3.

Катушка предназначена для поштучной подачи луковиц в семяпровод. Ее вилчатые захваты (рис. 2), выполнены в виде стержней, которые расположены под острым углом друг к другу, причем расстояние B между стержнями у основания меньше диаметра высаживаемых луковиц. Расстояние A между вилчатыми захватами, измеренное по касательной, проведенной к основанию катушки, больше диаметра высаживаемых луковиц. Такая конструкция позволяет осуществлять поштучный отбор и подачу луковиц в семяпровод независимо от фракции высаживаемых луковиц.

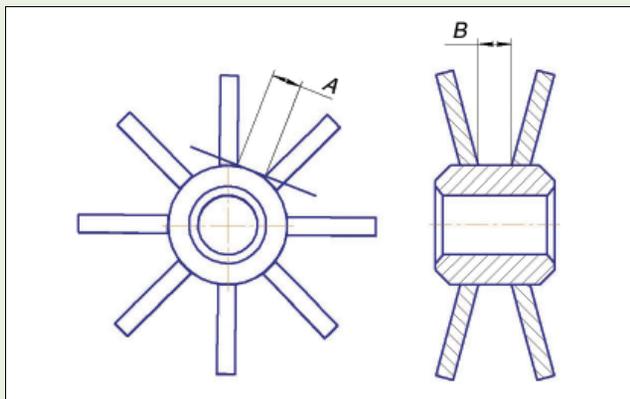


Рис. 2. Схема конструкции катушки

Катушка (рис. 1) размещена в корпусе, в боковых стенках которого выполнены прорези таким образом, чтобы напротив прорези располагался сектор катушки размером не менее 90° . При этом расстояние C между верхними концами стержней вилчатых захватов и крышкой корпуса больше минимального диаметра и меньше максимального диаметра высаживаемых луковиц, а расстояние D между торцами катушки и боковыми стенками корпуса меньше минимального диаметра высаживаемых луковиц.

Ориентирующий питатель-семяпровод предназначен для поштучного транспортирования и ориентирования луковиц вешкой вниз на отрезке от высаживающего аппарата к сошнику. Он имеет два изгиба, образующие три участка. На конце третьего участка установлена воронка с эластичной боковой поверхностью из отдельных упругих элементов, сила упругости которых меньше силы тяжести высаживаемых луковиц, но в то же время позволяет им возвращаться в исходное положение после прохождения луковицы через воронку. Диаметр выходного отверстия воронки в исходном положении меньше диаметра высаживаемых луковиц.

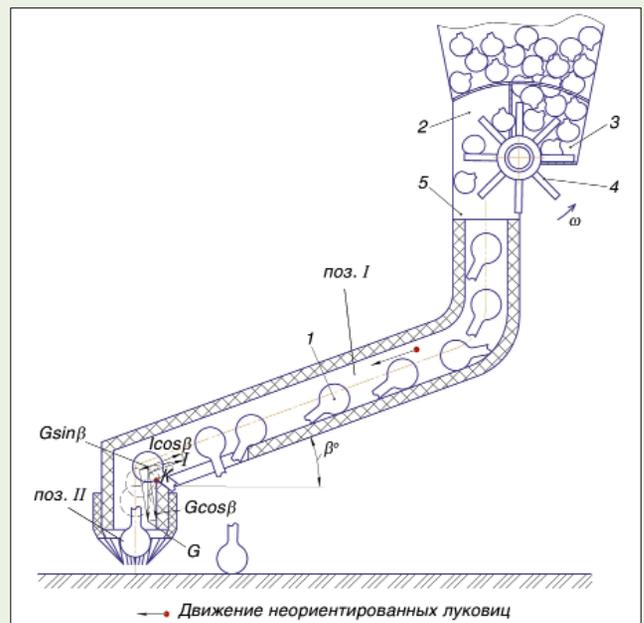


Рис. 3. Схема работы катушечно-вилчатого высаживающего аппарата для ориентированной посадки луковых культур

Катушечно-вилчатый высаживающий аппарат работает следующим образом (рис. 3). Луковицы 1 попадают в корпус 2 аппарата через прорези 3 и самопроизвольно располагаются в желобках катушки 4, которая совершает вращательное движение и транспортирует луковицы в семяпровод 5. При посадке крупных луковиц (диаметром до 40 мм) между вилчатыми захватами может расположиться не более одной луковицы. При посадке луковиц мелкой фракции (диаметром 10-14 мм) при попадании двух и более луковиц в желобок одна из них располагается у основания катушки, а остальные на ней. Так как расстояние между стержнями у основания катушки меньше диаметра луковицы, то она захватывается и подается в семяпровод, а остальные проходят между стержнями и таким образом выносятся из желобка.

Луковицы, поштучно подаваемые в ориентиру-

ющий питатель-семяпровод, выстраиваются по одной и движутся поступательно (*позиция I*). Чтобы все луковицы подавались к сошнику вешкой вверх (*позиция II*), при сходе со второго участка необходимо обеспечить их продвижение вешкой вниз. С этой целью выполнен сквозной паз длиной l , позволяющий луковице повернуться вешкой вниз, чтобы в последующем при сходе со второго участка питателя-семяпровода за счет момента, создаваемого силами инерции, тяжести и трения относительно опорной точки, луковица развернулась вешкой вверх, попала в воронку с эластичными элементами, соединенную с сошником, и легла донцем вниз в борозду.

В соответствии с обоснованием конструктивной схемы [10, 11], изготовлена модель катушечно-вильчатого высаживающего аппарата. Исследования подтвердили, что предложенная конструк-

ция обеспечивает стабильное выполнение технологического процесса по посадке луковиц.

Однако их необходимо продолжить для определения конструктивных и режимных параметров катушечно-вильчатого высаживающего аппарата.

Выводы

1. Предложена конструктивная схема катушечно-вильчатого высаживающего аппарата для ориентированной посадки луковых культур и аналитически обоснованы некоторые его параметры.

2. Изготовлена модель катушечно-вильчатого высаживающего аппарата для ориентированной посадки луковых культур.

3. Подтверждена работоспособность обоснованной конструктивной схемы.

4. Создан экспериментальный образец катушечно-вильчатого высаживающего аппарата для ориентированной посадки луковых культур.

Литература

1. Емельянов П.А., Сибирёв А.В., Аксёнов А.Г. Устройство для заделки луковиц в борозде // *Сельский механизатор*. – 2014. – № 7. – С. 13-14.

2. Гануш Г.И., Давидович Н.Н. Формирование конкурентных преимуществ продукции овощеводства // *Вестник Алтайского государственного университета*. – 2007. – № 1. – С. 83.

3. Емельянов П.А. Ориентирование луковиц в воронках с упругими элементами // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. – 2010. – № 10. – С. 45.

4. Измайлов А.Ю. Повышение уровня использования транспорта в сельском хозяйстве // *Техника в сельском хозяйстве*. – 2006. – № 2. – С. 8-10.

5. А. с. № 685180. Катушечный высевной аппарат / Ю.А.Моргунов, В.С.Мазурик, В.Е.Чернышева, С.А.Манякин, Г.Д.Бандуровский. – № 685180; Заявл. 21.04.1978; Оpubл. 15.09.1979, Бюл. № 23.

6. А. с. № 1463159. Высевной аппарат / В.А.Соколов, Ю.А.Моргунов, А.Г.Теперенко, Е.Б.Шинкевич, Ю.Н.Мумыга, В.М.Храмов – № 1463159; Заявл. 01.10.1985; Оpubл. 07.03.1989, Бюл. № 21.

7. А. с. № 1457835. Высевной аппарат / З.Н.Эминбейли, С.А.Асанов, М.М.Багир-Заде, М.А.Мирзоев – № 1457835; Заявл. 03.09.1986; Оpubл. 15.02.1989, Бюл. № 27.

8. Емельянов П.А., Аксёнов А.Г. Теоретические исследования рабочего процесса вибрационно-пневматического высаживающего аппарата при ориентированной посадке лука-севка // *Нива Поволжья*. – 2011. – № 2. – С. 60-64.

9. Емельянов П.А., Сибирёв А.В. Теоретические исследования технологического процесса заделки луковиц лука-севка в борозде дисковым заделывающим органом с почвоустройствами // *Нива Поволжья*. – 2014. – № 2. – С. 51-58.

10. Колчин Н.Н., Алакин В.М., Плахов С.А. Взаимодействие клубней с рабочей поверхностью виброротационной сортировки // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2014. – № 2. – С. 29-34.

11. Михеев В.В. Система машинных технологий и машин ресурсосберегающего возделывания сахарной свеклы // *Система технологий и машин для инновационного развития АПК России: Сб. науч. докл. Междунар. науч.-техн. конф. Т. I. – Москва: ВИМ, 2013. – С. 175-181.*

FORKED-ROLLER FEED MECHANISM FOR SEED ONION ORIENTED PLANTING

A.G.Aksenov¹, P.A.Emel'yanov², V.A.Ovtov², A.V.Sibirev¹

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

²Penza State Agricultural Academy, Botanicheskaya St., 30, Penza, 440014, Russian Federation

Seed onion planting is fundamental operation at realization of technological process of onions cultivation. The main lack of bulb planters is a group picking of bulbs from overall mass by planting devices, but not single-piece wherefore planting of bulbs in demanded orientation is problematic. It was noted that when developing of bulb

planters for planting of bulbous cultures it is necessary to provide optimum balance between productivity and quality indicators of planting: uniformity of distribution along a row and quantity of the bulbs with a stem below. It was established that the roller feeds are most perspective. There were defined their main shortcomings: seeds damage and lack of bulbs stem below orientation. Thus, uniformity of distribution makes about 40 percent. A special device with the orienting funnels was suggested. A forked-roller feed for the oriented seed onion planting for the oriented planting of seed onion carrying out single-piece picking of bulbs from the bunker and their giving in seed tube at below stem orientation for planting in a furrow was worked out. Researches confirmed that the suggested design provides stable performance of technological process of bulbs planting.

Keywords: Planting; Seed onion; Oriented bulbs planting; Forked-roller feed.

References

1. Emel'yanov P.A., Sibirev A.V., Aksenov A.G. *Ustroystvo dlya zadelki lukovits v borozde* [Device for bulbs embedding in furrow]. *Sel'skiy mekhanizator*. 2014. No 7. pp. 13-14 (Russian).
2. Ganush G.I., Davidovich N.N. *Formirovanie konkurentnykh preimushchestv produktsii ovoshchevodstva* [Formation of competitive advantages of production of vegetable growing]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2007. No. 1. pp. 83 (Russian).
3. Emel'yanov P.A. *Orientirovanie lukovits v voronkakh s uprugimi elementami* [Bulbs orientation in funnels with elastic elements]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva*. 2010. No. 10. pp. 45 (Russian).
4. Izmaylov A.Yu. *Povyshenie urovnya ispol'zovaniya transporta v sel'skom khozyaystve* [Increase of level of transport use in agriculture]. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve*. 2006. No. 2. pp. 8-10 (Russian).
5. A. s. No 685180. *Katushechnyy vysevayushchiy apparat* [Planting roller device]. Yu.A. Morgunov, V.S. Mazurik, V.E. Chernysheva, S.A. Manyakin, G.D. Bandurovskiy. – № 685180; *Zayavl.* 21.04.1978; *Opubl.* 15.09.1979, *Byul.* № 23 (Russian).
6. A. s. No 1463159. *Vysevayushchiy apparat* [Planting device]. V.A. Sokolov, Yu.A. Morgunov, A.G. Teperenko, E.B. Shinevich, Yu.N. Mumyga, V.M. Khramov. No 1463159; *Zayavl.* 01.10.1985; *Opubl.* 07.03.1989, *Byul.* № 21 (Russian).
7. A. s. No 1457835. *Vysevayushchiy apparat* [Planting device]. Z.N. Eminbeyli, S.A. Asanov, M.M. Bagir-Zade, M.A. Mirzoev. No 1457835; *Zayavl.* 03.09.1986; *Opubl.* 15.02.1989, *Byul.* No. 27 (Russian).
8. Emel'yanov P.A., Aksenov A.G. *Teoreticheskie issledovaniya rabocheho protsessa vibratsionno-pnevmaticheskogo vysazhivayushchego apparata pri orientirovannoy posadke luka-sevka* [Theoretical researches of operating process of the vibration and pneumatic planting mechanism at the oriented planting of seed onion]. *Niva Povolzh'ya*. 2011. No 2. pp. 60-64 (Russian).
9. Emel'yanov P.A., Sibirev A.V. *Teoreticheskie issledovaniya tekhnologicheskogo protsessa zadelki lukovits luka-sevka v borozde diskovym zadelyvayushchim organom s pochvonapravitelyami* [Theoretical researches of technological process of seed onion bulbs embedding in a furrow by disk cover tool with soil guides]. *Niva Povolzh'ya*. 2014. No. 2. pp. 51-58 (Russian).
10. Kolchin N.N., Alakin V.M., Plakhov S.A. *Vzaimodeystvie klubney s rabochey poverkhnost'yu vibratoratsionnoy sortirovki* [Interaction of tubers with elements of the vibratory sorter working surface]. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2014. No. 2. pp. 29-34 (Russian).
11. Mikheev V.V. *Sistema mashinnykh tekhnologiy i mashin resursosberegayushchego vozdeystviya sakharnoy svekly* [System of machine technologies and machinery for resource-saving sugar beet cultivation]. *Sistema tekhnologiy i mashin dlya innovatsionnogo razvitiya APK Rossii: Sb. nauch. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. T. I. Moscow: VIM, 2013. pp. 175-181 (Russian).*



УДК 66.047

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛО- И МАССОПЕРЕНОСА ПРИ ОСЦИЛЛИРУЮЩЕЙ СУШКЕ ЗЕРНА В МОБИЛЬНОЙ ЗЕРНОСУШИЛКЕ

ГОЛУБКОВИЧ А.В.¹, ПЕХАЛЬСКИЙ И.А.¹, ЛУКИН И.Д.², МАРИН Р.А.¹,
 ДОКТ. ТЕХН. НАУК, КАНД. ТЕХН. НАУК, ГЛ. ИНЖЕНЕР, АСПИРАНТ

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

²Кировская машиноиспытательная станция, ул. Юбилейная, 1, п.г.т. Орчи, Кировская область, 612080, Российская Федерация

Рассмотрели особенности перемещения теплоты и влаги в зерновке и в слое зерна при осциллирующей сушке, одной из энергосберегающих технологий. По сравнению с широко распространенными в сельском хозяйстве технологиями при постоянстве температур агента сушки, она позволяет снизить энергозатраты на 20 процентов при сохранении или увеличении паспортной производительности сушилки. Отметили, что совершенствование технологии и технических средств сушки возможно при математическом моделировании процессов тепло- и массопереноса в зерновке с последующим переходом к слою зерна. Выявили основные условия обеспечения безопасной сушки семян при осциллирующем способе – это снижение длительности воздействия высокотемпературного агента сушки и увеличение его температурного потенциала, что повышает интенсивность процесса и снижает энергозатраты. Рассчитали характеристики режима сушки зерна и параметров сушилки, в том числе продолжительность периодов осциллирующей сушки, температуру высоко- и низкотемпературного агента сушки, длительность отлежки, высоту надсушильного бункера, используемого в качестве теплообменника в мобильной сушилке. В математических моделях учтены перенос влаги и теплоты в ядре и оболочке зерновки при большей допустимой температуре нагрева зерна, по сравнению со способом сушки при неизменной температуре агента. Определили основные параметры процесса и устройства в мобильной зерносушилке. Отметили, что с целью повышения эффективности и энергосбережения сушку следует проводить при температуре нагрева зерна, близкой к предельно допустимой. Выявили, что высота надшахтного бункера (теплообменника) должна быть не менее 0,7 м.

Ключевые слова: осциллирующая сушка, зерно, мобильная зерносушилка, тепло- и массоперенос.

Сушку зерна в сельском хозяйстве в основном ведут при постоянной температуре агента сушки. Однако при этом температура зерна быстро возрастает и достигает предельно допустимых значений, в то время как его влажность остается некондиционной. Это обстоятельство вынуждает использовать агент сушки с пониженной температурой. Но в этом случае возрастают энергозатраты и снижается производительность сушилки. Использование осциллирующего режима (попеременной подачи высоко- и низкотемпературного агента сушки) позволяет проводить процесс практиче-

ски до конца в условиях постоянной скорости сушки, а при наличии зон отлежки – в изотермическом режиме. При этом снижается энергозатратность процесса [1-6].

Цель исследований – расчет параметров процесса и сушилки, в том числе длительности периодов осциллирующей сушки, температуры высоко- и низкотемпературного агента сушки, длительности отлежки, высоты надсушильного бункера, используемого в качестве теплообменника на основе приближенных математических моделей тепло- и массопереноса в зерновке.

Методы и материалы. Математические модели основаны на переносе влаги в зерновке с учетом толщины оболочки зерновки и большей допустимой температуры нагрева зерна, по сравнению со способом сушки при неизменной температуре агента сушки.

Результаты и обсуждение. Примем, что при подаче высокотемпературного агента сушки влагосодержание оболочки зерновки, помещенной в пограничный слой сушилки, приближается к равновесному. Начинается перенос влаги из центральной части зерновки к периферии под влиянием концентрационной диффузии с последующим испарением на поверхности оболочки. При этом скорость агента сушки достаточна для отвода паров.

Массу перенесенной влаги запишем:

$$dM = a_m \rho (U - U_p) / R, \quad (1)$$

где a_m – коэффициент диффузии, м²/с;
 ρ – плотность сухого вещества, кг/м³;
 U, U_p – текущее и равновесное влагосодержание зерновки, кг вл./кг сух.мат.;
 R – радиус зерновки, м.
 Тот же поток влаги можно записать в виде:

$$dM = \frac{GdU}{Fd\tau_n}, \quad (2)$$

где G – масса зерновки, кг;
 F – поверхность массообмена, м²;
 τ_n – длительность продувки высокотемпературным агентом сушки, с.

Приравняв правые части выражений (1) и (2), получим:

$$\frac{a_m \rho (U - U_p)}{R} = \frac{GdU}{Fd\tau_n}. \quad (3)$$

Величину G можно представить в следующем виде:

$$G = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho.$$

Тогда (3) можно записать:

$$d\tau_n = \frac{R^2 dU}{3a_m (U - U_p)}, \quad (4)$$

после интегрирования:

$$\tau_n = \frac{R^2}{3a_m} \ln \frac{U_1 - U_p}{U_2 - U_p}, \quad (5)$$

где U_1, U_2 – влагосодержание зерновки до и после продувки высокотемпературным агентом сушки,

$$U_1 = \frac{U_0 + U_k}{2}; U_2 = \frac{U_0 + U_k}{2}.$$

Влагосодержание U в процессе сушки может меняться, но величину τ_n изменять нецелесообразно. Следует принять $\tau_n = const$ по среднему влагосодержанию зерновки, поэтому $U_1 = \frac{U_0 + U_k}{2}$, где U_0, U_k – начальное и конечное влагосодержание, кг вл./кг

сух.мат., а U_2 равно $\frac{U_0 + U_k}{2} - \Delta U$ (ΔU – допустимый влагосъем, для зерновки семян не более 0,06 кг/кг).

Теплоперенос в зерновке в процессе нагрева можно представить в виде [7]:

$$\alpha f \eta (t_1 - \theta_{cp}) = c \frac{d\theta}{d\tau_n}, \quad (6)$$

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

f – удельная поверхность зерна, м²/кг;

η – доля теплоты, пошедшая на нагрев зерна;

t_1, θ_{cp} – температура агента сушки и средняя температура зерна, °С;

c – теплоемкость зерна, кДж/кг·°С.

Характерной особенностью осциллирующего режима является снижение длительности воздействия высокотемпературного агента сушки на зерно. В результате допустима более высокая температура нагрева зерна. Это утверждение прямо следует из известной формулы Птицына С.Д. для расчета предельно допустимой температуры нагрева семян $\theta_{пд}$:

$$\theta_{пд} = \frac{2350}{0,37(100 - W) + W} + 20 - \log \tau,$$

где W – влажность зерна, %;

τ – длительность сушки, мин.

С целью повышения эффективности и энергосбережения сушку следует проводить при температуре нагрева зерна, близкой к предельно допустимой, которая в общем случае равна $\theta'_{пд} = \theta_{пд} \pm \Delta\theta$, а для симметричного осциллирующего режима при $\tau_n = \tau_{от}$ (где $\tau_{от}$ – длительность продувки неподогретым агентом сушки, ч) может быть записана как $\theta'_{пд} = \theta_{пд} \pm 3^\circ\text{C}$, для несимметричного – в пределах

$$1,5 \geq \frac{\tau_{ок}}{\tau_n} \geq 0,5; \Delta\theta = 3 \frac{\tau_{ок}}{\tau_n} [2].$$

Переходя от пограничного к реальному слою, решение (6) относительно t_1 можно записать в виде:

$$t_1 = \frac{\theta_1 e^{\tau/A} - \theta_2}{e^{\tau/A} - 1}, \quad (7)$$

где $A = \frac{ch}{\alpha f \eta h_n}$, $\theta_1 = \theta_{пд} - \Delta\theta$, $\theta_2 = \theta_{пд} + \Delta\theta$;

h, h_n – высота реального и пограничного слоя, м; $h_n = 3d_3$;

d_3 – эквивалентный диаметр зерновки, м.

Температура неподогретого агента сушки t_0 может быть определена из балансовых уравнений охлаждения топki. Однако для ее расчета необходимо знать массу, поверхность теплообменных элементов топki и коэффициент теплопередачи, которые зачастую неизвестны. Возможен приближенный расчет t_0 на основе опытных данных:

$$t_0 = t_n + (5 \dots 12)^\circ\text{C}, \quad (8)$$

где t_n – температура наружного воздуха, °С; 5°С в случае топki без теплообменника, а 12°С – с тепло-

обменником.

При несимметричном режиме величину $\tau_{ок}$ определяют из выражения, близкого по структуре (6), предварительно вычислив по (8) величину t_0 :

$$\tau_{ок} = \frac{ch}{\alpha_1 f \eta_1 h_n} \ln \frac{\theta_2 - t_0}{\theta_1 - t_0}, \quad (9)$$

где α_1 – коэффициент теплоотдачи при охлаждении, Вт/м²·°С;

η_1 – доля теплоты, возвращенная при охлаждении зерна.

Интенсификация процесса осциллирующей сушки в мобильной зерносушилке с одновременным энергосбережением может быть достигнута изотермическим режимом, который предполагает отлежку зерна перед осциллирующими циклами, в течение которого влага перемещается в оболочку и испаряется из нее без существенного термического сопротивления, так как оболочка в отличие от ядра имеет пористую структуру.

Для расчета минимальной длительности отлежки рассмотрим массоперенос в оболочке. Будем полагать, что для отлежки достаточно периода, за который оболочка зерновки, обезвоженной до равновесного влагосодержания, достигнет уровня, равного влагосодержанию ядра. При этом учтем, что при отлежке влагосодержание оболочки изменяется – от равновесного до текущего.

Массу влаги, перемещенную в оболочку, а затем испаренную из нее, можно записать как:

$$g_m = \frac{a'_m \rho (U - U'_p)}{R}, \quad (10)$$

где U, U'_p – текущее и среднее после отлежки влагосодержание оболочки, кг вл./кг сух. мат.;

a'_m – коэффициент диффузии влаги в оболочке, м²/с.

Этот поток влаги представим также в виде:

$$g_m = \frac{GdU}{Fd\tau_{от}}, \quad (11)$$

где $G = V_{об}\rho$, а так как $\delta \ll R$, то $G \approx F\delta\rho$.

Приравняв правые части (10) и (11), после сокращения и интегрирования определим τ_i :

Литература:

1. 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. XI Междунар. науч.-техн. конф. Ч. 1. – М.: ВИМ, 2011. – С. 385-399.
2. 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.

$$\tau_i = \frac{R\delta}{a'_m} \ln \frac{U_1 - U'_p}{U_2 - U'_p}. \quad (12)$$

Зная длительность отлежки τ_i , определим высоту надшахтного бункера (теплообменника):

$$H = \frac{4\Pi_{ци}\tau_i}{\pi D_n \gamma},$$

где $\Pi_{ци}$ – производительность циркуляционного шнека, т/ч;

D_n – диаметр надсушильного бункера, м;

γ – объемная масса зерна, кг/м³.

Рассчитаем τ_i и H в мобильной зерносушилке типа SSI.

Примем: $R = 1,5 \cdot 10^{-3}$ м; $\delta = 2 \cdot 10^{-4}$ м; $U_0 = 0,3$ кг/кг; $U_k = 0,16$ кг/кг; $U'_p = 0,14$ кг/кг; $a'_m = 0,2 \cdot 10^{-9}$ м²/с; $\Delta U = 0,06$ кг/кг.

Получим: $\tau_i = 0,45$ ч.

При $\Pi_{ци} = 8$ т/ч; $\tau_i = 0,45$ ч; $D = 3,0$ м; $\gamma = 750$ кг/м³ получим $H \approx 0,7$ м.

Выводы. Осциллирующий способ сушки зерна позволяет повысить эффективность мобильной зерносушилки за счет повышенной температуры агента сушки, так как снижается длительность воздействия высокотемпературного агента сушки на зерно.

Для подготовки качественных семян и зерна длительность периода продувки высокотемпературным агентом сушки должна быть ограничена допустимой температурой нагрева $\theta'_{пд}$, которая на 3-5°С выше, чем при постоянной температуре агента.

Температура низкотемпературного агента сушки определяется теплообменом наружного воздуха с теплопринимающими поверхностями топки, а длительность периода воздействия на зерно ограничивают величиной его охлаждения, равной величине нагрева.

Изотермический режим осциллирующей сушки в мобильной зерносушилке предполагает отлежку зерна в надшахтном бункере, во время которой оболочка зерновки насыщается влагой до влагосодержания, равного влагосодержанию ядра зерновки, причем длительность отлежек регулируется производительностью циркуляционной норрии.

3. Голубкович А.В., Павлов С.А. К методу расчета длительности осциллирующей сушки // Модернизация сельскохозяйственного производства на базе инновационных машинных технологий и автоматизированных систем: Сб. докл. XII Междунар. науч.-техн. конф. Ч. 1. – М.: ВИМ, 2012. – С. 640-645.
4. 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.
5. Черноиванов В.И., Орсиц Л.С., Федорен-

ко В.Ф., Буклагин Д.С., Мишууров Н.П., Гольяпин В.Я., Колчина Л.М., Кузьмина Т.Н., Соловьева Н.Ф., Кокоченко В.В., Шилова 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. Научный аналитический обзор: По матер. Междунар. выст. «SIMA-2007»/Министерство сельского хозяйства РФ. М.: 2007.

6. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П. Система машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства на период до 2020 года // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2013. – № 6. – С. 6-10.

7. Голубкович А.В., Павлов С.А. Оптимизация сушки зерна при осциллирующем режиме // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2014. – № 1. – С. 10-13.

MODELLING OF HEAT AND MASS TRANSFER AT OSCILLATING DRYING IN MOBILE GRAIN DRYER

A.V.Golubkovich, S.A.Pavlov, All-Russia Research Institute of Mechanization for Agriculture, e-mail: agolubkovich@yandex.ru; I.D.Lukin, Kirov Machinery Testing Station, Kirov region, Russian Federation

Features of heat and mass transfer in a grain dryer and in a kernel at oscillating drying, one of energy saving technologies, were considered. In comparison with widespread in agriculture technologies at constancy of agent of drying temperatures it allows to reduce energy consumption by 20 percent at preservation or increase in nameplate capacity of the dryer. It was noted that improvement of technology and technical means of drying are possible at mathematical modeling of processes of heat and mass transfer in a grain dryer with the subsequent transition to a grain layer. The basic conditions of ensuring safe seeds drying at an oscillating method are decrease in duration of influence of the high-temperature drying agent and increase in its temperature potential that increases intensity of process and reduces energy consumption. Calculated Characteristics of the grain drying mode and parameters of the dryer, including duration of the periods of oscillating drying, temperature highly- and the low-temperature agent of drying, the lying duration, height of the over-the-dryer hopper used as a heat and mass exchanger in the mobile dryer. Transfer of moisture and heat in a kernel and its cover at a bigger admissible temperature of grain heating in mathematical models in comparison with method at an invariable temperature of the drying agent were considered. Key parameters of process and the device in a mobile grain dryer were determined. To increase efficiency and energy saving drying should be carried out at a temperature of grain heating close to maximum permissible. Height of the over-the-dryer hopper) should be not less than 0.7 m.

Keywords: Oscillating drying; Grain; Mobile grain dryer; Heat and mass transfer.

References

1. 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. 385-399 (Russian).

2. Golubkovich A.V., Pavlov S.A., Orekhov A.P., Kozlov V.I. Sushka semyan rapsa v karusel'noy sushilke pri ostsilliruyushchem rezhime [Rape seeds drying in rotary dryer at oscillating mode]. Tekhnika v sel'skom khozyaystve. 2011. No. 4. pp. 25-28 (Russian).

3. Golubkovich A.V., Pavlov S.A. K metodu rascheta dlitel'nosti ostsilliruyushchey sushki [Revisiting method of calculation of oscillating drying duration]. Modernizatsiya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva na baze innovatsionnykh mashinnykh tekhnologiy i avtomatizirovannykh sistem: Sb. dokl. XII Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Ch. 1. Moscow: VIM, 2012. pp. 640-645 (Russian).

4. Golubkovich A.V., Pavlov S.A., Lukin I.D., Mashkovtsev M.F. Raschet parametrov ostsilliruyushchey 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).

5. Chernoi vanov 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., Evtuyshenkov 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'skokhozyaystvennoy tekhniki za rubezhom [Tendencies of development of agricultural machinery abroad]. Nauchnyy analiticheskiy obzor: Po mater. Mezhdunar. vyst. «SIMA-2007». Ministerstvo sel'skogo khozyaystva RF. Moscow: 2007 (Russian).

6. Golubkovich A.V., Pavlov S.A. Optimizatsiya sushki zerna pri ostsilliruyushchem rezhime [Optimization of drying of grain at oscillating mode]. Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii. 2014. No. 1. pp. 10-13 (Russian).

УДК 658.51:(547.992:631.878)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕОРИИ КАВИТАЦИОННОЙ ДИСПЕРГАЦИИ ТОРФА



ИЗМАЙЛОВ А.Ю.,
академик РАН,



СОРОКИН К.Н.,
соискатель

Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Российская Федерация, e-mail: 7623998@mail.ru

Технологии производства гуминовых удобрений, основанные на щелочной экстракции гуминовых веществ из торфа с последующим их экстрагированием и очисткой, широко известны. Но в последнее десятилетие активно применяют акустическую кавитацию для интенсификации процессов кристаллизации, диффузии, экстракции. Рассмотрели технологические процессы работы ультразвукового генератора и кавитационного диспергатора. Определили их технические различия при воздействии на твердые частицы двухкомпонентных смесей. Уточнили теоретические определения ультразвуковой и гидродинамической экстракции. Рассмотрели механизм экстрагирования и его математическое уравнение. Выявили особенности гидродинамического режима экстрагирования целевых компонентов из пористых материалов, каким является торф. Определили, что наибольшее влияние на скорость процесса диффузии оказывают вихревое экстрагирование, экстрагирование в режиме вакуумного кипения и взрывного вскипания экстрагента, механические колебания суспензии, пульсация давления. Показали необходимость усовершенствования теории диффузионно-конвективного экстрагирования путем ввода в математические расчеты дополнительных коэффициентов, учитывающих влияние повышения температуры суспензии торфа в процессе кавитации и активации жидкого компонента суспензии на эффективность диффузионно-конвективного процесса. Отметили, что необходимо также ввести коэффициент активации жидкости в процессе кавитационной обработки суспензии торфа. В основу математического расчета данного коэффициента может быть положена разность показателей рН до и после активации. Предложили научную гипотезу экстракции гуминовых веществ из торфа, которая использована при разработке оборудования и технологического процесса по производству гуминовых удобрений на основе кавитации.

Ключевые слова: торф, ультразвуковая и гидродинамическая кавитация, диффузионно-конвективный механизм, гуминовые удобрения, экстракция, кавитационный диспергатор.

Применение современного высокотехнологичного оборудования для осуществления кавитационных процессов при переработке суспензии торфа стало научно обоснованным шагом к получению высококачественных гуминовых удобрений [1]. В сельском хозяйстве повышается интерес к органо-минеральным удобрениям с целью получения экологически чистого сельскохозяйственного сырья и продукта.

Технологии производства гуминовых удобре-

ний, основанные на щелочной экстракции гуминовых веществ из торфа с последующим их экстрагированием и очисткой, широко известны. Но в последнее десятилетие активно применяют акустическую кавитацию для интенсификации процессов кристаллизации, диффузии, экстракции.

Ультразвуковое диспергирование – это тонкое размельчение твердых веществ или жидкостей, то есть переход веществ в дисперсное состояние с образованием золя под действием ультразвуковых ко-

лебаний.

Однако, как показали исследования, затраты энергии на получение полей кавитационных пузырьков в ультразвуковых излучателях на порядок выше, чем в гидродинамических кавитационных аппаратах. Это связано с быстрым затуханием ультразвуковых колебаний в жидкостях и, особенно, в пузырьковых смесях и суспензиях. В связи с этим для кавитационной обработки жидких сред более перспективны гидродинамические аппараты, в которых кавитация возникает при взаимодействии потоков жидкости между собой или с рабочими органами кавитаторов. Затраты энергии при этом в 10-15 раз меньше, чем при использовании ультразвука [2, 3].

Кавитация представляет собой средство перехода локальной концентрации энергии низкой плотности в энергию высокой плотности, связанную с пульсацией и захлопыванием кавитационных пузырьков (каверн). В момент схлопывания кавитационной каверны давление и температура локально могут достигнуть значительных величин (по расчетным данным, до 100 МПа и до 10000 К соответственно) [4-6]. Данное определение кавитации характерно как для ультразвуковой, так и для гидродинамической экстракции.

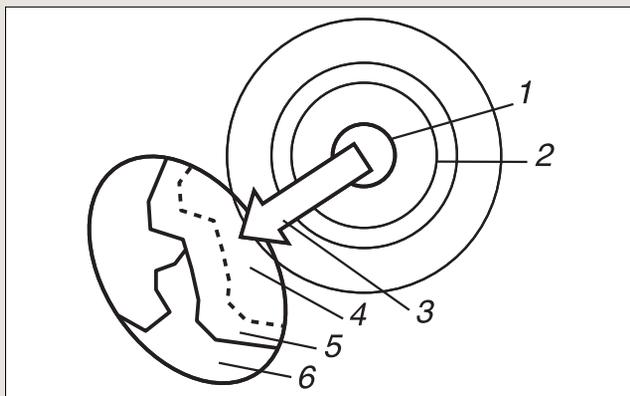


Рис. 1. Разрушающее действие кавитации на частичку торфа:

1 – схлопывающийся кавитационный пузырь; 2 – ударная волна; 3 – кумулятивная струйка; 4 – разрушенный слой частички торфа; 5 – углубленный диффузный слой; 6 – размельченный слой частички торфа

В резонансных гидродинамических генераторах используется возбуждение колебаний резонирующих элементов в виде пластин, стержней или мембран набегающей струей жидкости [4-7]. Колебания резонирующих элементов создают акустическое поле излучателя. Наиболее распространенная модификация – пластинчатые излучатели с консольным креплением вибрирующей пластины. Струя, вытекающая с большой скоростью из конус-

но-цилиндрического или шелевого сопла, попадает на пластину с клиновидным концом. При этом происходит срыв струи, и возникают вихревые пульсации и кавитация.

Схематическое изображение действия кавитационных пузырьков на частицы торфа представлено на рисунке 1.

За счет кинетической энергии жидкости кумулятивные струйки разрушают поверхностные слои жидкости и поверхность частичек торфа. Мелкие частицы твердого тела, размеры которых соизмеримы с поперечным сечением кумулятивных струй, увлекаются ими и создают дополнительные усилия, ускоряющие процесс разрушения твердых частиц торфа, находящихся в жидкости.

Цель исследований – совершенствование теоретических основ кавитационной диспергации суспензии торфа.

Материалы и методы. Существует несколько методов экстрагирования материалов: механический, ультразвуковой, гидродинамический и др. В процессе гидродинамического кавитационного диспергирования происходят измельчение суспензии торфа, диффузия, растворение гуминовых веществ и их вымывание в раствор. Все они происходят одновременно, взаимно влияют друг на друга и составляют суть процесса экстракции.

Экстракция – частный случай процессов массообмена, в которых имеет место переход массы вещества из одной среды в другую. Это сложный процесс, объединяющий несколько более простых [6-10]. При экстракции осуществляется переход вещества из сырья (отдающая среда) в экстрагент (воспринимающая среда).

Важным процессом, обеспечивающим извлечение веществ из сырья, является диффузия – постепенное взаимное проникновение веществ, граничащих друг с другом. Она основана на выравнивании концентрации вещества в отдающей и воспринимающей средах. Движущей силой диффузии служит разность концентраций. При выравнивании концентраций процесс приостанавливается. Различают конвективную диффузию, свободную и внутреннюю.

При конвективной диффузии перенос вещества осуществляется не отдельными молекулами, а объемами его раствора. Конвективная диффузия происходит в результате перемещения экстрагента относительно сырья, а скорость ее выражается следующим уравнением:

$$\frac{dM}{d\tau} = -\beta \cdot F \cdot \frac{dc}{dx},$$

где $\frac{dM}{d\tau}$ – скорость диффузии, определяемая массой

вещества, M , перешедшей из одной среды в другую за единицу времени τ , φ ;

β – коэффициент конвективной диффузии;

F – площадь контакта отдающей и воспринимающей сред;

dc – разность концентраций вещества в средах;

dx – изменение толщины диффузионного слоя.

Коэффициент конвективной диффузии показывает количество вещества, переходящего через 1 м^2 поверхности контакта в воспринимающую среду (экстрагент) в течение 1 с при разности концентраций, равной 1.

Скорость конвективной диффузии значительно выше молекулярной. Молекулярную и конвективную диффузии можно отнести к свободной диффузии, если между отдающей и воспринимающей средами нет перегородки.

Процесс экстрагирования в целом может быть выражен следующим математическим уравнением:

$$S = K \cdot F \cdot dc \cdot \tau, \quad (1)$$

где S – количество извлеченного вещества;

K – коэффициент массопередачи;

F – поверхность контакта сред;

dc – разность концентраций;

τ – время экстракции.

Коэффициент массопередачи объединяет все виды диффузии:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{D_b} + \frac{1}{\beta} + \frac{\sigma}{D_c}}, \quad (2)$$

где D_b – коэффициент внутренней диффузии;

σ – толщина диффузионного слоя, в котором происходит молекулярная диффузия;

D_c – коэффициент молекулярной диффузии.

В зависимости от метода экстракции значение коэффициента различно. При высокой скорости движения экстрагента значение второго и третьего слагаемых может быть минимальным или даже равным 0 в связи с тем, что существенно увеличивается коэффициент конвективной диффузии и, соответственно, уменьшается диффузионный слой.

Однако при любом методе экстракции внутренняя диффузия имеет место, и коэффициент K влияет на нее.

Наибольшее влияние на скорость интенсификации процесса диффузии оказывают вихревое экстрагирование, экстрагирование в режиме вакуумного кипения и взрывного вскипания экстрагента, применение механических колебаний суспензии, пульсаций давления.

В целом механизм экстрагирования в условиях интенсивного гидродинамического воздействия на пористые частицы торфа можно рассматривать как

диффузионно-конвективный.

По мнению ряда исследователей [4-8], теория диффузионно-конвективного экстрагирования еще не разработана полностью. Поэтому исследования в данной области остаются актуальными. Следует оговориться, что для значительной части экспериментальных данных до сих пор не удалось предложить адекватные математические модели. В этих случаях дается только качественное объяснение наблюдаемых эффектов. Данная теория нуждается в совершенствовании, в частности – путем ввода в математические расчеты дополнительных коэффициентов, учитывающих влияние повышения температуры суспензии торфа в процессе кавитации и активации жидкого компонента суспензии на эффективность диффузионно-конвективного процесса.

Результаты и обсуждение. На основе экспериментальных исследований нами установлено, что начальная температура суспензии торфа в реакторе 18°C в процессе ее кавитации в течение 30 мин повысилась до $31,4^\circ\text{C}$. Таким образом, расчетный вариант этого коэффициента K_1 должен определяться исходя из разницы температуры суспензии торфа в кавитаторе и начальной – в реакторе экстракции. Выделяющаяся в процессе схлопывания каверн энергия положительно влияет на возбуждение ионизации и диссоциации молекул суспензии торфа в реакторе экстракции.

По мнению ряда исследователей, кавитационная обработка воды, присутствующей в суспензии торфа, изменяет ее физико-химические свойства, увеличивает pH воды, способствует ее активации [2, 4, 6]. В результате кавитационного воздействия вода временно становится активным растворителем труднорастворимых веществ без введения химических реагентов. Поэтому, по нашему мнению, необходимо также ввести коэффициент активации жидкости K_2 в процессе кавитационной обработки суспензии торфа. В основу математического расчета данного коэффициента может быть положена разность показателей pH до и после активации.

Таким образом, уравнение процесса экстрагирования может быть дополнено коэффициентами K_1 (учитывающим влияние температуры на диспергацию суспензии торфа в процессе кавитации) и K_2 , (учитывающим активацию жидкости в суспензии торфа также непосредственно в процессе кавитации). В итоге оно примет следующий вид:

$$S = K \cdot F \cdot dc \cdot \tau \cdot K_1 \cdot K_2. \quad (3)$$

Эти теоретические положения подтверждены результатами экспериментальных исследований (табл., рис. 2, 3).

Таблица			
ЗАВИСИМОСТЬ ТЕМПЕРАТУРЫ И КИСЛОТНОСТИ СУСПЕНЗИИ ТОРФА ОТ ВРЕМЕНИ ДИСПЕРГИРОВАНИЯ ПРИ СООТНОШЕНИИ ТОРФА И ВОДЫ 1:3			
Время, мин	В реакторе экстракции	В зоне кавитации	pH
0	18,0	20,8	-
5	20,8	25,2	4,44
10	22,7	32,5	4,44
15	25,8	36,1	4,45
20	28,4	42,8	4,45
30	31,4	44,5	-

В результате анализа развития теории диффузионно-конвективного экстрагирования, основанной на гидродинамическом воздействии на материал, определили данное направление как вариант нового научного подхода, и оно нуждается в дальнейшем развитии и совершенствовании.

Выводы

1. Установлено, что теория кавитационной диспергации и экстракции нуждается в дальнейшем развитии и совершенствовании. Необходимо ввести в математические модели расчетов процессов экстракции следующие дополнительные коэффициенты:

- коэффициент, влияющий на ускорение процесса диспергации суспензии торфа вследствие повышения температуры в кавитаторе;
- коэффициент активации жидкости в суспензии

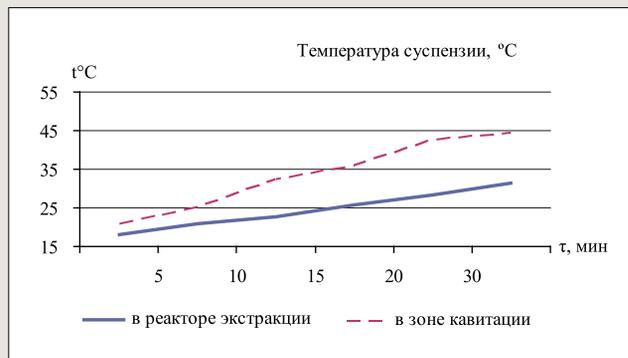


Рис. 2. Зависимость температуры суспензии торфа от продолжительности процесса кавитации

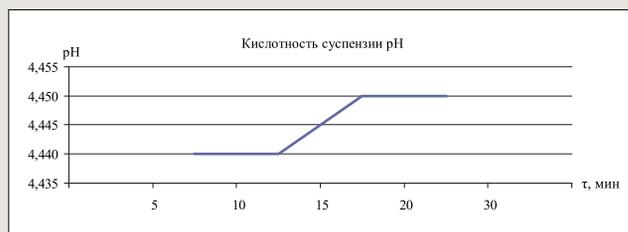


Рис. 3. Зависимость уровня кислотности гуминовых удобрений от времени воздействия кавитации на суспензию торфа

торфа в процессе кавитации.

2. Предложена научная гипотеза экстракции гуминовых веществ из торфа, которая использована при разработке оборудования и технологического процесса по производству гуминовых удобрений на основе кавитации.

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. 8-12.
2. Промтов М.А. Перспективы применения кавитационных технологий для интенсификации химико-технологических процессов // Вестник ТПГУ. – 2008. – Т. 14. – № 4. – С. 861-869.
3. Скворцов Л.С., Варшавский В.Я., Дубровин А.В., Сердюк Б.П. Кавитационный генератор для селективной дезинтеграции минерального сырья // [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.ntds.ru/statyi/028_kavitatsionnaya_melnitsa.pdf (Дата обращения 17.08.2015).
4. Кнэпп Р., Дейли Дж., Хэммит Ф. Кавитация. – М.: Мир, 1974. – 668 с.
5. Промтов М.А. Кавитация // [Электронный

ресурс]. Режим доступа: www.tstu.ru/r.php&r=-structure.kafedra&sort=&id=3 (Дата обращения 17.08.2015).

6. Балабыхико А.М., Зимин А.И., Ружицкий В.П. Гидродинамическое диспергирование. – М.: Наука, 1998. – 330 с.
7. Кардашев Г.А. Физические методы интенсификации процессов химической технологии. – М.: Химия, 1990. – 208 с.
8. Бабенко Ю.И., Иванов Е.В. Экстрагирование. Теория и практические приложения. – СПб.: Проффессионал, 2009. – 336 с.
9. Аксельруд Г.А., Лысянский В.М. Экстрагирование (система твердое тело – жидкость). – Л.: Химия, 1974. – 256 с.
10. Витенько Т.Н., Гумницкий Я.М. Механизм активирующего действия гидродинамической кавитации на воду // Химия и технология воды. – 2007. – Т. 29, № 5. – С. 422-432.

IMPROVEMENT OF ELEMENTS OF THE THEORY OF PEAT CAVITATION DISPERSION

A.Yu.Izmaylov, K.N.Sorokin

All-Russia Research Institute of Mechanization for Agriculture, 1st Institutskiy proezd, Moscow, 109428, Russian Federation, e-mail: 7623998@mail.ru

Humic fertilizers production technologies based on alkaline extraction of humic substances from peat with the subsequent their extraction and cleaning are widely known. Acoustic cavitation to an intensification of processes of crystallization, diffusion, extraction was actively applied in recent 10 years. Technological processes of operation of the ultrasonic generator and a cavitation dispersator are considered. Technical distinctions between them at impact on firm particles of two-component mixes are defined. Theoretical definitions of ultrasonic and hydrodynamic extraction were specified. Mechanism of extraction and its mathematical equation are considered. Features of the hydrodynamic mode of extraction of target components from porous materials what peat is are revealed. It is defined that vortex extraction, extraction in the mode of vacuum boiling and explosive boiling up of an extraction agent, application of mechanical oscillations of suspension, pressure pulsations have the greatest impact on speed of an intensification of diffusion process. It is necessary to improve the diffusive and convective extraction theory by input in mathematical calculations of the additional coefficients considering increase influence of peat suspension temperature in the course of cavitation and activation of a liquid component of suspension on efficiency of diffusive and convective process. It is noted that it is also necessary to enter coefficient of activation of liquid during cavitation processing of peat suspension. A difference of pH indicators before and after activation can be a basis for mathematical calculation of this coefficient. A scientific hypothesis of extraction of humic substances from peat which is used when development of an equipment and technological process for humic fertilizers production on a basis of cavitation was suggested.

Keywords: Peat; Ultrasonic and hydrodynamic cavitation; Diffusive and convective mechanism; Humic fertilizers; extraction; Cavitation dispersator.

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 using energy and environmentally efficient machine technologies and techniques]. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. 2013. No. 4. pp. 8-11 (Russian).*
2. Promtov M. A. *Perspektivy primeneniya kavitatsionnykh tekhnologiy dlya intensivatsii khimiko-tekhnologicheskikh protsessov [Prospects of application of cavitation technologies for a chemical and technological processes intensification]. Vestnik TPGU. 2008. T. 14. No. 4. pp. 861-869 (Russian).*
3. Skvortsov L. S., Varshavskiy V. Ya., Dubrovin A. V., Serdyuk B. P. *Kavitatsionnyy generator dlya selektivnoy dezintegratsii mineral'nogo syr'ya [Cavitation generator for selective disintegration of mineral raw materials]. Retrieved August 17.2015 from http://www.ntds.ru/statyi/028_kavitatsionnaya_melnitsa.pdf (Russian).*
4. Knepp R., Deyli Dzh., Khemmit F. *Kavitatsiya [Cavitation]. Moscow: Mir, 1974. 668 pp.*
5. Promtov M. A. *Kavitatsiya [Cavitation]. Retrieved August 17.2015 from <http://www.tstu.ru/r.php&r=structure.kafedra&sort=&id=3> (Russian).*
6. Balabysheko A. M., Zimin A. I., Ruzhitskiy V. P. *Gidrodinamicheskoe dispergirovanie [Hydrodynamic dispersing]. Moscow: Nauka, 1998. 330 pp. (Russian).*
7. Kardashev G. A. *Fizicheskie metody intensivatsii protsessov khimicheskoy tekhnologii [Physical methods of an intensification chemical technology processes]. Moscow: Khimiya, 1990. 208 pp. (Russian).*
8. Babenko Yu. I., Ivanov E. V. *Ekstragirovanie. Teoriya i prakticheskie prilozheniya [Extraction. Theory and practical applications]. S-Petersburg.: Professional, 2009. 336 pp. (Russian).*
9. Aksel'rud G. A., Lysyanskiy V. M. *Ekstragirovanie (sistema tverdoe telo – zhidkost') [Extraction (system a solid body – liquid)]. Leningrad: Khimiya, 1974. 256 pp. (Russian).*
10. Viten'ko T. N., Gumnitskiy Ya. M. *Mekhanizm aktiviruyushchego deystviya gidrodinamicheskoy kavitatsii na vodu [Mechanism of the activating action of hydrodynamic cavitation on water]. Khimiya i tekhnologiya vody. 2007. T. 29. No. 5. pp. 422-432 (Russian).*

УДК 631.17:635.2

РОТАЦИОННАЯ БОРОНА ДЛЯ ГРЯДОВЫХ ОБРАБОТОК ПОСАДОК КАРТОФЕЛЯ*

КЕМ А.А.¹,
канд. техн. наук,

ЧЕКУСОВ М.С.²,
канд. техн. наук,

ЧЕРЕМИСИН А.И.¹,
канд. с.-х. наук

¹Сибирский НИИ сельского хозяйства, просп. Королева, 26, Омск, 644012, Российская Федерация, e-mail: sibniish@bk.ru

²Омский экспериментальный завод, просп. Королева, 32, Омск, 644012, Российская Федерация

Установили, что качество довсходовой обработки гряд зависит от возможности копирования поверхности рабочими органами ротационной бороны вследствие создания ими поперечных колебаний. Предложили конструкцию ротационной бороны с демпфирующими устройствами и зубом V-образной формы. Исследовали зависимость энергоемкости бороны от скорости ее движения, сопротивления почвы, режимов работы и конструктивных параметров рабочих органов. Выявили оптимальный диапазон натяжения цепи бороны (100-120 Н). При этом удельное тяговое сопротивление разработанной бороны составило 200-210 Н/м, или на 20 процентов ниже, чем у серийной. Привели данные полевых опытов, характеризующие влияние бороны на качество обработки гряды и урожайность картофеля. Показали возможность создания более благоприятных условий для развития и роста картофеля с помощью использования новой бороны, что повысило урожайность, в сравнении с серийной бороной, на 1,2-1,5 т/га, или на 4-6 процентов. Экономия топлива составила 12 процентов.

Ключевые слова: обработка почвы, картофель, борона, ротационные рабочие органы, урожайность.

Для уничтожения сорняков и создания рационального водно-воздушного баланса в почве при выращивании картофеля в условиях южной лесостепи Западной-Сибири необходимы технические средства для довсходовой обработки поверхности гряд [1-5].

В начальном периоде механизации возделывания картофеля с целью довсходового боронования применяли зубовые и сетчатые бороны. Зубовые бороны не копируют поверхность гряды, имеют высокое тяговое сопротивление и зачастую повреждают клубни, разрушая поверхность гряд. Сетчатые бороны, хотя и огибают поверхность гряды, но также имеют большое тяговое сопротивление, забиваются сорной растительностью, разрушают вершину гряды, плохо обрабатывают ее боковую поверхность, неудобны при транспортировке.

Качественное выполнение агротехнических показателей технологических процессов довсходовой обработки гряд может быть достигнуто при условии копирования поверхности гряды рабочими органами ротационной бороны. В настоящее время находят применение ротационные машины с вращающимися рабочими органами. Их достоинство заключается в том, что проникновение игл в почву можно осуществить прокалыванием, а деформацию – отрывом, то есть растяжением почвы. Наи-

более подходящую форму для этого имеет зуб [6-10].

Основная причина низкого качества рыхления почвы ротационными боронами связана с тем, что под воздействием неровностей профиля гряды опорные диски совершают колебания относительно поверхности почвы, и борона изменяет свое положение в вертикальной плоскости, перпендикулярной направлению движения.

Так как рабочие органы ротационной бороны жестко связаны с опорными дисками, то они совершают колебания вместе с бороной, что существенно снижает качество и глубину обработки и увеличивает площадь необработанной поверхности.

Цель исследований – разработка ротационной бороны для грядовых обработок посадок картофеля. Проведение исследований и теоретическое обоснование параметров бороны и кинематического режима ее работы.

Материалы и методы. С целью устранения указанных недостатков ротационных борон предположили, что качество обработки поверхности гряд можно повысить за счет создания поперечных колебаний рабочими органами бороны путем применения в конструкции ротационной бороны демпфирующих устройств, дающих возможность копировать профиль гряды.

Геометрическая форма гряды, обрабатываемая

*Статья подготовлена в рамках выполнения Программы Союзного государства «Инновационное развитие производства картофеля и топинамбура» (Государственный контракт № 243/19 от 18 февраля 2014 года. Договор № 15/03-2014 от 17 марта 2014 года)

ротационной бороной, представлена на *рисунке 1*.

Гряда формируется при помощи рабочих органов культиватора КРН-5,6 путем насыпки почвы трехъярусными орудниками, боковые грани гряды располагаются под углом естественного откоса почвы в зависимости от ее физико-механических свойств.

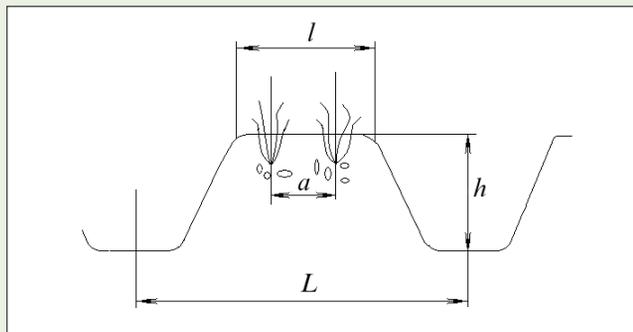


Рис. 1. Форма гряды: a – расстояние между клубнями; L – ширина междурядий; l – ширина вершины гряды; h – высота гряды

Исходя из сформированного профиля гряды можно определить:

- форму ротационной бороны, обеспечивающую плотное прилегание рабочих органов к поверхности гряды и, как следствие, качественное рыхление почвы;
- диаметры опорных и промежуточных дисков;
- количество цепей и расстояния между рабочими органами в окружном направлении;
- расстояние между зубьями в пределах одной цепи, обеспечивающее сплошное рыхление поверхности гряды.

Принципиальная схема разрабатываемой бороны представлена на *рисунке 2*.

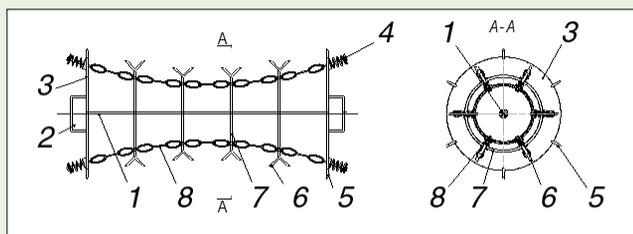


Рис. 2. Схема модернизированной ротационной бороны для обработки гряд:

- 1 – вал; 2 – опора вала; 3 – диск опорный; 4 – цилиндрическая пружина; 5 – почвозацеп; 6 – зуб; 7 – промежуточное кольцо; 8 – цепь

Опорные диски, перекатываясь по почве, вращают цепи с установленными в них промежуточными кольцами. Промежуточные кольца отличаются внутренним диаметром, что позволяет копировать профиль гряды и обеспечивает плотный контакт зубьев с поверхностью почвы.

При движении ротационной бороны по профилю гряды борона совершает поступательные движения совместно с агрегатом вдоль гряды, а почвозацепы, установленные на опорных дисках, погружаясь в почву, обеспечивают вращение бороны под действием силы тяжести и тягового усилия трактора. Использование цилиндрических пружин в конструкции бороны в зависимости от неровностей гряды задает рабочим органам колебательное движение, что повышает качество рыхления почвы [9].

Результаты и обсуждение. Исследования модернизированной ротационной бороны на макетных образцах показали ее высокую эффективность при обработке гряд. В то же время для внедрения ее в сельскохозяйственное производство необходимо теоретически обосновать геометрические параметры бороны, формы зубьев, их количество на промежуточных кольцах, количество колец, определить наилучший кинематический режим ее работы.

Важнейший параметр работы ротационной бороны – ее энергоемкость, которая зависит от скорости движения бороны и сопротивления этому движению. Снизить этот показатель можно благодаря оптимальным режимам работы и конструктивным параметрам рабочих органов в зависимости от конкретных почвенных условий.

На основании теоретических и экспериментальных исследований по площади обработки и сопротивлению зубьев было решено при изготовлении экспериментального образца ротационной бороны использовать зуб V-образной формы.

Согласно проведенным в полевых условиях экспериментам, с помощью методов планирования и анализа получено уравнение тягового сопротивления разработанной ротационной бороны.

Для анализа влияния факторов на тяговое сопротивление бороны была построена поверхность отклика.

Анализ показывает, что оптимальный диапазон изменения натяжения цепи бороны находится в пределах 100-120 Н, что подтверждает результаты полученных ранее теоретических и экспериментальных исследований. При этом удельное тяговое сопротивление разработанной бороны составило 200-210 Н/м. В процентном отношении тяговое сопротивление разработанной бороны на 20% ниже, чем у серийной. Экономия топлива составила 12%.

Полевые испытания проводили на полях ООО «Тепличное», ФГУП «Омское», где с помощью трактора МТЗ-80 в агрегате с культиватором КРН-5,6 выполняли дождевальное боронование на скорости 2,6 м/с.

Опыты закладывали при трехкратной повторности вариантов согласно утвержденной программе и методике. Проводили агротехническую оценку работы серийного и опытного образцов рота-

Таблица 1

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КУЛЬТИВАТОРА С СЕРИЙНОЙ И РАЗРАБОТАННОЙ БОРОНАМИ

Показатели	Без ротационных борон	Серийная борона БРУ-0,7	Разработанная борона
Удельный расход топлива, кг/га	2,00	2,36	2,30
Тяговое сопротивление машины, Н	5540	6143	5033
Тяговая мощность, кВт	11,4	16,6	15,8
Удельное тяговое сопротивление, Н/м	1490	1660	1600

Таблица 2

ВЛИЯНИЕ ТИПА БОРОНЫ НА КАЧЕСТВО ОБРАБОТКИ ГРЯДЫ И УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ

Тип бороны	Количество сорняков, шт./м ²		Гибель сорняков, %	Площадь обработанной поверхности гряды, %	Урожайность, т/га
	до боронования	после боронования			
<i>Скорость движения агрегата – 2,12 м/с</i>					
Серийная БРУ 0,7	41	11	73	81	25,0
Разработанная	55	6	89	100	26,2
<i>Скорость движения агрегата – 2,66 м/с</i>					
Серийная БРУ 0,7	71	14	80	83	28,5
Разработанная	78	3	96	100	30,1

ционной бороны с определением качества рыхления поверхности гряды, уничтожения сорной растительности, энергетических показателей и урожайности картофеля. Результаты топливно-энергетической оценки приведены в *таблице 1*.

На культиваторе устанавливали по 3 ротационные бороны каждого типа поочередно, поскольку КРН-5,6 обрабатывает 3 гряды одновременно.

Сравнительные результаты производственных опытов по изучению эффективности применения разработанной конструкции бороны с использованием демпфирующих устройств и серийной бороны БРУ-0,7 с жестким креплением рабочих органов

- диаметр опорного диска для данных параметров обрабатываемой гряды равен 0,35 м;
 - диаметры промежуточных колец: трех центральных – 0,150 м, двух боковых – 0,165 и 0,176 м;
 - количество зубьев на центральном кольце – 6 шт., на боковых кольцах – 7 шт.;
 - зуб имеет V-образную форму с углом раствора 90°, высотой 0,04 м и диаметром 0,008 м;
 - амплитуда колебаний зуба в поперечном направлении не более = 0,02 м.

3. Применение разработанной бороны повысило урожайность картофеля на 1,2-1,5 т/га, или 4-6%, по сравнению с использованием серийной бороны.

к опорным дискам приведены в *таблице 2*.

Применение разработанной бороны вследствие более качественной обработки позволило создать благоприятные условия для развития и роста картофеля, что повысило урожайность, в сравнении с серийной бороней, с 1,2 до 1,5 т/га, или на 4-6%.

Выводы

1. Анализ показал, что максимальная площадь рыхления, независимо от формы зуба, соответствует натяжению пружины 100–125 Н. Площадь обработки поверхности гряды зубом V-образной формы, в сравнении с зубом прямой формы, увеличивается в 3,3 раза.

2. Определены основные конструктивные параметры рабочих органов ротационной бороны:

Литература

1. Старовойтов В.И., Павлова О.А. Грядовая технология возделывания картофеля: Науч. тр. ВИМ. Т. 141, Ч. 1. – М., 2002. – С. 175–181.
2. 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.
3. Измайлов А.Ю., Колчин Н.Н., Лобачевский Я.П., Кынев Н.Г. Современные технологии и специальная техника для картофелеводства //

Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2015. – № 3. – С. 43-47.

4. Колчин Н.Н., Пономарев А.Г. Система машинных технологий и машин для картофелеводства // *Система технологий и машин для инновационного развития АПК России: Сб. науч. докл. Междунар. науч.-техн. конф.* – Ч. 1. – М.: ВИМ, 2013. – С. 271-276.

5. Прогноз использования почвообрабатывающих машин с активными рабочими органами. Шаров В., Лобачевский Я. *Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт*. № 1-2. С. 41-43.

6. Подолько П.М. Повышение качества предпосадочной обработки почвы под картофель // Вестник Челябинского государственного аграрного университета. – 2009. – № 55. – С. 101-104.

7. Первушин В.Ф., Салимзянов М.З., Касимов Н.Г. Теоретические предпосылки к обоснованию конструкции ротационной бороны для ухода за посадками картофеля // Техника в сельском хозяйстве. – 2006. – № 1. – С.4-6.

8. Жук А.Ф. Обоснование параметров двух-

дисковых секций борон // Техника в сельском хозяйстве. – 2011. – № 4. – С. 4.

9. Латыпов Р.М. Машины для предпосадочной обработки почвы под картофель // Вестник Челябинского государственного аграрного университета – 2005. – Т. 45. – С. 126-130.

10. Пат. 118824 РФ Ротационная боронка / М.С.Чекусов, Д.А.Голованов, А.А.Кем // Бюл. 2011. № 22.

ROTARY HARROW FOR RIDGE CULTIVATION OF THE POTATO CROPS

A.A.Kem¹, M.S.Chekusov², A.I.Cheremisin¹

¹Siberian Research Institute of Agriculture, Korolev av., 26, Omsk, 644012, Russian Federation, e-mail: sibniish@bk.ru

²Omsk Experimental Plant, Korolev av., 32, Omsk, 644012, Russian Federation

It was established that quality pre-emergence cultivation of potato ridges depends on possibility of surface copying by working tools of a rotary harrow because of their vibrations. Rotary harrow design having damping devices and V-shaped spike tooth was suggested. Energy consumption evaluation depending on its speed, soil drag, operating modes and design parameters of working tools were researched. The optimal chain changing tension range was founded (100-120 H). Thus, the specific traction resistance of the newly developed harrow equaled 200-210 H/m, or 20 percent lower than that of a serial one. Data of field experiments characterizing influence of a harrow on quality of ridge cultivation and yield of potatoes were presented. It was showed that it is possible to create more favorable conditions for development and growth of potato due to use new harrow. As result potatoes yield increased by 1.2 -1.5 t/ha, or 4-6 percent. Fuel savings amounted to 12 percent.

Keywords: Soil cultivation; Potatoes; Harrow; Rotary working tools; Yield.

Reference

1. Starovoytov V.I., Pavlova O.A. Gryadovaya tekhnologiya vozdeleyvaniya kartofelya [Ridge technology of potato growing]: Nauch. tr. VIM. T. 141. Ch. 1. Moscow, 2002. pp. 175-181 (Russian).

2. Izmaylov A.Yu., Kolchin N.N., Lobachevskiy Ya.P., Kynev N.G. Sovremennye tekhnologii i spetsial'naya tekhnika dlya kartofelevodstva [Modern technologies and special machinery for potato growing]. Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii. 2015. No. 2. pp. 45-48 (Russian).

3. Izmaylov A.Yu., Kolchin N.N., Lobachevskiy Ya.P., Kynev N.G. Sovremennye tekhnologii i spetsial'naya tekhnika dlya kartofelevodstva [Modern technologies and special machinery for potato growing]. Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii. 2015. No. 3. pp. 43-47 (Russian).

4. Kolchin N.N., Ponomarev A.G. Sistema mashinnykh tekhnologiy i mashin dlya kartofelevodstva [System of machine technologies and machinery for potato production]. Sistema tekhnologiy i mashin dlya innovatsionnogo razvitiya APK Rossii: Sb. nauch. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Ch. 1. Moscow: VIM, 2013. pp. 271-277 (Russian).

5. Sharov V., Lobachevskiy Ya.P. Prognoz ispol'zovaniya pochvoobrabatyvayushchikh mashin s aktivnymi rabochimi organami [Forecast of use of soil-

cultivating machines with active working tools]. Sel'skokhozyaystvennaya tekhnika: obsluzhivanie i remont. 2009. No. 1-2. pp. 41-43 (Russian).

6. Podol'ko P.M. Povyshenie kachestva predposadочноy obrabotki pochvy pod kartofel' [Improving the quality of preplanting soil cultivating for potato]. Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universitet. – 2009. No. 55. pp. 101-104 (Russian).

7. Pervushin V.F., Salimzyanov M.Z., Kasimov N.G. Teoreticheskie predposylki k obosnovaniyu konstruksii rotatsionnoy borony dlya ukhoda za posadkami kartofelya [Theoretical prerequisites to justification of a design of a rotary harrow for potato cultivation]. Tekhnika v sel'skom khozyaystve. 2006. No. 1. pp. 4-6 (Russian).

8. Zhuk A.F. Obosnovanie parametrov dvukhdiskovykh sektsiy boron [Justification of parameters of harrows two-disk sections]. Tekhnika v sel'skom khozyaystve. 2011. No. 4. pp. 4 (Russian).

9. Latypov R.M. Mashiny dlya predposadочноy obrabotki pochvy pod kartofel' [Machines for preplanting soil cultivation for potato]. Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta – 2005. T. 45. pp. 126-130 (Russian).

10. Patent 118824 RF. Rotatsionnaya boronka [Rotary harrow]. M.S.Chekusov, D.A.Golovanov, A.A.Kem. Byul. 2011. No. 22 (Russian).

УДК:631.746

СТРУКТУРА И КЛАССИФИКАЦИЯ МАШИННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ



БЕЙЛИС В.М.,
канд. с.-х. наук

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

Определили необходимость расширения работ по упорядочению и развитию системы машинных технологий для перехода к технологизации агропромышленного производства. Показали актуальность систематизации накопленного практического опыта, научных разработок и информации, а также классификации множества взаимосвязанных технологических объектов. Установили принципы систематики: от упорядочения объектов по чисто формальному внешнему признаку до обоснования создания систем, основанных на объективных законах. Отметили, что систематизация сводит изучаемые объекты в целостную структурную систему на основе ряда одновременно учитываемых признаков. С помощью математических методов (математической статистики, кластерного, факторного, дисперсионного анализа) решили ряд классификационных задач. Определили, что классификация технических средств основана на правилах деления понятий и соблюдения основных принципов упорядоченного построения системы сведений об изучаемом множестве. Установили, что особо важное значение имеет правильный выбор существенного признака классификации, дающего возможность выявить качественные различия между классами. Ориентиром служит прежде всего технологическое предназначение механизма или технического средства, определяющее их качественную и количественную характеристику. Подтвердили, что технология в общем понимании – это конкретный, заданный потребителем путь к достижению определенной цели полезной деятельности. Установили, что сельскохозяйственные технологии относятся к разряду «гибких». В реальных производственных условиях постоянной технологии нет, так как ее выбор напрямую зависит от случайных факторов и лица, принимающего решение. Сделали вывод о том, что проведение этой работы создает потенциальную возможность обоснования не известных ранее направлений развития научно-технического прогресса путем выявления неизученных видов объектов классификации.

Ключевые слова: технология, система машин, классификация, структуризация, систематизация.

Всю имеющуюся информацию ученые стремятся оформить в виде тех или иных классификаций – как самих исследуемых объектов, так и их отдельных свойств, состава, строения или условий существования и видов функционирования.

Существует множество определений понятий «классификация» (от латинского *classis* – класс, разряд; *facio* – делаю, раскладываю) как научного метода исследования, которые в различных вариантах отражают одну и ту же его сущность, а имен-

но: разделение изучаемого множества объектов на отдельные группы (классы) или подчиненные множества по обнаруженному сходству или различию их свойств или признаков, используемое как средство для определения закономерных связей между ними и строго регламентируемой ориентации во всем их многообразии с целью практического применения в научной и производственной деятельности.

Цель исследования – показать основные положения классификации технологических систем и

их структуризацию.

Материалы и методы. Материалом исследований послужили данные Систем машин с 1975 по 2012 гг., а также различные публикации по вопросам классификации сельскохозяйственной техники.

Результаты и обсуждение. Классификация как научный метод способствует движению науки и техники от уровня эмпирического накопления знаний до теоретического синтеза, системного подхода с теоретическим осмыслением многообразия действующих факторов. Этот метод, базируясь на системе глубоких научных знаний, дает возможность не только представлять настоящую картину состояния науки или техники, но и делать обоснованные прогнозы относительно неизвестных еще факторов или закономерностей.

С помощью математических методов (математической статистики, кластерного, факторного, дисперсионного анализа) удалось решить ряд классификационных задач.

Необходимость классификации технических средств обусловлена освоением их массового производства в результате промышленной революции и всеобъемлющим применением, в том числе в сельском хозяйстве.

В нашей стране имеется опыт систематизации технических средств как в промышленности, так и в сельском хозяйстве. В промышленности существуют классификации техники для горнодобывающего и нефтехимического производства, холодильных установок, средств автоматизации производственных процессов и др.

Анализ имеющейся литературы показывает, что классификация технических средств основана на правилах деления понятий и соблюдения основных принципов упорядоченного построения системы сведений об изучаемом множестве.

К основным правилам деления понятий относятся: первое – единство признаков, которое дает возможность соблюдать единство системы классификации, и второе – каждый классифицируемый объект должен входить только в один класс.

Особо важное значение имеет правильный выбор существенного признака классификации, дающего возможность установить качественные различия между классами. Ориентиром служит прежде всего технологическое предназначение механизма или технического средства, определяющего их качественную и количественную характеристику.

Так, для технических систем преобразования энергии, в частности криогенных, признак деления выбирается на термодинамической основе, отражающей сущность работы системы. Термодинамические признаки определяют в значительной степени технические решения установок, их конструк-

тивные особенности и, как следствие, технико-экономические характеристики.

Классификация машин и механизмов в этих работах стала основой развития машиностроения у нас в стране и за рубежом. Однако научных работ по классификации сельскохозяйственных машин и ее методологии очень мало.

Вопросы систематизации и классификации в области сельскохозяйственной техники и механизированных сельскохозяйственных работ изучались и разрабатывались в ВИМ, где выработаны методические указания по разработке системы машин и технологических карт [1-5].

Необходимо определить понятие технологии применительно к сельскому хозяйству.

Технология в общем понимании – это конкретный, заданный потребителем путь к достижению поставленной или конечной цели (результата полезной деятельности) с использованием наперед заданных временных, материальных, технических и трудовых ресурсов при определенных параметрах и режимах функционирования предметов труда и состояниях объекта труда [4-7].

Технология отвечает на два вопроса: как достичь того, что требуется ее потребителю и с помощью чего этого можно добиться.

Существует множество вариантов решения одной и той же задачи с получением идентичных результатов.

Выбор даже простейшей технологии, как правило, многовариантен, причем он в принципе не имеет оптимального решения, так как определяется множеством одновременно действующих объективных и субъективных факторов, зачастую противоречивых или взаимоисключающих.

Сельскохозяйственные технологии относятся к разряду «гибких». В реальных производственных условиях постоянной технологии нет, так как ее выбор напрямую зависит от случайных факторов и лица, принимающего решения. Возможен лишь выбор рационального варианта технологии, который устраивает потребителя, но отнюдь не оптимален, например, по затратам ресурсов.

В связи с этим, рассматривая вопросы структуры и классификации технологий, будем исходить из того, что они являются типовыми, то есть привязаны к строго заданным параметрам, отражающим наиболее часто встречающиеся, типичные условия и формы их реализации. Очевидно, что для практического применения в условиях конкретного хозяйства любая типовая технология должна быть адаптирована к конкретному моменту времени и полю, а также техническим и ресурсным возможностям ее реализации. В связи с этим следует различать технологии типовые и реальные.

Чтобы проектировать и реализовывать конкретные технологии производства сельскохозяйственной продукции в стране и ее отдельных регионах, необходимо осуществить декомпозицию их сложнейших структур на отдельные составляющие, изучить все множество входящих в них работ и технологических операций, систематизировать и классифицировать их. Только таким путем можно создать научную и практическую основу для синтеза требуемой совокупности оптимальных технологических систем, отвечающей всему многообразию требований и условий производства.

Разработка Системы машин должна основываться на технологиях производства и реализации всех видов сельскохозяйственной продукции в конкретном регионе страны в условиях хозяйств. Например, зональные технологии мелиорации полей и подготовки их к посеву однолетних культур дополняются технологическими системами возделывания каждой из сельскохозяйственных культур, уборки и послеуборочной обработки. Замыкает всю систему машинных технологий совокупность технологических систем, имеющих целью переработку, хранение, предреализационную подготовку и реализацию продуктов питания и сырья для промышленности [6, 7].

Чтобы обоснованно выделить все множество технологических операций и их необходимых вариантов, связанных с природно-климатическими и организационными условиями, был проведен анализ имеющихся материалов. Его результаты оформлены в виде технологических систем производства основных видов сельскохозяйственной продукции, а также выполнения основных видов сложных сельскохозяйственных работ [8, 9].

Под технологической системой подразумевается рациональная совокупность вариантов технологических работ, обусловленных необходимостью их адаптации к различным агроландшафтным и организационным условиям.

В растениеводстве действуют две основные технологические системы:

- при производстве зерновых и масличных культур, кормов, картофеля, овощей, сахарной и кормовой свеклы и т.д.;

- при выполнении сельскохозяйственных работ по применению удобрений и защите растений, транспортировке грузов и т.д.

Любая из них представляет собой сложнейшую иерархическую систему, которая включает в себя множество работ и технологических операций (причем каждая из них в свою очередь является технологией) различных уровней, совокупность которых и определяет в итоге получение требуемого результата.

Поэтому, переходя к рассмотрению вопросов

структурирования и классификации технологических систем, установим следующую иерархическую структуру типовых технологий:

I уровень – технологии производства готовых продуктов питания и кормов;

II уровень – технологии производства продукции растениеводства, заканчивающиеся послеуборочной обработкой и внутрихозяйственным хранением урожая;

III уровень – технологии выполнения годовых циклов работ: подготовка полей, посев и возделывание сельскохозяйственных культур, уборка, послеуборочная обработка и внутрихозяйственное хранение урожая;

IV уровень – технологии выполнения сельскохозяйственных работ, включающих подготовительные, вспомогательные и транспортные операции (например, технология вспашки включает операции разбивки поля на загоны и непосредственно пахоту; технологии применения удобрений включают подготовку удобрений, их транспортировку и внесение);

V уровень – технологии выполнения технологических операций (например, транспортировка с приготовлением раствора для опрыскивания и само опрыскивание).

Легко заметить, что технологии каждого более высокого иерархического уровня включают в себя технологии предыдущего уровня в тех или иных рациональных сочетаниях.

В перечисленные виды технологий не включены технологические процессы, которые протекают в системе «объект труда – орудие труда» и заключаются в изменении свойств (положения, состояния) обрабатываемого материала под воздействием рабочих органов технического средства или орудия труда.

Технологический процесс – неотъемлемая часть любой технологической операции. Машина может одновременно осуществлять несколько технологических процессов, складывающихся в рабочий процесс данного технического средства. Например, в сеялке одновременно происходят технологические процессы: дозирования семян и их транспортировки к сошникам; то же – удобрений; образования бороздок и заделки; прикатывания рядков. В совокупности они составляют ее рабочий процесс. Технология посева включает в себя: заправку посевного агрегата семенами, перемещение его по заданной траектории движения и собственно посев (рабочий процесс сеялки).

В соответствии с выделенными пятью иерархическими уровнями технологий, которые являются первой ступенью их классификации, предлагается классификация каждого из них на основе существенных классификационных признаков:

I уровень – вид продовольственного продукта, готового для реализации населению, или корма для животных, подготовленного к скармливанию (крупа манная фасованная, масло подсолнечное нерафинированное, комбикорм и т.д.);

II уровень – вид продукции растениеводства (картофель, свекла кормовая и т.д.);

III уровень – цикл законченных сельскохозяйственных работ, выполняемых в течение года: подготовка среды обитания растений с целью создания условий, благоприятных для их произрастания и для работы полевых сельхозмашин (посев и возделывание сельскохозяйственных культур); целенаправленное воздействие на растения и на среду обитания в процессе их посева и развития; уборка урожая; доведение собранной продукции до требуемых кондиций и ее сохранение, подготовка семян;

IV уровень – объект труда, то есть вид сельскохозяйственной работы (основная обработка почвы, применение удобрений, защита растений и т.д.);

V уровень – вид воздействия на объект труда и его результат.

Ввиду того, что технологии *I-IV* уровней формируются на базе упорядоченного множества технологических операций, выделены и классифицированы 214 таких базовых операций, сгруппированных по следующим видам работ:

- снегозадержание и регулирование снеготаяния;
- внесение удобрений и пестицидов;

- почвообработка, посев и посадка;
- уход и защита растений, орошение;
- уборка урожая;
- послеуборочная обработка и хранение собранного урожая;
- подготовка семян;
- транспортно-погрузочные работы.

В состав приведенного выше множества видов технологических операций включены лишь базовые. Количество их разновидностей и модификаций на порядок выше. Они представлены как самостоятельными множествами подвидов, объекты которых объединены существенными признаками, присущими базовым технологическим операциям, так и множествами технических средств, с помощью которых они реализуются (типажи, семейства, модификации, дополнительное оборудование и т.д.).

Выводы. Структуризация машинных технологий позволяет проектировать системы технологий любого уровня, начиная от общероссийского и кончая уровнем хозяйств и бригад.

Важнейшая функция научной классификации технологий заключается в том, что проведение и творческое развитие этой работы создает потенциальную возможность обоснования неизвестных ранее направлений развития научно-технического прогресса путем выявления не изученных пока видов объектов классификации, наличие и свойства которых вытекают из установленной совокупности существенных признаков, положенных в ее основу.

Литература

1. Измайлов А.Ю., Елизаров В.П., Бейлис В.М. Система технологий, типажей и параметры машин для комплексной механизации растениеводства: разработка и развитие в рыночных условиях. – М.: ВИМ, 2010. – С. 109-129.

2. Измайлов А.Ю., Елизаров В.П., Артюшин А.А., Лобачевский Я.П. Система машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства на период до 2020 года. Т. 1. Растениеводство (Проект) – М.: ВИМ, 2012. – С. 153-278.

3. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П. Система машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства на период до 2020 года // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2013. – № 6. – С. 6-10.

4. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П. Система технологий и машин для инновационного развития АПК России // Система технологий и машин для инновационного развития АПК России: Сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. – М.: ВИМ, 2013. – С. 9-12.

5. Елизаров В.П., Бейлис В.М. Разработка системы технологий и машин для растениеводства // Система технологий и машин для инновационного развития АПК России: Сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. – М.: ВИМ, 2013. – С. 99-107.

6. Елизаров В.П., Бейлис В.М. Порядок разработки машинных технологий производства сельскохозяйственных культур // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2013. – № 1. – С. 8-11.

7. Елизаров В.П., Шевцов В.Г., Бейлис В.М., Коротченя В.М. Развитие системы машин – путь технического прогресса в сельскохозяйственном производстве // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2014. – № 6. – С. 14-19.

8. Елизаров В.П., Антышев Н.М., Бейлис В.М. Система машин и технологий для растениеводства // Техника в сельском хозяйстве. – 2009. – № 4. – С. 3-7.

9. Елизаров В.П., Бейлис В.М. Проблемы создания инновационной системы технологий и машин для растениеводства // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 10. – С. 10-12.

CLASSIFICATION OF THE MACHINE TECHNOLOGICAL SYSTEMS IN PLANT INDUSTRY

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

The need of expansion of works on normalization and development of machine technologies system for transition to technologisation of agro-industrial production was defined. Relevance of systematization of the saved-up practical experience, scientific development and information, and also classifications of a great number of the interconnected technological objects was presented. The principles of systematization were established: from normalization of objects on a purely formal external sign till justification of creation of the systems based on objective laws. It was noted that systematization accumulates the studied objects in complete structural system on the basis of a number of simultaneously considered criterions. A number of classification problems was solved due to mathematical methods (mathematical statistics, cluster, factorial, dispersive analysis). It was defined that classification of technical means is based on rules of separation of concerns and abidance of the basic principles of the ordered creation of system of studied multitude data. It was established that it is especially importance to choose correctly the essential criterion of classification giving the chance educing of qualitative differences between grades. An orienting point is first of all the technological mission of the mechanism or a technical mean defining their qualitative and quantitative characteristics. It was proved out that the technology in a general sense is the concrete, intended by the consumer way to achievement of the specify goal of useful activity. It was established that agricultural technologies belong to the category of «flexible». In real production conditions there are not constant technology, because choice of it directly depends on random factors and the person making decisions. It was drawn the conclusion that carrying out this work creates potential possibility of justification of the not known earlier directions of development of scientific and technical progress by identification of not studied types of objects of classification.

Keywords: Technology; System of the machinery; Classification; Structuration, Systematization.

References

1. Izmaylov A.Yu., Elizarov V.P., Beylis V.M. *Sistema tekhnologiy, tipazhey i parametry mashin dlya kompleksnoy mekhanizatsii rasteniyevodstva: razrabotka i razvitie v rychnykh usloviyakh* [System of technologies, ranges and characteristic of machines for complex mechanization of plant industry: working out and development in market conditions]. Moscow: VIM, 2010. pp. 109-129 (Russian).
2. *Sistema mashin i tekhnologiy dlya kompleksnoy mekhanizatsii i avtomatizatsii sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva na period do 2020 goda* [System of machines and technologies for complex mechanization and automation of agricultural production for the period until 2020]. T. 1. *Rasteniyevodstvo (Proekt)* Moscow: VIM, 2012. pp. 153-278 (Russian).
3. 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'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2013. No. 6. pp. 6-10 (Russian).
4. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P. *Sistema tekhnologiy i mashin dlya innovatsionnogo razvitiya APK Rossii* [System of technologies and machinery for innovative development of agrarian and industrial complex of Russia]. *Sistema tekhnologiy i mashin dlya innovatsionnogo razvitiya APK Rossii: Sb. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Moscow: VIM, 2013. pp. 9-12 (Russian).*
5. Elizarov V.P., Beylis V.M. *Razrabotka sistemy tekhnologiy i mashin dlya rasteniyevodstva* [Development of the system of technologies and machinery for plant industry]. *Sistema tekhnologiy i mashin dlya innovatsionnogo razvitiya APK Rossii: Sb. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Moscow: VIM, 2013. pp. 99-107 (Russian).*
6. Elizarov V.P., Beylis V.M. *Poryadok razrabotki mashinnykh tekhnologiy proizvodstva sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Order of development of machine technologies of crops production]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2013. No. 1. pp. 8-11 (Russian).
7. Elizarov V.P., Shevtsov V.G., Beylis V.M., Korotchenya V.M. *Razvitie sistemy mashin – put' tekhnicheskogo progressa v sel'skokhozyaystvennom proizvodstve* [Machines system development is the way of technical progress in agricultural production]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2014. No. 6. pp. 14-19 (Russian).
8. Elizarov V.P., Antyshev N.M., Beylis V.M. *Sistema mashin i tekhnologiy dlya rasteniyevodstva* [System of machines and technologies for plant industry]. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve*. 2009. No. 4. pp. 3-7 (Russian).
9. Elizarov V.P., Beylis V.M. *Problemy sozdaniya innovatsionnoy sistemy tekhnologiy i mashin dlya rasteniyevodstva* [Problems of creation of innovative system of technologies and machines for plant industry]. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2014. No. 10. pp. 46-50 (Russian).

УДК 631:620.97

ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ НА БАЗЕ ЭНЕРГОЭКОНОМНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

ТИХОМИРОВ А.В.,
канд. техн. наук,

МАРКЕЛОВА Е.К.,
канд. техн. наук,

УХАНОВА В.Ю.,
канд. техн. наук

Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства,
1-й Вешняковский проезд, 2, Москва, 109456, Российская Федерация, e-mail: viesh@dol.ru

Представили анализ состояния и эффективности использования систем энергообеспечения в сельском хозяйстве. Показали, что износ сетей и энергооборудования превышает 30 процентов, а коэффициент полезного использования топлива составляет не более 35 процентов. Отметили, что значительная часть территории страны (в основном северная) не имеет централизованного энергоснабжения. Для нее в большей степени эффективны децентрализованные комбинированные системы с широким использованием возобновляемых источников энергии и местных энергоресурсов. Обосновали необходимость разработки методологии и рекомендаций по выбору эффективных систем и технических средств энергообеспечения сельских объектов с учетом их места расположения, величины нагрузки, удаленности от централизованных сетей. Важнейший показатель энергоэффективности – энергоемкость продукции и доля энергозатрат в себестоимости. Показали резервы энергосбережения, включающие разработку энергоэффективных технологий и технических средств, ряд из которых уже разработан (оборудование для освещения, микроклимата, первичной обработки и хранения продукции, обеззараживания) или находится в стадии завершения. Их реализация в сельхозпроизводстве позволит значительно повысить эффективность использования топливно-энергетических ресурсов и снизить энергозатраты. Выявили условия, при которых важно наиболее эффективно использовать децентрализованные системы энергоснабжения. Привели характеристики оборудования и особенности его использования в сельхозпредприятиях. Разработали предложения и первоочередные мероприятия по совершенствованию и модернизации систем энергообеспечения на селе.

Ключевые слова: энергоэффективность, снижение энергозатрат, энергоемкость производства, энергоснабжение.

При разработке новых технологий и образцов техники важно повышать их энергоэффективность, то есть снижать энергозатраты и энергоемкость производства, отрицательно влияющие на себестоимость производимой продукции [1, 2].

Эффективность энергообеспечения сельских потребителей, затраты на энергоресурсы, а следовательно, и энергоемкость сельхозпродукции во мно-

гом определяются принятой системой энергоснабжения, используемыми энергоносителями, энергоэффективным оборудованием и величиной энергопотерь. Поэтому обоснование и выбор рациональной системы энергоснабжения конкретных объектов (или ее модернизация), адаптированной к местным условиям и наличию энергоресурсов, – важнейшая задача для реализации систем энергообеспечения на селе.

Энергосистемы сельского хозяйства России сильно устарели: износ распределительных электрических сетей превышает 30%, подстанций – 45%; 40% тепловых сетей требуют ремонта, 15% находятся в аварийном состоянии. Потери в распределительных электрических сетях достигают 15-20%, а в ряде случаев превышают 20%; коэффициент полезного использования топлива на уровне конечного потребителя в системах централизованного теплоснабжения составляет 30-40% [3].

Значительная часть территории России не имеет централизованного электроснабжения. Подключение же к централизованным электрическим системам затруднено из-за больших капитальных затрат и тарифов, отсутствия средств на прокладку дорогостоящих теплосетей и сооружение линий электропередачи. Это означает, что обеспечить электроэнергией и теплом потребителей, расположенных на этих территориях, наиболее целесообразно с помощью децентрализованных систем и оборудования малой энергетики. В настоящее время проблемы энергоснабжения (в первую очередь электроснабжения) решают, устанавливая дизельные электростанции, но это далеко не оптимальный вариант.

При низкой плотности нагрузки в зонах точечной застройки малонаселенной сельской местности, в отдаленных, труднодоступных и малоосвоенных районах с высокими капитальными затратами на тепловые и электрические сети, большими потерями энергии в протяженных сетях, дорогостоящей завоза жидкого топлива важное значение приобретает реализация систем малой энергетики на базе децентрализованных и комбинированных источников энергоснабжения с использованием местных и возобновляемых энергоресурсов.

Причинами низкой эффективности энергообеспечения считаются несовершенство и низкий технический уровень сетей и оборудования, слабое применение децентрализованных систем энергообеспечения и средств малой энергетики, которые для многих потребителей (особенно удаленных) более выгодны, а в ряде случаев и безальтернативны. Местные энергоресурсы из-за устаревших технологий используются мало и неэффективно.

В настоящее время разрабатываются эффективные системы и средства автономного энергообеспечения с использованием газа, местных и возобновляемых энергоресурсов. Их можно применять на стадии проектирования новых фермерских хозяйств, ЛПХ, объектов животноводства, в растениеводстве и переработке, где очень важен выбор эффективной системы энергообеспечения.

Цель исследований – определение первоочередных энергосберегающих мероприятий.

Материалы и методы. Важная задача заключается в разработке методологии и рекомендаций по выбору и обоснованию эффективных систем и технических средств энергообеспечения характерных сельских объектов с учетом места их расположения, величины электрической и тепловой нагрузки, расстояния от централизованных сетей энергообеспечения и наличия местных энергоресурсов.

Это необходимо и при модернизации используемых систем и оборудования на действующих объектах.

Обоснованный выбор оптимальной системы централизованного или автономного энергообеспечения проектируемых объектов, модернизация действующей системы конкретных эксплуатируемых объектов (потребителей энергии) позволят наиболее рационально использовать энергоресурсы (традиционные, нетрадиционные, местные, возобновляемые), снизить энергозатраты, а следовательно, и энергоемкость производимой продукции и ее себестоимость за счет сокращения энергетической составляющей в ее структуре).

Результаты и обсуждение. В таблице представлены усредненные показатели энергоемкости производства основных видов сельхозпродукции в животноводстве, включая энергозатраты на корма, и долю энергозатрат в себестоимости (2011 г.).

Таблица				
ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА СЕЛЬХОЗПРОДУКЦИИ				
Виды продукции	Электроэнергия, кВт·ч/ц	Топливо (теплота), кг у.т./ц	Суммарные энергозатраты (энергоемкость), кг у.т./ц	Доля энергозатрат в себестоимости продукции, %
Молоко	34	19	23	34,5
Свинина	250	190	220	26,5
Говядина	170	80	100	12,0
Яйца (1000 шт.)	95	28	38	34,0
Зерновые	13	12	14	31,5

В последние годы энергоемкость сельхозпроизводства снижалась, но доля энергозатрат в себестоимости неуклонно возрастала. Так, при действующих ценах (2011 г.) на энергоносители стоимость потребленных энергоресурсов в себестоимости основных видов сельхозпродукции в среднем составляла 26-35% (в 1985-1990 г. – 7-15%). Высокие показатели энергозатрат свидетельствуют об опережающем росте стоимости энергоносителей и низкой

эффективности использования топливно-энергетических ресурсов, что отрицательно сказывается на себестоимости продукции.

Поэтому энергетическая политика на селе должна быть направлена на совершенствование структуры топливно-энергетического баланса с обоснованием рациональных потребностей села в энергоресурсах на ближайшую и среднесрочную перспективу, освоение новых видов топлива и энергии, разработку и внедрение энергоэффективных технологий и техники, рационализацию и модернизацию систем обеспечения топливом и электроэнергией, включая широкое использование децентрализованных систем, местных и возобновляемых энергоресурсов.

Большие резервы энергосбережения, снижения энергозатрат и энергоемкости продукции заложены в освоении энергоэффективных электро- и теплотехнологий, электротехнологических процессов и оборудования в стационарных технологиях.

Прежде всего это относится к обеспечению микроклимата, освещения и облучения при хранении и переработке продукции, обработке зерна и подготовке семян, для борьбы с сорняками, обеззараживания. Они необходимы в овощеводстве закрытого грунта, при приготовлении кормов, а также в мобильных процессах растениеводства, включающих минимальную обработку почвы, использование комбинированных широкозахватных агрегатов, систем точного управляемого земледелия.

В сельскохозяйственной стационарной энергетике доля тепловых процессов очень велика – более 50%. Поэтому совершенствование систем теплоснабжения и обеспечения микроклимата, создание теплоэнергетического оборудования, повышающих эффективность использования топлива и электроэнергии, позволят сэкономить значительные объемы энергоресурсов, снизить энергоемкость и себестоимость продукции.

Подтвердил свою эффективность принцип децентрализации энергоснабжения ферм и других объектов: встраивание энергетических установок в отдельные помещения для непосредственного обеспечения энергией технологических процессов. Чаще всего для этого используют электрифицированные или газифицированные установки, что позволяет избавиться от протяженных электрических, тепловых и газовых сетей и значительно уменьшить потери энергии. Для таких систем предусмотрено энергетическое оборудование: инфракрасные электрические и газовые обогреватели, емкостные и проточные электроводонагреватели, конвекторы, теплопарогенераторы, утилизаторы.

В системах теплоэнергообеспечения высокой энергоэффективностью обладают такие техноло-

гические процессы, как утилизация выбросного тепла и использование тепловых насосов. Результаты исследований и испытаний этого оборудования подтверждают их энергоэффективность: их реализация позволит экономить до 40% затрат энергии на отопление и микроклимат [4]. Их использование в процессах обогрева и вентиляции животноводческих помещений, охлаждения молока и нагрева воды наиболее эффективно и имеет большую перспективу.

Кроме этого, тепловые насосы найдут свое применение в системах энергоснабжения предприятий защищенного грунта, фермерских хозяйств, хранения продукции в соответствии с конкретными условиями объектов.

Важное энергоэффективное направление – совершенствование систем освещения помещений с использованием резонансной системы электроснабжения, облучения растений и животных на базе новых осветительных приборов с лампами высокой световой отдачи и большим сроком службы (компактными люминесцентными, светодиодными, металлогалогенными, натриевыми), которые снижают потребление электроэнергии и служат в 2-6 раз дольше, чем лампы накаливания [5].

Разрабатываемые в последнее время электротехнологии и электротехнологические процессы, нанотехнологии и электрофизические методы воздействия на биообъекты (растения, семена, животных, птицу, производимую продукцию, воздушную среду, почву, корма, воду) имеют большую перспективу в плане как получения новых свойств и качеств материалов и среды, так и значительного сокращения энергозатрат, экономии топливно-энергетических ресурсов и снижения энергоемкости сельхозпродукции.

Возросла потребность в создании и использовании децентрализованного (автономного) энергообеспечения различных предприятий, включая сельскохозяйственные.

Этому способствуют следующие обстоятельства:

- превышение спроса на энергию (в ряде регионов имеет место дефицит энергии);
- резкое увеличение стоимости (тарифов) на электрическую, тепловую энергию и топливо, поставляемые энергоснабжающими организациями, что вызывает значительное возрастание энергетической составляющей в себестоимости сельхозпродукции;
- снижение надежности энергоснабжения и качества энергии (увеличение числа и продолжительности отключений), что влечет за собой рост ущерба, особенно в теплицах, на птицефабриках, комплексах, фермах, в хранилищах и на перерабаты-

вающих предприятиях;

- значительное возрастание платы за подключение новых мощностей и выполнение предъявляемых технических требований энергоснабжающей организации, что для многих потребителей становится практически не выполнимым;

- необходимость комплексного энергоснабжения (электрической и тепловой энергией) многих сельскохозяйственных объектов;

- наличие во многих регионах и хозяйствах местных энергоресурсов: биомассы, отходов животноводства, растениеводства, лесного хозяйства, масличных культур, развитие технологий их переработки в качественное жидкое топливо и газ, которые могут использоваться в децентрализованных системах для выработки электрической и тепловой энергии, что повышает КПД использования топлива;

- сверхнормативные потери энергии при ее передаче.

При этом открываются возможности:

- снижения стоимости вырабатываемой энергии, срока окупаемости капиталовложений и продажи излишков энергии;

- работы энергетического оборудования на различных видах топлива – как вырабатываемого на местах, так и поставляемого централизованно (газ, дизельное топливо, биотопливо);

- переоборудования имеющихся котельных в мини- и малые ТЭЦ.

Внедрение децентрализованных систем комплексного энергоснабжения, выбор той или иной системы и оборудования зависят от потребностей объекта в объемах и видах энергии, местных условий и наличия собственных энергоресурсов, возобновляемых источников, расстояния до системы централизованного энергоснабжения. Их определяют сравнительным технико-экономическим расчетом вариантов.

Эти условия требуют разработки различных типов децентрализованных систем и оборудования. Учитывают следующие показатели [6]:

- производительность;
- используемое топливо, наличие местных и возобновляемых ресурсов;

- график сезонной и суточной тепловой и электрической нагрузки потребителей.

Децентрализованные системы могут включать различное энергетическое оборудование:

- дизельные электростанции, наиболее распространенные до настоящего времени;

- мини-ТЭЦ на базе когенерационных агрегатов, вырабатывающие электрическую и тепловую энергии (в когенерационных установках могут использоваться газопоршневые, газотурбинные, газодизельные агрегаты);

- комбинированные установки (дизель-генератор + ветро-солнечная установка).

Пока, в отличие от европейских стран, в России статус когенерационных агрегатов в энергосистемах не установлен, и это тормозит их использование.

Тем не менее наметился рост строительства децентрализованных комбинированных установок электро- и теплоснабжения, устанавливаемых как в существующих отопительных котельных, так и на строящихся производствах в связи с тем, что в последние годы развивается малый и средний бизнес, требующий дешевых и надежных источников энергии. В большинстве случаев удаленность от производителя энергии делает централизованное энергообеспечение мелких и средних предприятий экономически не выгодным. Выработка электроэнергии на собственных энергоустановках в блоке с сопутствующей утилизацией тепла для удовлетворения своих потребностей в электрической и тепловой энергии повышает эффективность предприятий.

Когенерационная установка – альтернатива существующей системе энергоснабжения. Она представляет собой агрегат по комплексному производству тепла и электроэнергии, получаемых при сжигании газового, жидкого или твердого топлива. Природный газ остается основным топливом, но есть возможность и примеры применения альтернативных видов топлива, прежде всего различных видов биогаза, биодизеля, смесового топлива, генераторного и пиролизного газа, что в перспективе при производстве и внедрении соответствующего оборудования многократно увеличит объемы их использования в сельской энергетике.

Выбор рациональной системы энергоснабжения для конкретных сельскохозяйственных потребителей (хозяйств, предприятий, отдельных объектов) должен осуществляться на основе энергетической и экономической оценки вариантов с учетом региональных особенностей, наличия местных энергоресурсов, состояния (наличия) централизованной системы и действующих тарифов, требуемой мощности, а также графиков электрической и тепловой нагрузки (дневного, сезонного).

В целях снижения затрат на электроснабжение важно перевести ряд крупных и средних объектов на дифференцированную по времени суток систему учета электроэнергии. Используя установленные во многих регионах пониженные (до 50%) ночные тарифы, целесообразно выбор энергооборудования и перестройку производства осуществлять так, чтобы, перераспределив нагрузки, снизить дневное и увеличить ночное электропотребление [5].

Практическая методика для оценки целесообразности перевода объектов на двухтарифный учет потребления электроэнергии позволяет опре-

делить те объекты, где будет обеспечен экономический эффект, и уточнить, какие мероприятия по перестройке производства следует осуществить.

Энергетическая оценка создаваемых энергоэффективных систем и средств энергообеспечения, а также энергосберегающих мероприятий помогает выявить потенциальные возможности экономии потребления и замещения традиционных энерго-ресурсов (газа, угля, нефти, электроэнергии).

Выводы. В ходе структурного анализа состояния энергетической базы села, парка энергетического оборудования, разработки предложений по модернизации энергетических систем и образцов энергетических средств определены первоочередные энергосберегающие мероприятия, к которым относятся:

- совершенствование и модернизация систем и средств электроснабжения (включая новый магистральный принцип построения и использования резонансной системы передачи электроэнергии) для повышения их надежности, устойчивости, экономичности, качества энергии, что обеспечивает снижение потерь энергии в сетях на 35-40% и ее экономии до 10%;

- повышение эффективности использования топлива и энергии в наиболее энергоемких тепловых процессах содержания животных и птицы, включая утилизацию тепла, применение тепловых насосов, аккумуляцию тепла, комбинированную выработку тепловой и электрической энергии, местный обогрев, что позволит снизить затраты энергии в данных процессах на 30-40%;

- разработка и освоение систем и средств «малой энергетики» на базе использования местных энергоресурсов, отходов сельхозпроизводства в децентрализованных системах энергообеспечения, замещение традиционных ископаемых видов то-

плива;

- разработка и реализация технологий переработки биомассы и сельскохозяйственных отходов в газообразное и жидкое топливо (биодизель, биоэтанол), а отходов животноводства (стоков) – в качественные удобрения и биогаз, что позволит обеспечить частичное или полное замещение традиционного дизельного, печного топлива или газа на объектах;

- освоение новых электротехнологий в процессах микроклимата, приготовления кормов, облучения, обработки семян и хранения продукции, обеззараживания помещений, воды, кормов с применением регулируемого электропривода, что снизит энергозатраты на 25-30%;

- разработка и внедрение эффективных систем и средств освещения производственных помещений на базе новых энергоэкономных светильников, с использованием компактных люминесцентных, натриевых ламп, светодиодов, благодаря чему можно сэкономить до 70% электроэнергии;

- использование возобновляемых источников энергии в сельской энергетике, замещающих традиционные энергоресурсы;

- переоборудование старых котельных и сооружение новых теплоэлектрических станций (мини-ТЭЦ) с выработкой тепловой и электрической энергии, что обеспечит до 40% экономии топлива.

Реализация и внедрение новых экономичных способов, систем и технических средств энергообеспечения технологических процессов, производственных объектов и социально-бытового сектора позволят повысить энергоэффективность использования топливно-энергетических ресурсов, снизить к 2020 г. энергозатраты и энергоемкость сельхозпроизводства на 40% и улучшить условия труда и быта на селе.

Литература

1. Расстригин В.Н., Тихомиров Д.А. Развитие электрических систем и технических средств теплообеспечения животноводческих предприятий // *Техника в сельском хозяйстве*. – 2010. – № 6. – С. 13-15.

2. Тенденции развития сельскохозяйственной техники за рубежом. Черноиванов В.И., Орсик Л.С., Федоренко В.Ф., Буклагин Д.С., Мишуров Н.П., Гольяпин В.Я., Колчина Л.М., Кузьмина Т.Н., Соловьева Н.Ф., Кокоченко В.В., Шилова 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. *Научный аналитический*

обзор: По матер. Медунар. выст. «SIMA-2007» / Министерство сельского хозяйства РФ. М.: 2007.

3. Стребков Д.С., Тихомиров А.В. Развитие и модернизация энергетической базы сельского хозяйства России на период до 2020 // *Матер. междунар. науч.-практ. конф. РУП НПЦ НАН Беларуси*. – Минск, 2009. – Т. 1. – С. 33-46.

4. Лямцов А.К., Малышев В.В. Обоснование параметров светильников со светодиодными лампами для освещения птицы при клеточном содержании. *Тр. 8-й Междунар. науч.-техн. конф. ВИЭСХ*. – М., 2012. – Ч. 7. – С. 162-170.

5. Лачуга Ю.Ф. *Энергетическая стратегия сельского хозяйства России на период до 2020 г.* – М.: РАСХН, ВИЭСХ, 2009. – 45 с.

6. Тихомиров Д.А. Энергоэффективный способ теплообеспечения объектов животноводства //

Международный научно-исследовательский журнал 2014. – № 3 (22), Ч. 2. – С. 68-69.

FUEL AND POWER RESOURCES BASED ON ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES AND TECHNICAL MEANS IN AGRICULTURE

A.V.Tikhomirov, E.A.Markelova, V.Yu.Ukhanova

All-Russia Research Institute for Electrification of Agriculture, 1st Veshnyakovskiy proezd, 2, Moscow, 109456, Russian Federation, e-mail: viesh@dol.ru

The state and efficiency of the use of the energy supply systems in agriculture were analyzed. It is demonstrated that grids and power equipment deterioration exceeds 30 percent, and fuel volume-efficiency ratio is not more than 35 percent in this sector. A considerable part of the country territory (mainly the northern one) does not have centralized power supply. Decentralized cogeneration systems with extensive use of renewable energy sources and local energy recourses are highly efficient for this part. A necessity of development of methodology and recommendations for the selection of efficient systems and technical means of power supply to agricultural enterprises was substantiated with due consideration of their location, load intensity and distance from centralized grids. The most important indication of energy efficiency is energy intensity of products and energy inputs share in the production cost. Reserves for energy saving including the development of energy-efficient technologies and technical means, some of which have already been developed (equipment for lighting, microclimate, primary treatment and storage of products, disinfection) or are at the completion stage were presented. Their implementation in agricultural production will make it possible to raise considerably the efficiency of the use of fuel and power resources and to reduce energy consumption. The conditions in which the use of decentralized power supply systems is most efficient were educed. The characteristics of related equipment and the specifics of its use at agricultural enterprises are described. The proposal and priority actions for the development and upgrading of power supply systems for agriculture have been elaborated.

Keywords: Energy efficiency; Reduce of energy consumption; Energy-output ratio; Energy supply.

References

1. Rasstrigin V.N., Tikhomirov D.A. Razvitie elektricheskikh sistem i tekhnicheskikh sredstv teploobespecheniya zhivotnovodcheskikh predpriyatiy [Development of electrical systems and equipment for heating livestock enterprises]. Tekhnika v sel'skom khozyaystve. 2010. No. 6. pp. 13-15 (Russian).

2. Chernoiivanov 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., Evtuyushenkov 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'skokhozyaystvennoy tekhniki za rubezhom [Tendencies of development of agricultural machinery abroad]. Nauchnyy analiticheskiy obzor: Po mater. Mezhdunar. vyst. «SIMA-2007». Ministerstvo sel'skogo khozyaystva RF. Moscow: 2007 (Russian).

3. Strebkov D.S., Tikhomirov A.V. Razvitie i modernizatsiya energeticheskoy bazy sel'skogo

khozyaystva Rossii na period do 2020 [Development and modernization of the energy base of agriculture of Russia for the period up to 2020]. Mater. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. RUP NPTs NAN Belarusi. Minsk, 2009. T. 1. pp. 33-46 (Russian).

4. Lyamtsov A.K., Malyshev V.V. Obosnovanie parametrov svetil'nikov so svetiodiodnymi lampami lya osveshcheniya ptitsy pri kletochnom soderzhanii [Substantiation of the parameters of the luminaires with led lamps for poultry lighting under cage management]. Tr. 8-y Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. VIESKh. Moscow, 2012. Ch. 7. pp. 162-170 (Russian).

5. Lachuga Yu.F. Energeticheskaya strategiya sel'skogo khozyaystva Rossii na period do 2020 g. [Energy strategy of agriculture of Russia for the period till 2020]. Moscow: RASKhN, VIESKh, 2009. 45 pp. (Russian).

6. Tikhomirov D.A. Energoeffektivnyy sposob teploobespecheniya ob"ektov zhivotnovodstva [Energy efficient method of livestock facilities heating]. Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal 2014. No. 3 (22), Ch. 2. pp. 68-69 (Russian).

УДК 621.43

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ЭФФЕКТА ПОДАЧИ ВОДЫ В КАМЕРУ СГОРАНИЯ ДИЗЕЛЯ

БИЖАЕВ А.В.,
аспирант, зав. лабораторией

Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К.А.Тимирязева,
Тимирязевская ул., 49, Москва, 127550, Российская Федерация, e-mail: a.bizhaev@mail.ru

Добавка воды в поршневого двигателя внутреннего сгорания существенно влияет на температуру рабочего заряда в цилиндре, что сказывается на содержании токсичных веществ в отработанных газах. Для оценки эффекта от подачи воды в камеру сгорания необходима расчетная методика, которая позволит получить конкретные значения параметров при различных режимах работы двигателя, а также при изменяемых соотношениях воды и топлива. Разработали математическую модель, помогающую найти зависимости основных параметров двигателя, благодаря чему можно провести сравнительную оценку систем подачи воды в двигатель.

Ключевые слова: добавка воды в двигатель, отработанные газы, температура заряда, тепловая напряженность двигателя, период задержки воспламенения.

В связи с постоянно растущими экологическими требованиями для транспорта необходимо снижать токсичность отработанных газов ДВС [1]. Одна из наиболее эффективных мер – добавка воды в цилиндры двигателя [2].

Подачу воды в двигатель использовали еще в начале XX в. Она получила широкое распространение в авиационной технике во время Второй мировой войны благодаря антидетонационному воздействию путем снижения тепловой напряженности бензиновых двигателей [3]. В дизелях подачу воды используют для снижения токсичности.

Основные способы добавки воды – это подача ее в виде водотопливной эмульсии или с воздухом непосредственно во впускную систему.

По каждому из способов проводилось множество исследований, которые позволили дать оценку влияния добавки воды в разных условиях. Однако объективно сравнить эти методы на представлялось возможным.

Цель исследования – создание математической модели, позволяющей дать сравнительную оценку теплового эффекта основных методов подачи воды в камеру сгорания дизеля.

Материалы и методы. Основной искомым параметр конкретной математической модели – конечная температура в цилиндре при добавке определенного количества воды. Поэтому определили условия, при которых будет работать математическая модель:

- при подаче с воздухом вся вода испаряется полностью во впускном коллекторе;

- теплота смеси в цилиндре передается воде до состояния теплового равновесия;

- при впрыске в виде эмульсии вода равномерно распределяется в топливной струе.

Расчет основан на теплообмене между поданной водой и топливовоздушной смесью. При этом зададим следующие значения: геометрические параметры камеры сгорания; критерии работы ДВС; параметры поступающих в двигатель жидкостей и газов; опции топливной струи форсунки

Основные физические величины аппроксимируются по справочным данным. В диапазоне параметров работы двигателя их функции обладают сравнимо малой погрешностью.

Результаты и обсуждение. По полученным расчетам получили несколько точек, описывающих функцию искомым параметров. Мы изучили температуру свежего заряда в конце такта сжатия и в зоне топливной струи (рисунк) в дизельном двигателе Д-120, работающем при температуре впускного воздуха 340К, давлении на впуске 90 кПа. Коэффициент наполнения равен 0,95; коэффициент избытка воздуха – 1,5; температура подаваемой воды ~ 313К; температура топлива – 300К.

Полученные данные открывают возможность для дальнейшего расчета параметров, необходимых для сравнения методов подачи воды. Температура в конце сжатия, а также в зоне струи значительно повлияет на процесс сгорания и образование токсичных веществ. Математическая модель позволяет также найти зависимость температуры в зоне струи от опций форсунки, предельное коли-

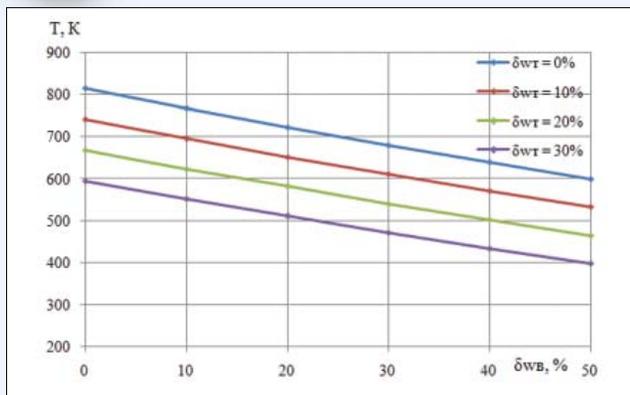


Рисунок. Зависимость температуры в топливном факеле от подачи воды (δwt , δwv – весовые доли воды в топливе и воздухе соответственно)

чество воды для подачи в двигатель, период задержки воспламенения.

Добавление воды к воздуху на впуске снижает температуру свежего заряда. Для двигателя Д-120 температура заряда вне зон топливной струи уменьшается примерно на 50К при 10% – добавке воды относительно номинальной цикловой подачи топлива. При увеличении доли воды до 50% темпе-

ратура заряда снижается в конце сжатия на 230К.

Присутствие воды в виде эмульсии с топливом обеспечивает дополнительное охлаждение топливо-воздушной смеси в зоне топливной струи. Величина этого снижения температуры зависит от концентрации воды в водотопливной эмульсии, впрыскиваемой форсункой. Наличие 10% воды в эмульсии уменьшает температуру топливо-воздушной смеси примерно на 60К. Это снижение дополнительно уменьшает температуру заряда, охлажденного водой, поданной на впуске. При впрыскивании эмульсии с содержанием воды 30% температура топливо-воздушной смеси падает на 200-220К. Это вызывает охлаждение заряда в зоне струи до 773К и ниже, что может вызвать большие задержки или пропуски воспламенения топлива.

Выводы

При подаче воды в камеру сгорания изменяются основные параметры горения смеси. Полученная математическая модель позволяет определить конкретные значения этих параметров. Исходя из найденных зависимостей можно провести комплексную оценку способов подачи воды в двигатель.

Литература

1. Сапьян Ю.Н., Воробьев М.А., Колос В.А. Система допуска к производству и применению биологических видов моторного топлива // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2010. – № 3 – С. 22-28.

2. Сапьян Ю.Н., Колос В.А., Кабакова Е.Н. Проблемы использования оксигенатов как компонентов моторных топлив / Система техноло-

гий и машин для инновационного развития АПК России: Сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. Ч. 2. – М.: 2013. – С. 144-148.

3. Савельев Г.С., Кочетков М.Н., Овчинников Е.В., Овчинников А.В. Результаты испытаний по использованию нанопродукта в виде добавки в биотопливо из рапсового масла // Система технологий и машин для инновационного развития АПК России: Сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. Ч.1. – М.: 2013. – С. 220-225.

MATHEMATICAL MODEL OF ASSESSMENT OF EFFECT OF WATER SUPPLY IN ENGINE COMBUSTION CHAMBER

A.V.Bizhaev, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya St., 49, Moscow, 127550, Russian Federation, e-mail: a.bizhaev@mail.ru

A water additive in a reciprocating internal combustion engine significantly influences temperature of a working charge in a cylinder that has impact on a toxic substances content in exhaust gases. An analytic technique is necessary for an assessment of water supply effect in the combustion chamber. Due this method, we can receive concrete values of parameters at various power setting, and at changeable ratios of water and fuel. In this regard, a new developed mathematical model makes it possible to find dependences of engine key parameters and to carry out a comparative assessment for systems of water supply in the engine.

Keywords: Water additive in an engine; Exhaust gases; Charge temperature; Engine thermal intensity; Ignition delay period.

References

1. Sap'yan Yu.N., Vorob'ev M.A., Kolos V.A. Sistema dopuska k proizvodstvu i primeneniyu biologicheskikh vidov motornogo topliva [System of the admission to production and application of motor fuel types]. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. 2010. No. 3 pp. 22-28 (Russian).

2. Sap'yan Yu.N., Kolos V.A., Kabakova E.N. Problemy ispol'zovaniya oksigenatov kak komponentov motornykh topliv [Problems of use of oxygenates as components of motor fuels]. Sistema tekhnologii i mashin dlya innovatsionnogo razvitiya APK Rossii: Sb. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Ch 2. Moscow: 2013. pp. 144-148 (Russian).



РАЗВИТИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МАШИННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АПК РОССИИ.

В сентябре 2015 года в ВИМ состоялась Международная научно-техническая конференция «Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства».

В работе конференции приняли участие ученые научно-исследовательских, учебных учреждений, ведущие специалисты и производители сельскохозяйственной техники.



Академик РАН Измайлов А.Ю.

Открывая конференцию, директор ВИМ, академик РАН Измайлов А.Ю. отметил ее значимость в свете актуальности инновационного развития АПК нашей страны на базе интеллектуальных машинных технологий. Заместитель директора ВИМ по научной работе, д.т.н., профессор Лобачевский Я.П. в своем выступлении «Актуальность разработки перспективной системы машин и технологий для производства основных видов сельскохозяйственной продукции в Российской Федерации и Республике Беларусь» отметил, что в связи с введенными санкциями на поставку продуктов, сырья и технологического оборудования необходимо наладить производство собственных видов продовольствия – в первую очередь молочных продуктов, картофеля, плодов и овощей. Интенсификация работ в селекции и семеноводстве должна расширить производство собственных семян основных сельскохозяйственных культур.



Д.т.н., профессор
Лобачевский Я.П.

Эти задачи могут быть решены только при создании, массовом изготовлении и широком внедрении новейших комплексов и систем машин, адаптированных к условиям возрождаемого сельского хозяйства России.

При создании новых комплексов машин ученые ВИМ выделяют два актуальных направления.

Первое направление – это современная высокотехнологичная, многофункциональная роботизированная техника, насыщенная элементами автоматизированного управления, которая ориентирована на крупные агрохолдинги с достаточными инновационными возможностями.

Второе направление – малогабаритные универсальные машины для мелких фермерских и личных подсобных хозяйств.

Решение этих задач будет наиболее эффективным в рамках создаваемого научного Центра с участием ведущих институтов ФАНО. Объединение ведущих ученых в рамках научного Центра для совместного решения приоритетных задач развития агроинженерной сферы позволит сконцентрировать научно-технический и интеллектуальный потенциал ученых, занятых в различных направлениях сельскохозяйственного производства и даст возможность использовать в исследованиях достижения в смежных отраслях науки.

С докладом «О значении развития интеллектуальных машинных технологий» выступил академик РАН, директор института ИАЭП Попов В.Д., который представил



Академик РАН Попов В.Д.



*Академик РАН
Черноиванов В.И.*

широкомасштабный спектр техники нового поколения для экологизации производства сельскохозяйственной продукции, разработанной в институте.

Академик РАН, Черноиванов В.И. отметил значение инженерной науки в развитии сельскохозяйственного производства. Наука должна по результатам исследований ученых давать практические рекомендации, внедрять результаты своей работы в сельское хозяйство страны. Необходимо осуществлять, сказал далее Черноиванов В.И., связь науки с Росагромашхолднгом и другими фирмами и предприятиями по производству сельскохозяйственной техники.

С докладом «Тенденции применения робототехнических средств в АПК» выступил академик РАН Рунов Б.А. Он подчеркнул, что XXI век – это век генной инженерии, информационных технологий, роботизации. Вся сельскохозяй-



Академик РАН Рунов Б.А.

ственная техника должна иметь программное обеспечение для увеличения производительности труда и улучшения условий работы сельхозпроизводителя.

В своем выступлении чл.-корр. РАН Иванов Ю.А. сказал о приоритетах в области механизации



*Д.т.н., профессор
Годжаев З.А.*



Чл.-корр. РАН Иванов Ю.А.

ции животноводства.

О технологической платформе «Инновационные машинные технологии сельхозпроизводства» говорил в своем выступлении д.т.н., профессор Годжаев З.А., который отметил, что необходимо ускорить создание машин но-



Д.т.н., Пахомов В.И.

пластиков в конструкциях современных сельскохозяйственных машин.

Развитие животноводства в стране, необходимость определения приоритетов этой отрасли, взаимодействие животноводства и растениеводства стали темой выступления академика РАН, д.т.н. Морозова Н.М.



Нунгезер В.В.

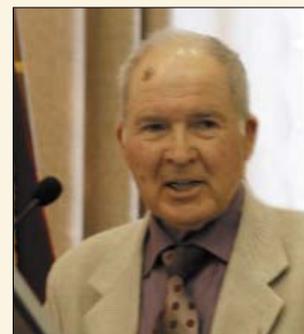
вейшей техникой и ускорения процесса импортозамещения.

Директор института Механики и энергетики РГАУ-МСХА, д.т.н., профессор Дорохов А.С. говорил о необходимости разработки такой системы образования, чтобы выпускники были готовы к работе в сельскохозяйственном производстве.

В постановлении, принятом на конференции, выражена уверенность, что ученые РАН приложат все усилия для инновационного развития АПК России. ◆

вого поколения, интеллектуальных машинных технологий. Назрела острая необходимость совершить революционный прорыв в развитии механизации сельхозпроизводства страны.

Д.т.н., директор СКНИИМЭСХ, Пахомов В.И. рассказал о перспективах применения



Академик РАН Морозов Н.М.

Заместитель генерального директора «Концерна тракторных заводов» Нунгезер В.В. акцентировал внимание на необходимости единства науки и сельхозпроизводства, чтобы можно было применить на практике разработки ученых в целях обеспечения сельхозпроизводства но-



*Д.т.н., профессор
Дорохов А.С.*



*8 июля 2015 года исполнилось 75 лет
члену-корреспонденту
Российской академии наук
Мазитову Назибу Каюмовичу*

Уважаемый Назиб Каюмович!

Коллектив Всероссийского научно-исследовательского института механизации сельского хозяйства горячо и сердечно поздравляет Вас с юбилейной датой – 75-летием со дня рождения!

Назиб Каюмович Мазитов – известный ученый в области технологий и средств механизации сельского хозяйства, автор более 400 научных публикаций, в том числе 13 монографий и 39 патентов. Им разработаны:

- технология и средства механизации ухода за многолетними травами (1965-2004 гг.);
- технология и средства механизации возделывания картофеля (1965-2004 гг.);
- ресурсосберегающая технология и средства механизации возделывания зерновых, зернобобовых, кормовых культур и льна (1970-2005 гг.);
- комплекс унифицированных блочно-модульных культиваторов (1989-2005 гг.);
- комплекс блочно-модульных посевных комбайнов (1999-2005 гг.);
- комплекс отечественных технических средств для аэрационной и влагоаккумулирующей экологически чистой технологии повышения продуктивности сеяных и природных сенокосов и пастбищ (1965-2013 гг.).

Н.К.Мазитов обосновал полный комплекс

импортозамещающей прогрессивной техники для обработки почвы и посева в экстремальных погодных условиях.

Заслуги ученого достойно оценены государством. Ему присвоены почетные звания: Заслуженного работника сельского хозяйства Татарской АССР, Заслуженного деятеля науки Российской Федерации, лауреата государственной премии РСФСР, лауреата государственной премии Республики Татарстан, лауреата премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники за «Создание и внедрение в производство кормоуборочного комплекса Полесье». Доблестный труд Н.К.Мазитова отмечен многочисленными грамотами, дипломами, золотыми медалями.

В этот знаменательный день желаем Вам, уважаемый Назиб Каюмович, крепкого здоровья, семейного благополучия и дальнейших творческих успехов в Вашей многогранной научно-производственной деятельности на благо развития Российской науки и отечественного сельхозмашиностроения.

Директор ВИМ Измайлов А.Ю..



ПОДПИСКА 2016

КАК
подписаться
на журнал?



ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!

Подписку на первое полугодие 2016 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