



# Сельскохозяйственные МАШИНЫ и ТЕХНОЛОГИИ

№ 3 2015

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ И ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЖУРНАЛ

Агропродовольственный сектор России:  
проблемы и возможности

Современный трактор «Кировец» –  
составляющая гарантии независимости  
сельского хозяйства России



Трактор «Кировец» К-744Р - продукция Петербургского тракторного завода



# ВСЕРОССИЙСКИЙ ИНСТИТУТ МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА (ВИМ) НОВЕЙШАЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНИКА

## КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫЙ КОМБАЙН



Разработано ВИМ



Комбайн  
предназначен  
для уборки  
оригинальных  
семян  
картофеля  
и топинамбура

Комбайн может быть оборудован как гидравлическими, так и электрическими элементами управления. Комбайн обеспечивает максимальный выход продукции с минимальными механическими повреждениями при компактных габаритах

109428, Москва, 1-й Институтский проезд, 5 Тел./факс: (499) 171-43-49, (499) 171-43-47;  
e-mail: vim@vim.ru

[www.гнувим.рф](http://www.гнувим.рф)



# 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 АИПИИТ, КазНАУ,  
Казахстан, Алматы

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

НАД НОМЕРОМ РАБОТАЛИ:

**В.В. Бижаев**

**С.В. Гришуткина**

**Р.М. Нурбагандова**

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

109428, Москва,

1-й Институтский проезд, 5

Телефоны: (499) 174-88-11

(499) 174-89-01

E-mail: vim-smit@rambler.ru; 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

**Ушачёв И.Г.**

Агропродовольственный сектор России в условиях санкций:  
проблемы и возможности. . . . . 3

**Кряжков В.М., Годжаев З.А., Шевцов В.Г., Гурылев Г.С.,  
Лавров А.В., Ошеров А.Н.**

Проблемы формирования инновационного парка  
сельскохозяйственных тракторов России . . . . . 9

### НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

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

Управление сельскохозяйственными мобильными агрегатами  
с использованием навигационной системы ГЛОНАСС/GPS . . . . . 15

**Хоанг Нгиа Дат, Пархоменко Г.Г., Пахомов В.И., Рыков В.Б.,  
Бырько С.И., Божко И.В.**

Функционирование гидродинамического смесителя при  
производстве биодизельного топлива из масла яatroфы . . . . . 21

**Бижаев А.В.**

Экспериментальная установка для оценки методов  
подачи воды в ДВС . . . . . 26

### ХИМИЗАЦИЯ

**Докин Б.Д., Ёлкин О.В., Лапченко Е.А.**

Техническое обеспечение сроков проведения  
полевых работ в условиях Сибири . . . . . 30

**Кулешов М.С., Макаров В.А., Марченко Н.М.**

Распределение воздушно-минеральной смеси по каналам  
штанговой машины для внесения удобрений . . . . . 34

### ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ

**Норчаев Д.Р.**

Обоснование параметров энергосберегающего  
подкапывающего рабочего органа . . . . . 38

### ОБЗОРЫ, ВЫСТАВКИ

**Измайлов А.Ю., Колчин Н.Н., Лобачевский Я.П., Кынев Н.Г.**

Современные технологии и специальная техника для  
картофелеводства . . . . . 43

### ИНФОРМАЦИЯ

В ответ на санкции российские аграрии выбирают «Кировец» . . . . . 48

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ). Полные тексты  
статей размещаются на сайте электронной научной библиотеки: [elibrary.ru](http://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 № ФС77-27860  
from April, 12th, 2007

EDITOR-IN-CHIEF  
Kolesnikova V.A.

EDITORIAL BOARD:

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

EDITORIAL BOARD  
FOREIGN MEMBERS:

Kravchuk V.I. – D.Sc.(Eng.), corr.m. of NAAS  
of Ukraine  
Sadykov Zh.S. – D.Sc.(Eng.), prof.  
of Kazahstan  
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,  
1<sup>st</sup> Institutskiy proezd, 5  
Tel.: +7 (499) 174-88-11  
+7 (499) 174-89-01

E-mail: vim-smit@rambler.ru  
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 15.05.2015  
The circulation is 500 copies

## CONTENTS

### PROBLEMS AND DECISIONS

**Ushachev I.G.**

Agrofood sector of Russia under sanctions conditions:  
problems and opportunities . . . . . 3

**Kryazhkov V.M., Godzhaev Z.A., Shevtsov V.G., Gurylev S.G.,  
Lavrov A.V., Osheroev A.N.**

Problems of formation of russian innovative agricultural tractors fleet . . 9

### NEW TECHNICS AND TECHNOLOGIES

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

Control of agricultural mobile units with use of the GLONASS/GPS  
navigation system . . . . . 15

**Hoang Nghia Dat, Parkhomenko G.G., Pakhomov V.I., Rykov V.B.,  
Byr'ko S.I., Bozhko I.V.**

Hydrodynamic mixer operation by biodiesel production  
from jatropa oil . . . . . 21

**Bizhaev A.V.**

Experimental installation for an assessment of methods of water  
supply in an internal combustion engine . . . . . 26

### CHEMICALIZATION

**Dokin B.D., Elkin O.Y., Lapchenko E.A.**

Maintenance of field works terms in Siberia . . . . . 30

**Kuleshov M.S., Makarov V.A., Marchenko N.M.**

Distribution of air and mineral mixture by means of the channels  
of a boom applicator for fertilizers application . . . . . 34

### FOREIGN EXPERIENCE

**Norchaev D.R.**

Justification of parameters of the energy saving digging  
working element . . . . . 38

### REVIEWS, EXHIBITIONS

**Izmaylov A.Yu., Kolchin N.N., Lobachevskiy Ya.P., Kynev N.G.**

Modern technologies and special equipment for potato production . . . 43

### INFORMATION

In response to sanctions the Russian agrarians choose «Kirovets» . . . . 48

*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.

УДК 638.43

# АГРОПРОДОВОЛЬСТВЕННЫЙ СЕКТОР РОССИИ В УСЛОВИЯХ САНКЦИЙ: ПРОБЛЕМЫ И ВОЗМОЖНОСТИ



По материалам доклада на Московском экономическом форуме  
26 марта 2015 г.

**И.Г.УШАЧЁВ,**

*член Президиума Российской академии наук,  
академик РАН, директор ВНИИЭСХ*

Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства, e-mail: info@vniiesh.ru,  
Москва, Российская Федерация

**С**овременный агропродовольственный комплекс России функционирует, как и экономика страны в целом, в весьма сложных и далеко неоднозначных социально-экономических условиях. На внутренние проблемы наложился внешние факторы – санкции и антисанкции.

Одновременно идет процесс адаптации к условиям, принятым Россией при вступлении в ВТО. С 2015 г. запущен новый интеграционный процесс в рамках Евразийского экономического пространства. В этих условиях важно знать прогнозы развития агропромышленного комплекса страны на предстоящие годы.

Если оценивать результаты реализации государственных мер в области сельского хозяйства по официальным статистическим данным, то можно отметить, что в последнее время они представляются достаточно позитивными, особенно в растениеводстве. Так, сельское хозяйство приобрело более устойчивый характер развития по сравнению с функционированием всей экономики страны, что позволило сократить долю убыточных сельскохозяйственных организаций. По темпам роста производства продукции темпы развития отрасли были выше, чем рост физического объема ВВП.

По предварительным данным Росстата, в 2014 г.

индекс производства продукции сельского хозяйства (в сопоставимых ценах) в хозяйствах всех категорий составил 103,7%, превысив целевой показатель Государственной программы на 1,2 процентных пункта (п.п.), однако к уровню 2013 г. снижение составило 2,1 п.п., что обусловлено высокой базой производства продукции растениеводства. Индекс производства продукции растениеводства составил 105,0% и был выше целевого показателя на 2,1 п.п. вследствие увеличения валового сбора зерна (на 12,4%), картофеля (на 3,0%) и овощей (на 2,3%). Индекс производства продукции животноводства был выше планового значения на 0,1 п.п. и уровня 2013 г. – на 1,5 п.п. благодаря росту производства мяса свиней (на 4,7%), птицы (на 6,7%) и молока (на 0,1%). Индекс производства пищевых продуктов, включая напитки (в сопоставимых ценах), составил 102,5% и был меньше целевого показателя на 0,6 п.п.

В этих условиях пороговые значения продовольственной независимости по основным продуктам растениеводства уже достигнуты. Удельный вес отечественной животноводческой продукции пока остается ниже значений, определенных Доктриной продовольственной безопасности: по молоку – 77,4% против 90%, по мясу – 82,3% против 85%, од-

нако в прошедшем году удалось приблизиться к целевому значению.

Одновременно ухудшились макроэкономические условия функционирования отрасли, что влияет на привлечение инвестиций. В 2014 г. инвестиции в основной капитал сельского хозяйства снизились на 5,5%, реальные доходы населения уменьшились на 1%, в том числе вследствие ускорения инфляции, что сдерживает рост спроса на продовольствие.

Следует учесть, что рост розничных цен на продукты питания не означает аналогичного повышения цен реализации продукции сельского хозяйства. Так, потребительские цены на продовольствие в декабре 2014 г. по сравнению с декабрем 2013 г. выросли на 15,4%, а на продукцию сельского хозяйства – на 14,1%. В 2015 г. инфляция уже достигла 15,8%. Продолжается рост цен на материально-технические средства для сельского хозяйства из-за удорожания как импортных ресурсов, используемых в сельскохозяйственном производстве, так и отечественных: примерно на треть повысилась стоимость минеральных удобрений, из-за корректировки налогового законодательства ожидается значительное удорожание автомобильного топлива.

В результате сохраняются существенные экономические риски для сельского хозяйства, что в свою очередь снижает устойчивость его роста и возможность решения задач по ускорению импортозамещения. Сложившаяся ситуация в значительной мере связана с внешними факторами, среди которых наиболее существенный – падение курса рубля, хотя есть эксперты, которые считают, что это благо для экономики страны,

Два других фактора – санкции и ответные меры на них – действуют разнонаправленно. Санкции в отношении России влияют на экономику сельского хозяйства, главным образом, через произошедшее удорожание кредитов, а следовательно, текущей и инвестиционной деятельности. Наши санкции призваны расширить нишу для отечественных сельскохозяйственных товаропроизводителей, что уже находит выражение в росте производства продукции животноводства и объемов выпуска продовольственных товаров пищевой промышленности (рис. 1). Это подтверждается увеличением производства в январе-феврале 2015 г.: мяса и субпродуктов животных и птицы – на 13-17%, сыров и сырных продуктов – на 32%.

Падение курса рубля крайне негативно отразилось на экономике отрасли. Одна, на первый взгляд малозаметная для основной части населения, причина – резкое удорожание ресурсов, приобретаемых для производства продукции. Вот несколько примеров: в растениеводстве доля импортных се-

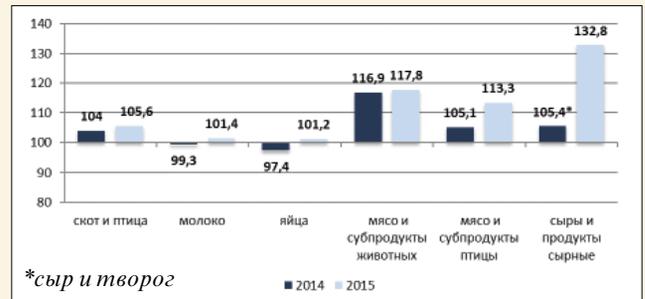


Рис. 1. Динамика производства основных видов продукции животноводства и отдельных видов пищевых продуктов в 2014 и 2015 гг. (январь-февраль к январю-февралю предыдущего года), %

мян таких культур, как кукуруза, сахарная свекла, подсолнечник, овощи, составляет 50-90%, в животноводстве та же ситуация с кормовыми добавками, ветеринарными препаратами, племенными животными. Еще больше она проявляется в части оборудования для животноводческих ферм и птицефабрик. Совершенно очевидно, что без решения проблемы импортозамещения ресурсов для производства сельскохозяйственной продукции не может быть гарантированной продовольственной безопасности страны. Эту задачу следует решать не только на отраслевом и аграрном уровнях, а прежде всего на системном межотраслевом и макроэкономическом. Она связана с необходимостью восстановления и развития целых подотраслей промышленности – тракторного и сельскохозяйственного машиностроения, биопрепаратов и других.

Развитие АПК сдерживается и внутренними факторами, которые неблагоприятно складываются практически по всем направлениям экономического механизма.

Низкое финансирование, не достаточное для развития, во многом определяется несовершенством действующего экономического механизма в сельском хозяйстве.

Если рассматривать кредитование, то можно отметить, что в 2014 г. произошло снижение его объемов: совокупный размер выданных кредитных ресурсов составил 1 трлн руб., или на 13% меньше, чем в 2013 г.

Снижение объемов кредитования вызвано, с одной стороны, задолженностью федерального бюджета по расходным обязательствам, касающимся компенсации части затрат при уплате процентной ставки по уже действующим инвестиционным кредитам, которую удалось погасить только осенью 2014 г., с другой стороны – сложившимися к этому времени макроэкономическими рисками, обусловленными введением западных санкций, сокращающих доступ российских ведущих банков и финан-

совых компаний к зарубежным кредитным ресурсам, а также снижением цен на экспортируемую нефть. К началу 2015 г. сформировалась угроза дальнейшего снижения уровня кредитования АПК вследствие как уменьшения объемов, так и ухудшения условий привлечения заемных средств. По данным Минсельхоза России, с середины декабря 2014 г. процентные ставки по краткосрочным кредитам выросли до 20-22% годовых, а по инвестиционным – до 23-26% годовых, что превышает средневзвешенный показатель процентной ставки за 2014 г. на 10 процентных пунктов.

Необходимо учитывать, что инвестиционное кредитование, особенно в животноводстве (с длинным периодом производства), носит инерционный характер. Стабильный прирост объемов производства осуществляется благодаря привлечению значительных инвестиций в предыдущие годы. Соответственно, снижение темпов государственной поддержки инвестиционного кредитования в 2013-2014 гг. может замедлить производство продукции животноводства в будущем.

В условиях необходимости ускоренного импортозамещения и с учетом сложившейся макроэкономической ситуации следует уделить особое внимание вопросам сохранения объемов и доступности кредитования для агропромышленного комплекса и, в частности, ограничить маржинальность по кредитам, выдаваемым сельхозтоваропроизводителям, для банков с государственным участием до 2-3% годовых.

Представляется целесообразным также не отказываться от существующего механизма субсидирования процентных ставок по инвестиционным кредитам, особенно для предприятий малого и среднего бизнеса, усовершенствовав форму доведения субсидий по кредитам, и использовать его совместно с механизмом компенсации части стоимости строительства объекта при вводе его в эксплуатацию.

В этих условиях можно было бы провести целевую эмиссию под наиболее приоритетные крупные инвестиционные проекты, реализация которых была отложена из-за недостатка средств.

Еще одна проблема функционирования экономического механизма заключается в системе налогообложения сельскохозяйственных товаропроизводителей.

Проведенный анализ развития налогообложения сельского хозяйства за последние годы свидетельствует о том, что аграрный сектор требует оптимизации государственной поддержки по вопросам, связанным с налоговым регулированием. Развитие механизма налогообложения в перспективе должно в большей мере, чем сейчас, учитывать целевые параметры экономической динамики – ре-

сурсосбережение, переход к инновационно-инвестиционному типу производства, формирование нового качества жизни.

В частности, ряд экономистов предлагает повышать ставку НДС. На наш взгляд, сначала следует решить проблемы с его возмещением сельхозтоваропроизводителям – плательщикам ЕСХН. Целесообразно позволить аграриям, находящимся на специальном налоговом режиме (ЕСХН), уплачивать НДС с целью получения возмещения из бюджета по разнице сумм НДС по реализованной продукции (для сельхозтоваропроизводителей в основном 10%) и НДС по приобретенным материальным запасам (по ставке НДС 18%).

Что касается агрострахования, то ключевым показателем его эффективности и условием успеха у товаропроизводителей стал уровень страховых выплат и доступность их получения.

Дополнения в Закон, принятые 22 декабря 2014 г. № 424-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О государственной поддержке в сфере сельскохозяйственного страхования», предполагают снижение порога гибели урожая, при котором случай признается страховым, до 25% в 2015 г., и до 20% – в 2016 г. Однако это половинчатая мера, поскольку оптимальная планка должна быть не более 10-15%. Кроме того, следует учитывать, что в 2014 г. заявленные убытки определены в размере 2,2 млрд руб., из которых было возмещено 1,5 млрд руб.; к сумме собранных страховщиками средств это составило всего 12,4%, что недопустимо мало.

В законе о страховании в сельском хозяйстве от 25 июля 2011 г. № 260-ФЗ «О государственной поддержке в сфере сельскохозяйственного страхования» (статья 4 п. 8) установлено, что применяемая при расчете тарифов и предназначенная для страховых и компенсационных выплат часть страховой премии не может быть меньше 80%.

В животноводстве в 2014 г. об убытке заявили 6 хозяйств из 526 (1%), обозначив его сумму в размере 428 млн руб. Страховые выплаты составили всего около 9 млн руб. (1% к страховой премии), то есть 419 млн руб. остались невозмещенными.

Таким образом, после уплаты страховых возмещений у страховщиков остаются значительные неиспользованные средства. Одна из причин низкого уровня выплат по возмещению ущерба заключается в положениях Закона о страховании с господдержкой, который ориентирует страхователей на возмещение ущерба в результате наступления только катастрофических событий: в растениеводстве – гибель более 30% урожая; в животноводстве – гибель скота от эпидемий, стихийных бедствий. Использование такого критерия позволяет страховщикам отказывать в выплатах подавляющему

числу товаропроизводителей, ущерб которых хотя и значителен, но не достиг критического порога.

Поэтому следует пересмотреть концепцию страхования урожая и животных с господдержкой в направлении защиты не только от особо опасных природных явлений, но и обычного недобора урожая, болезней животных. Это позволит расширить рынки страхования.

Низкая доходность сельскохозяйственных товаропроизводителей и ухудшение условий финансового обеспечения производства существенно осложняют технико-технологическую модернизацию отрасли.

Во-первых, остаются крайне низкими темпы обновления основных видов сельскохозяйственной техники. За период после 2008 г. они составляли: по тракторам – 3%, зерноуборочным комбайнам – 4,7, кормоуборочным комбайнам – 4%. В результате в парке со сроком эксплуатации свыше 10 лет тракторов почти 61%, зерноуборочных комбайнов – 47%, кормоуборочных – 42%. В целом за пределами сроков амортизации уже сейчас находится более половины сельскохозяйственной техники (рис. 2).

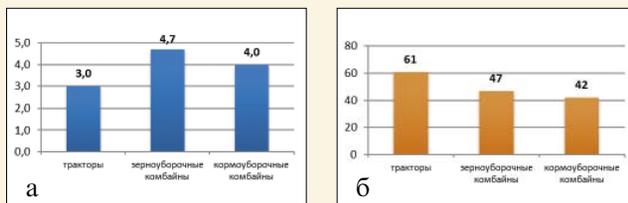


Рис. 2. Обновление основных видов сельскохозяйственной техники (в среднем за 2009-2014 гг.), %: а – темпы обновления; в – наличие техники со сроком эксплуатации более 10 лет

Это в свою очередь приводит к увеличению затрат на ее обслуживание, сдерживает освоение новых технологий.

Во-вторых, доля импортных тракторов в общем их количестве в сельскохозяйственных организациях постоянно растет и в 2014 г. превысила 65%, зерноуборочных комбайнов – 23%. Это еще один фактор риска для страны, который существенно затрудняет решение проблемы импортозамещения, поскольку сохраняется зависимость не только продуктивная, но и ресурсная – не менее опасная.

Фирмам при производстве техники в России должны предоставляться льготы по налогам, аренде земли, включению в реестр поставляемой по лизингу техники, снижению таможенных пошлин на комплектующие.

Все более актуализируются социальные аспекты аграрной политики. Качество трудовых ресурсов выходит на первый план в решении проблем модернизации аграрного сектора.

Несмотря на то, что уже в течение 12 лет реализуется программный подход к развитию сельских территорий, ситуация на селе остается сложной. Объемы ресурсного обеспечения программных мероприятий не соответствуют темпам развития жилищной, социальной и инженерной инфраструктуры села, необходимым для осуществления серьезных качественных сдвигов в условиях жизнедеятельности сельского населения.

В сельской местности насчитывается 1,5 млн безработных. Это по официальной статистике, которая, как минимум, на 1/4 занижена. Официальный уровень общей безработицы составляет 8,3% против 4,6% в городе.

Основная причина низкой материальной обеспеченности сельских семей – заниженная общественная оценка сельскохозяйственного труда. Последние 5 лет заработная плата в сельском хозяйстве балансирует вокруг 50%-ной отметки по отношению к среднероссийскому уровню, не обеспечивая ни воспроизводства рабочей силы, ни стимулирования труда.

Ухудшается территориальная доступность социальных услуг. Сельский жилищный фонд остается в основном неблагоустроенным. Остается проблематичной демографическая ситуация на селе, несмотря на приостановку естественной убыли населения. Миграционный отток превышает прирост сельского населения за счет административно-территориальных преобразований городских населенных пунктов в сельские, которые активизировались в последние годы.

В то же время в 2015 г. объемы ассигнований из федерального бюджета на реализацию ФЦП «Устойчивое развитие сельских территорий на 2014-2017 годы и на период до 2020 года» снижены на 10%.

Стратегия устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2030 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 02.02.2015 г., нацеливает на стабилизацию численности сельского населения и создание условий для ее роста, на повышение занятости, уровня и качества жизни сельского населения, создание благоприятных социально-экономических условий для выполнения сельскими территориями их общенациональных функций.

Одним из важных факторов сложившегося высокого удельного веса импорта сельскохозяйственной продукции и продовольствия стало сокращение за годы реформ посевных площадей, составившее примерно 40 млн га, или более 1/3 (рис. 3).

Причиной уменьшения площади пахотных земель стала низкая доходность производства, что в результате привело к банкротству многих сельхозтоваропроизводителей, несовершенству и недостаточ-



Рис. 3. Динамика пшеницы и посевных площадей (в хозяйствах всех категорий), млн га

ности государственной поддержки отрасли, практически полному отсутствию землеустроительного сопровождения земельных преобразований.

В то же время успешно решить задачу импортозамещения невозможно без восстановления угодий, еще пригодных для ведения сельскохозяйственного производства.

Получение земель из регионального Земельного фонда должно быть доступно для успешно работающих сельхозпредприятий и крестьянских (фермерских) хозяйств через льготную аренду земель – не менее чем на 5 лет ее продления на очередной срок или выкупа в случае выполнения арендных обязательств с зачетом в выкупной цене выплаченной арендной платы.

Работа региональных земельных фондов будет способствовать преобразованию земельных долей в земельные участки, вовлечению неиспользуемых земельных участков в сельскохозяйственную деятельность, развитию земельного рынка, обеспечению продовольственной безопасности страны, возрастанию экспортных возможностей, обустройству села, улучшению жизни сельских жителей.

В таких условиях предстоит восстановить землеустроительную службу, провести оценку выбывших из оборота земель, определить комплекс структурных и инвестиционных мероприятий, направленных на организацию производства на еще пригодных для этих целей землях.

Откладывая каждый год решение этой проблемы, страна теряет пахотные земли, ограничивает возможности импортозамещения и наращивания в последующем экспортного потенциала.

Кстати, примерно на такую же площадь, какую у нас вывели из оборота, Бразилия увеличила посевы для производства продукции на экспорт, в том числе в Россию.

Если вести речь о прогнозе на ближайшие годы, то можно выделить несколько факторов, которые будут наиболее существенными.

Прежде всего, это снижение реальных доходов населения и, следовательно, «сжатие» продовольственного рынка. В 2014 г. реальные располагаемые денежные доходы населения снизились на 1%, в январе текущего года – на 0,8%, по расчетам

Минэкономразвития России они упадут в целом за год на 6,3%.

Кроме того, надо иметь в виду дифференциацию наших граждан по уровню доходов. Если принять за 100 средний уровень доходов, то в первой 20-процентной группе населения он в 2013 г. составил 5,2%, в высшей – 47,6%.

Коэффициент фондов устойчиво составляет все последние годы более 16, что не характерно для развитых стран мира.

Еще более четко это проявляется в расходах на потребление продуктов питания. Потребление в соответствии с рациональными нормами, определенными Институтом питания, молочных продуктов, овощей, фруктов, ягод не может себе позволить 80% населения страны, мяса – 30%.

Другим условием развития АПК является наращивание инвестиций, причем не точечное, а для всех сельскохозяйственных товаропроизводителей. Однако по этому направлению прогноз неблагоприятный. Предполагается, что в 2015 г. они еще снизятся на 5%. Всего же их будет меньше, чем в 2007 г.

Это приведет к тому, что лишь ограниченное число хозяйствующих субъектов сможет рассчитывать на вложения для развития: преимущественно свиноводческие и птицеводческие предприятия, производство которых менее других связано с использованием земельных ресурсов.

Вложений в землю, в ее плодородие в стране почти нет. Заложенное в программе внесение удобрений в среднем по стране находится на уровне стран африканского континента, многократно меньше агротехнических нормативов проводится известкование и гипсование почв. В целом отношение к земельным ресурсам совершенно не соответствует сохранению и приумножению национального богатства.

Еще одно условие – благоприятный экономический механизм. Во многих странах именно сельскохозяйственный товаропроизводитель имеет существенный приоритет. И это не потому, что аграрии «выпрашивают» какие-то льготные условия, а потому, что это выгодно для всей экономики и населения. У нас же даже с учетом субсидирования процентной ставки, которое недоступно для значительной части сельскохозяйственных товаропроизводителей в силу их экономического положения, процентная ставка по кредитам реально оказывается в 2-3 раза выше, чем для западных фермеров, то есть наших конкурентов.

Все это не позволяет развиваться аграрному сектору в темпах, достаточных для реального импортозамещения.

Говоря о положении в сельском хозяйстве, необ-

ходимо отметить положение дел в аграрной науке, которая переживает не лучшие дни. Реорганизация всегда проходит болезненно. Но в нынешнем виде особенно. При всех условиях экономика села страдает от разрыва двух важных звеньев – науки и практики. Необходимо развивать специфические научно-производственные структуры, к которым сегодня можно отнести опытно-производственные хозяйства НИИ, возложив на них внедренческие функции. При этом целесообразно разработать и принять положения о таких хозяйствах, регламентирующие их деятельность и возложенные на них внедренческие функции.

Необходимо еще раз актуализировать нашу аграрную политику в контексте импортозамещения. Но сделать это надо более комплексно и совершенно конкретно, то есть по каждому виду продовольствия, каждому виду импортируемых материально-технических ресурсов, а также с учетом эффективности основных инструментов организационно-экономического механизма, призванного обеспечить решение задачи импортозамещения. Следует иметь комплексную программу по решению этой проблемы.

Импорт не должен ставить экономику страны в положение его заложника.

**Федеральное государственное бюджетное  
научное учреждение  
Всероссийский научно-исследовательский  
институт механизации сельского хозяйства  
(ФГБНУ ВИМ)  
объявляет набор  
в докторантуру и аспирантуру**

по следующим направлениям:

Автоматизация и управление технологическими процессами в растениеводстве;  
Механизация почвообработки и посева; Механизация производства картофеля;  
Механизация применения удобрений; Механизация экологически устойчивого почвозащитного земледелия; Механизация производства корнеплодов;  
Механизация уборки урожая зерновых культур; Механизация послеуборочной обработки зерна и подготовки семян; Механизация производства кормов;  
Разработка мобильных энергетических средств для растениеводства;  
Энергосберегающее обеспечение сельского хозяйства топливно-энергетическими ресурсами; Механизация погрузочно-разгрузочных и транспортных работ.

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

**Телефон для справок: 8 (499) 174-89-29.**

УДК 631.3–83



# ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОГО ПАРКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТРАКТОРОВ РОССИИ\*

**В.М.КРЯЖКОВ<sup>1</sup>,**  
докт. техн. наук, академик,  
**З.А.ГОДЖАЕВ<sup>1</sup>,**  
докт. техн. наук,

**В.Г.ШЕВЦОВ<sup>1</sup>,**  
канд. техн. наук,  
**Г.С.ГУРЫЛЕВ<sup>1</sup>,**  
канд. техн. наук,

**А.В.ЛАВРОВ<sup>1</sup>,**  
канд. техн. наук,  
**А.Н.ОШЕРОВ<sup>2</sup>,**  
Заслуженный машинострои-  
тель Российской Федерации

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства,  
e-mail: vim@vim.ru, vlshev@mail.ru, Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup>Союз производителей сельскохозяйственной техники и оборудования для АПК,  
e-mail: agro-unit@rambler.ru, Москва, Российская Федерация

## Часть 1. Состояние тракторного парка

Формирование парка тракторов и его перспективное развитие осуществляются на основе реализации и совершенствования научно обоснованного типажа, построенного по тяговому классификационному признаку, который соответствует требованиям сельхозпроизводства при выполнении двух основных условий: полное обеспечение потребности в различных типоразмерах тракторов применительно условиям соответствующих зон России и постоянное воспроизводство и развитие тракторного парка, как по количеству работоспособной техники, так и по его структуре. Разработанный типаж охватывает практически весь диапазон организационно-хозяйственных и климатических условий, а также весь спектр форм организаций, использующих технику, начиная от индивидуальных потребителей, мелких и крупных арендных и подрядных коллективов и кончая крупными хозяйствами и их объединениями. Для изучения закономерностей развития тракторного парка информацию Росстат об устойчивой тенденции сокращения парка дополнили путем аналитического обобщения данных о годовых помарочных закупках на российском рынке сельскохозяйственных тракторов. Показали, что разработанная база данных отражает долю тракторов в парке СХО, используемых сверх срока амортизации, а также минимально необходимое количество введения новых машин для формирования объема тракторов предельного возраста и общего количества тракторов, необходимого для минимизации совокупности затрат. Установили, что наглядно оценить сложившуюся количественно-возрастную структуру парка тракторов и прогнозировать ее развитие на перспективу возможно при помощи разработанной базы данных, представляющей собой совокупность годовых помарочных закупочных линеек тракторов.

**Ключевые слова:** тракторный парк, площадь пашни, количество рабочих мест, рынок сельскохозяйственных тракторов, импортозамещение.

Система мобильных энергетических средств, к которым относятся тракторы, должна обеспечивать совокупное решение ряда сложных политических (продовольственная независимость), экономических (уровень эффективности) и социальных (занятость экономически активного населения) задач [1]. Тракторы функционируют в

широком диапазоне природных и хозяйственно-экономических условий (размеры хозяйств и контуры полей, производственное направление, уровень доходности и т.д.).

Формирование парка тракторов и его перспективное развитие осуществляются на основе реализации и совершенствования научно обоснованно-

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

го типажа, построенного по тяговому классификационному признаку. Действующая Система машин и технологий предусматривает наличие 11 тяговых классов от 0,1 до 8 [2]. Разработанный типаж охватывает практически весь диапазон организационно-хозяйственных и климатических условий, а также весь спектр форм организации использования техники, начиная от индивидуальных потребителей, мелких и крупных арендных и подрядных кол-

ности в различных типоразмерах тракторов применительно к условиям соответствующих зон России.

Второе требование касается постоянного воспроизводства и развития тракторного парка как по количеству работоспособной техники, так и по его структуре. Однако ни то, ни другое требование в настоящее время не выполняется.

Изменение организационных форм ведения сельского хозяйства России сопровождается рядом об-

Таблица 1

## Принципы рыночного фундаментализма, искажающие формирование рационального тракторного парка в Российской Федерации

Принцип рыночного фундаментализма	Фактический антиэффект
Условия потенциальной реализации	
Конкурентоспособная сельскохозяйственная продукция	Биоклиматический потенциал России в 2,7 раза ниже, чем в США, и в 2,2 раза меньше, чем в Западной Европе. Господдержка на порядок ниже (4% от объема производства, вместо 40%). Сокращение количества рабочих мест в СХО на 7 млн. В связи с этим тракторный парк надо сокращать, а не увеличивать
Равенство конкурирующих объектов по природным условиям и уровню господдержки	
Безработица по определению Международной организации труда	22,5 млн семей (45 млн чел.) хозяйств населения производят 50% объема сельхозпродукции ручным трудом для собственного потребления, с месячным доходом 2,9 тыс. руб./чел., и не имеют никакого социального статуса, не требуют никакого тракторного парка, они вынуждены заниматься ручным трудом
Государственная законная социальная защита по трем признакам: не имею дохода; ищу работу; готов приступить	
Рациональные нормы питания ниже норм Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ)	Заниженные, по отношению к средним по земному шару, на 2-3% нормы при импорте половины потребляемого продовольствия позволяют констатировать достаточность 4 тр./1000 га пашни в СХО для обеспечения страны питанием и не признавать проблем с тракторным парком.
Медицинское обоснование	
Все научные проблемы решены на Западе	Сворачивание исследований по воздействию на почву, сокращение доли гусеничных тракторов, навязывание сверхмощных моделей, отстранение от задачи изучения и прогнозирования глобального изменения климата и структуры тракторного парка
Сопоставимость природно-хозяйственных условий	
Выставка – высший показатель технического уровня	Реклама непродávшегося товара в виде тяжелой и супермощной техники, включая четырехгусеничные тракторы. Результаты НИОКР – строжайшая коммерческая тайна. Снижение темпов обновления и модернизации тракторного парка. Дезориентация технической политики
Демонстрация достижений НИОКР	
Все (продукты) купим за нефтедоллары	Потеря продовольственной независимости: выделенные на закупку продовольствия 43 млрд долл. в 2013 г. не были израсходованы на обновление тракторного парка, так как его не посчитали приоритетным направлением
Сырьевая доктрина при супердоходах на душу населения	
Ждем инвестиций	Свои капиталы вывозим. В экономике нет простого воспроизводства. Происходит сокращение тракторного парка – на 1 млн ед., рабочих мест – на 6,4 млн, площади пашни – на 40 млн га
Экономика с высокой доходностью при отсутствии рисков	
Агробизнес – основа развития сельского хозяйства	Эксплуатация плодородия, дефицит питательных веществ в почве вследствие выноса с урожаем, вывод налогов из села, блокирование господдержки, завышение тяговых классов и мощности тракторов
Добровольная социальная ответственность олигархов	
Несвязанная господдержка на 1 га пашни	Помощь концентрируется в агрохолдингах, а для СХО, КФХ и ЛПХ бесполезна из-за отсутствия тракторного парка, так как перенести стоимость ресурсов на стоимость продукции можно только посредством трактора: через рабочее место и площадь пашни
Обеспеченность хозяйства тракторами по нормам	
Минсельхоз механизацией не занимается	Государственный мониторинг состояния и показателей использования парка сельскохозяйственных тракторов не ведется. Государственные программы развития сельского хозяйства не выполняются, целевые индикаторы неинформативны, звено, обеспечивающее мультипликативный эффект, не установлено, тракторный парк продолжает сокращаться
При 100%-ном нормативном техническом оснащении и полном решении проблем продовольственной независимости	

лективов и кончая крупными хозяйствами и их объединениями.

Указанный типаж соответствует требованиям сельскохозяйственного производства, но лишь при обязательном выполнении двух основных условий. Первое заключается в полном обеспечении потреб-

стоятельств, которые должны быть учтены при обосновании современной и перспективной проблематики развития тракторного парка [3]:

- сокращение тракторного парка сельхозорганизаций с 1365,6 тыс. ед. в 1990 г. до 259,7 тыс. тракторов в 2013 г., сопровождающееся выведением пло-

Таблица 2

Состояние тракторного парка сельскохозяйственных организаций на конец 2013 года (расчетная оценка)																		
Год поставки	Возраст, лет	Тракторы (тип), ед.													Всего		Нарастающим итогом, шт. (в т.ч. ДЗ)	
		МТЗ-80/82	ЮМЗ-6	К-701	Т-150	Т-150К	МТЗ-1221	ЛТЗ-55	Т-4А	Т-70С	ДТ-75	Т-25А	Т-16МГ	сумма	в т.ч. ДЗ			
		80 л.с.	60 л.с.	320 л.с.	150 л.с.	165 л.с.	130 л.с.	55 л.с.	130 л.с.	70 л.с.	90 л.с.	28 л.с.	25 л.с.					
2013	1	16880	0	2063	246	2068	2956	157	0	0	11	2007	65	26453	2424	26453	2424	
2012	2	17878	0	2054	2	5455	3425	0	0	0	22	1078	76	29990	1530	56443	3954	
2011	3	21384	0	1142	0	3104	2469	0	0	0	56	1242	126	29523	1745	85966	5699	
2010	4	12668	57	1186	72	813	1359	163	0	12	2	202	118	16652	633	102618	6332	
2009	5	7422	41	957	18	589	1775	171	7	0	157	237	110	11484	426	114102	6758	
2008	6	24101	161	3988	420	3177	59	261	30	13	700	1097	198	34205	4213	148307	10971	
2007	7	20998	0	3645	1143	2556	4058	0	80	0	0	2047	162	34689	4300	182996	15271	
2006	8	11130	142	1480	705	2801	1164	447	150	138	0	2080	188	20425	1665	203421	16936	
2005	9	10418	12	1379	172	1525	2901	189	0	151	929	1492	71	19239	1106	222660	18042	
2004	10	13152	31	644	400	1036	1336	314	340	120	929	849	40	19191	584	241851	18626	
2003	11	8268	500	701	30	537	144	348	604	200	776	794	84	12986	300	254837	18926	
2002	12	3239	0	624	0	0	0	0	0	0	1000	0	0	4863	249	259700	19175	
Парк, из них за сроком амортизации		167538	944	19863	3208	23661	21646	2050	1211	634	4582	13125	1238	-	-	259700	-	
		3239	0	1325	30	537	144	851	944	471	3634	3135	195	-	-	14505	-	
Σ	л.с.	13403040	56640	6356160	481200	3904065	2813980	112750	157430	44380	412380	367500	30950	28140475	-	-	-	
	%	47,6	0,2	22,6	1,7	13,9	10,0	0,4	0,6	0,2	1,5	1,3	0,1	100,0	-	-	-	
Средняя мощность тракторов в 2013 году		108,36 л.с.																
Доля тракторов со сроком амортизации		5,59 %																
Средний возраст		5,7 лет																

щадя пашни из активного сельскохозяйственного оборота и уменьшением количества рабочих мест, что свидетельствует о несоблюдении принципов простого воспроизводства;

- отсутствие систематического государственного мониторинга состояния и показателей использования парка сельскохозяйственных тракторов;

- низкая эффективность государственных программ по развитию сельского хозяйства, восстановлению плодородия сельскохозяйственных земель и развитию сельских территорий.

**Цель исследования** – раскрытие закономерностей формирования тракторного парка для систематизации мер государственной поддержки развития сельского хозяйства.

**Материалы и методы.** При разработке специализированных баз данных по тракторному парку и площади пашни, выбываемой из активного сельскохозяйственного оборота, использованы статистические материалы организаций «Росстат», «Автосельхозмаш-Холдинг» и «Росагромаш». Методическая особенность заключается в дифференциро-

Таблица 3

Наличие и потребность в тракторах (по нормативам для 90 млн га пашни), тыс. ед.										
Колесные тракторы, тыс. ед.										
Тяговый класс	8	6	5	4	3	2	1,4	0,9	0,6	Всего
Потребность в 2020 г.	1,0	20,0	40,0	60,0	100,0	50,0	170,0	30,0	90,0	560,0
Наличие в 2013 г.	0,4	15,0	4,4		23,7	21,6	167,5	2,1	14,3	249,0
Дефицитность	-0,6	-5,0	-35,6	-60,0	-76,3	-28,4	-2,5	-27,9	-75,7	-311,0
Гусеничные тракторы, тыс. ед.										
Тяговый класс	8	6	5	4	3	2	Всего			
Потребность в 2020 г.	2,0	4,0	52,0	90,0	170,0	20,0	340,0			
Наличие в 2013 г.	0	0	0	1,2	4,5	0,6	6,3			
Дефицитность	-2,0	-4,0	-52,0	-88,8	-165,5	-19,4	-333,7			

ванном подходе к проблемам развития парка тракторов сельскохозяйственных организаций (СХО), крестьянских (фермерских) хозяйств (КФХ) и хозяйств населения (ХН).

**Результаты и обсуждение.** Рассматривая современные проблемы, нельзя не учитывать некоторые особенности развития тракторного парка Российской Федерации в условиях рыночного фундаментализма, основанного на лозунгах: «Рынок все решит» или «Торговля все вытянет».

В связи с осложнениями в международных отношениях возросла роль сельскохозяйственного производства России. Однако общее состояние и, главное, сложившиеся противоречивые подходы к решению ряда глобальных проблем, существующих в сельском хозяйстве, требуют обсуждения.

В качестве наиболее болезненных выделены 10 положений, названных принципами, которые постоянно на слуху, но результат проявляется в виде устойчивого антиэффекта (табл. 1).

Этот ряд может быть продолжен и другими псевдоэффективными в российской экономике положениями, например: «Наукометрия – единственный показатель эффективности НИИ» и «Тесты вместо знаний».

Для изучения закономерностей развития тракторного парка СХО информация об устойчивой тенденции его сокращения (по данным Росстата) была дополнена путем аналитического обобщения данных о годовых помарочных закупках на российском рынке сельскохозяйственных тракторов с разработ-

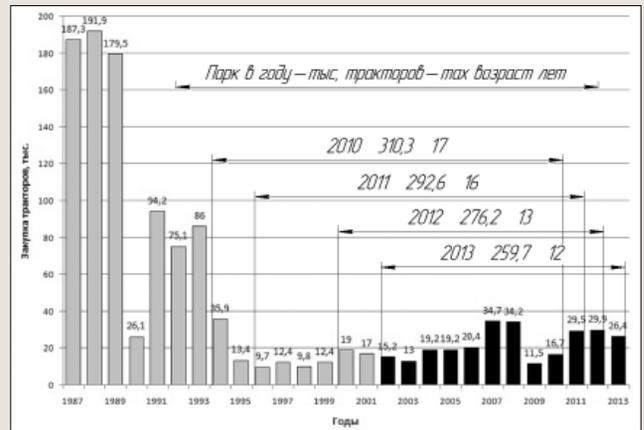


Рис. 1. Формирование количественно-возрастной структуры тракторного парка СХО в 1987-2013 гг.

ных линеек тракторов (табл. 2), позволяет наглядно оценить сложившуюся количественно-возрастную структуру парка тракторов (рис. 1) и прогнозировать ее развитие на произвольную временную перспективу.

База данных [4] отражает также изменения доли тракторов в парке СХО, используемых сверх срока амортизации, а также минимально необходимое количество введения новых машин для формирования показанного Росстатом объема тракторов предельного возраста в парке СХО, который необходим для минимизации совокупных затрат [5-7].

В соответствии с указанной базой данных проведен расчет дефицита тракторов в СХО на 2013 г. (табл. 3, рис. 2).

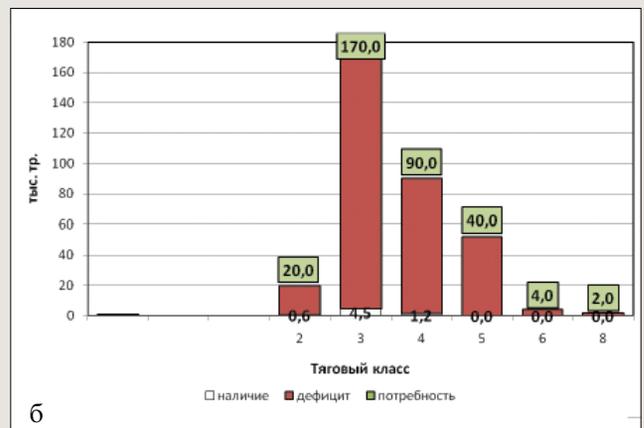
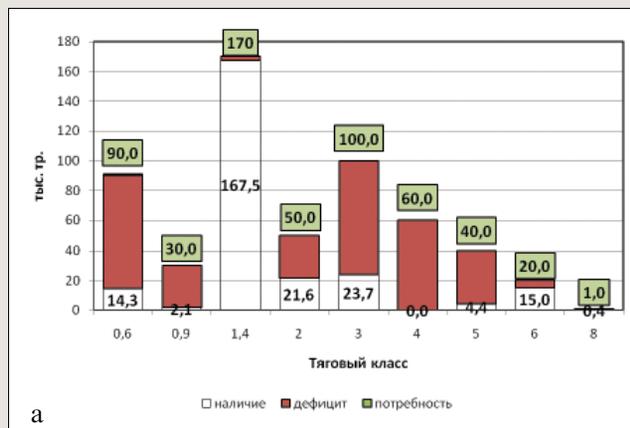


Рис. 2. Наличие тракторов в СХО в 2013 г. и технологическая потребность в них к 2020 г. (по нормативам для 90 млн га пашни), тыс. ед.: а – колесные; б – гусеничные

кой базы данных «Количественно-возрастной состав парка тракторов сельскохозяйственных организаций Российской Федерации по годам за период с 1990 г. по 2010 г.» (Свидетельство о Государственной регистрации №2010620595 от 08.10. 2010).

Разработанная база данных, представляющая собой совокупность годовых помарочных закупоч-

В 2013 г. насчитывалось 259,7 тыс. ед. (средней мощностью 108 л.с.). К 2020 г. потребность в тракторах достигнет уровня 900,0 тыс. ед. (средней мощностью 125 л.с.), а общая дефицитность составит 644,7 тыс. ед.

(Окончание в следующем номере.)

### Литература

1. Ксеневиц И.П., Орси́к Л.С., Шевцов В.Г. Концепция непрерывной информационной поддержки жизненного цикла (CALS-технологии) сельскохозяйственных мобильных энергетических средств. – М.: Росинформагротех. – 2004. – 144 с.
2. Система технологий и машин для комплексной механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства на период до 2020 года. Т. 1. Растениеводство. – М.: ВИМ. – 2012. – С. 19-178.
3. Измайлов А.Ю., Кряжков В.М., Антышев Н.М. и др. Концепция модернизации парка сельскохозяйственных тракторов России на период до 2020 года. – М.: ВИМ. – 2013. – 87 с.
4. Шевцов В.Г., Лавров А.В. База данных «Количественно-возрастной состав сельскохозяйственных организаций Российской Федерации по годам (за период с 1990 по 2009 гг.)» // Ресурсосберегающие технологии и техническое обеспечение производства зерна: Сб. докл. Междунар. на-

учн.-техн. конф. – М.: ВИМ, 2010. – С. 392-397.

5. Шевцов В.Г., Лавров А.В. Формирование количественно-возрастного состава тракторного парка в условиях убыточного сельскохозяйственного производства // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – № 3. – С. 3-6.
6. Шевцов В.Г., Лавров А.В. Методика определения количества и предельного возраста списываемых тракторов, эксплуатируемых сверх срока амортизации в условиях развития системы с ограниченными ресурсами // Инновационные технологии и техника нового поколения – основа модернизации сельского хозяйства: Сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. Ч. 2. – М.: ВИМ, 2011. – С. 21-30.
7. Шевцов В.Г., Лавров А.В. Схемы годовых циклов переноса и восстановления ресурса тракторного парка в зависимости от экономического состояния производства // Инновационные технологии и техника нового поколения – основа модернизации сельского хозяйства: Сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. Ч. 2 – М.: ВИМ, 2011. – С. 126-133.

### References

1. Ksenevich I.P., Orsik L.S., Shevtsov V.G. Kontseptsiya nepreryvnoy informatsionnoy podderzhki zhiznennogo tsikla (CALS-tekhnologii) sel'skokhozyaystvennykh mobil'nykh energeticheskikh sredstv [Concept of continuous information support of life cycle (CALS technologies) of agricultural mobile power means]. Moscow: Rosinformagrotekh. 2004. 144 pp. (Russian).
2. Sistema tekhnologiy i mashin dlya kompleksnoy mekhanizatsii i avtomatizatsii sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva na period do 2020 goda [System of technologies and machines for complex mechanization and automation of agricultural production for the period till 2020]. T. 1. Rasteniyevodstvo. Moscow: VIM. 2012. pp. 19-178 (Russian).
3. Izmaylov A.Yu., Kryazhkov V.M., Antyshev N.M. i dr. Kontseptsiya modernizatsii parka sel'skokhozyaystvennykh traktorov Rossii na period do 2020 goda [Concept of agricultural tractors fleet modernization in Russia for the period till 2020]. Moscow: VIM. 2013. 87 pp. (Russian).
4. Shevtsov V.G., Lavrov A.V. Baza dannykh «Kolichestvenno-vozrastnoy sostav sel'skokhozyaystvennykh organizatsiy Rossiyskoy Federatsii po godam (za periods 1990 po 2009 gg.)» [Database «Quantitative and Age Structure of the Agricultural Organizations of the Russian Federation by Years (from 1990 till 2009)»] // Resursosberegayushchie tekhnologii i tekhnicheskoe obespechenie proizvodstva zerna: Sb.

dokl. Mezhdunar. nauchn.-tekhn. konf. Moscow: VIM, 2010. pp. 392-397 (Russian).

5. Shevtsov V.G., Lavrov A.V. Formirovanie kolichestvenno-vozrastnogo sostava traktornogo parka v usloviyakh ubytochnogo sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva [Formation of quantitative and age structure of tractor fleet in the conditions of unprofitable agricultural production]. Traktory i sel'khoz mashiny. 2012. No. 3. pp. 3-6 (Russian).
6. Shevtsov V.G., Lavrov A.V. Metodika opredeleniya kolichestva i predel'nogo vozrasta spisyvaemykh traktorov, ekspluatiruemykh sverkh sroka amortizatsii v usloviyakh razvitiya sistemy s ogranichennymi resursami [Technique of definition of quantity and limit age of the written-off tractors operated over depreciation term in the conditions of development of system with limited resources]. Innovatsionnye tekhnologii i tekhnika novogo pokoleniya – osnova modernizatsii sel'skogo khozyaystva: Sb. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Ch. 2. Moscow: VIM, 2011. pp. 21-30 (Russian).
7. Shevtsov V.G., Lavrov A.V. Skhemy godovykh tsiklov perenosa i vosstanovleniya resursa traktornogo parka v zavisimosti ot ekonomicheskogo sostoyaniya proizvodstva [Schemes of annual cycles of transfer and restoration of a tractor fleet resource depending on an economic condition of production]. Innovatsionnye tekhnologii i tekhnika novogo pokoleniya – osnova modernizatsii sel'skogo khozyaystva: Sb. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Ch. 2. Moscow: VIM, 2011. pp. 126-133 (Russian).

## PROBLEMS OF FORMATION OF RUSSIAN INNOVATIVE AGRICULTURAL TRACTORS FLEET

V.M.Kryazhkov<sup>1</sup>, D.Sc.(Eng.), member of the RAS, Z.A.Godzhaev<sup>1</sup>, D.Sc.(Eng.), V.G.Shevtsov<sup>1</sup>, Cand. Sc.(Eng.), S.G.Gurylev<sup>1</sup>, Cand.Sc.(Eng.), A.V.Lavrov<sup>1</sup>, Cand.Sc.(Eng.), A.N.Oshero<sup>2</sup>, Honored mechanical engineer in the Russian federation

<sup>1</sup>All-Russian Research institute of Mechanization for Agriculture, e-mail: vim@vim.ru, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup>Union of Producers of Agricultural Machinery and Equipment for AIC, e-mail: agro-unit@rambler.ru, Moscow, Russian Federation

*Formation of tractors park and its perspective development are carried out on the basis of realization and improvement of the scientifically based types range constructed on a traction classification sign which conforms to requirements of agricultural production when performing two main conditions: full meeting the requirements for various standard sizes of tractors applicable to conditions of the corresponding zones of Russia and continuous reproduction and development of tractor fleet, both by quantity of efficient machinery and its structure. The developed types range practically runs the gamut of organizational and economic and climatic conditions, and also all range of forms of the organizations using machinery, beginning from individual consumers, small and large rent and contract collectives and finishing large-scale enterprises and their associations. Federal Service of State Statistics (Rosstat) information about a steady tendency of fleet reduction was used for studying of regularities of development of tractor fleet. This information was added by analytical synthesis of data about the annual brand purchases in the Russian market of agricultural tractors. The developed database shows a share of the tractors in fleets of agricultural organizations, which are used over depreciation term, and also minimum necessary number of new machines introduction for formation of volume of tractors with limit age and the total quantity of tractors necessary for minimization of set of expenses. It was established that it is possible to estimate visually the developed quantitative and age structure of tractors fleet and to predict its development on prospect by worked out database representing set of annual tractors brand lines purchasing.*

**Keywords:** Tractor fleet; Agricultural land; Quantity of jobs; Market of agricultural tractors; Import substitution.



УДК 631.171

# УПРАВЛЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ МОБИЛЬНЫМИ АГРЕГАТАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ГЛОНАСС/GPS\*

**А.Ю.ИЗМАЙЛОВ,**  
академик РАН,

**В.К.ХОРОШЕНКОВ,**  
канд. техн. наук,

**Е.С.ЛУЖНОВА,**  
научн.сотрудник

Всероссийский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, e-mail: vim-avt@rambltr.ru,  
Москва, Российская Федерация

*Сельскохозяйственные машинно-тракторные агрегаты работают в условиях переменных нагрузок, обусловленных многочисленными возмущающими воздействиями, имеющими случайный характер. В связи с этим необходима оптимизация режимов работы агрегата при стохастическом характере возмущений. Решаемые с помощью электроники задачи управления сельскохозяйственным агрегатом (СА) подразумевают наличие универсальной системы получения и использования отображения информации. Показали, что при автоматизации управления процессами, протекающими при работе СА, решаются следующие задачи: регулирование положения рабочих органов навесных и прицепных машин, норм и равномерности внесения сельскохозяйственных материалов в почву по ширине захвата и глубине в зависимости от скорости движения; автоматизация силовой трансмиссии СА; регулирование загрузки двигателя; контроль технологических, энергетических и эксплуатационных параметров, в том числе автоматизации вождения МТА. Синтезировали современную систему контроля управления СА. В структуре контроля и управления СА выделили несколько программных уровней. Показали, что на первом уровне осуществляется непосредственное управление агрегатом по реально измеряемым параметрам. Второй уровень объединяет операции контроля управляемых систем. К третьему уровню относятся процедуры оптимизации. Отметили, что одним из важных параметров, связанных с работой агрегата, является вождение. Установили, что при движении мобильного агрегата на него влияют случайные возмущающие воздействия основных (с периодом 100-200 м, амплитудой 5 м) и фазовых колебаний (периодом 17-30 м и амплитудой – 0,1 м), возникающих в результате изменения удельного сопротивления почвы, ширины захвата и глубины обработки. Доказали, что при создании систем автоматического управления необходимо учитывать случайный характер и эргономичность воздействий.*

**Ключевые слова:** система автоматического управления, машинно-тракторный агрегат, технологические и эксплуатационные процессы, оптимизация режимов работы, навигационные системы ГЛОНАСС/GPS.

**С**ельскохозяйственные машинно-тракторные агрегаты (МТА) работают в условиях переменных нагрузок, обусловленных многочисленными и разнообразными возмущающими воздействиями, имеющими случайный характер: удельным сопротивлением почвы в зависимости от ее структуры, влажности; рельефом поля, условиями выполнения технологических операций и т.д. [1-4].

Ввиду этого изменяются возмущающие воздействия на сельскохозяйственный мобильный агрегат в горизонтальной плоскости. Это сказывается на величине отклонения от заданной траектории. Поскольку отклонение от предыдущей борозды должно быть, согласно агротехническим требованиям, при основной обработке почвы и посеве в пределах  $\pm 5$  см, оператору сложно соблюдать дан-

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

ное требование, особенно на высоких скоростях. Кроме того, оператор должен качественно осуществлять контроль энергетических и других технологических и эксплуатационных процессов. В связи с этим необходима оптимизация режимов работы всего комплекса протекающих процессов [5-7].

Существующая элементная микропроцессорная база позволяет создать надежные быстродействующие комплексные системы как для контроля, так и для управления десятками и сотнями процессов, протекающих при работе сельскохозяйственного агрегата (СА).

**Цель исследований** – построение системы управления МТА с использованием навигационных систем.

**Материалы и методы.** Сельскохозяйственные тракторы в среднем за год агрегируются с 18 сельскохозяйственными орудиями, меняя их примерно 34 раза за сезон или 2 раза в неделю. Следовательно, для оптимизации работы агрегата нужно учитывать, по меньшей мере, все типовые технологические операции.

Однако при управлении агрегатами, на основных технологических операциях, в частности при вспашке, следует соблюдать точность вождения, предусмотренную агротехническими требованиями. Уже созданы и внедрены информационные системы для контроля технологических и эксплуатационных процессов, связанных с работой СА.

При использовании бортовых компьютеров для автоматизации контроля и управления процессами, протекающими при работе СА, решают следующие задачи: регулирование положения рабочих органов навесных и прицепных машин, регулирование норм и равномерности внесения по ширине захвата и глубине сельскохозяйственных материалов в почву в зависимости от скорости движения; автоматизация силовой трансмиссии СА; регулирование загрузки двигателя; контроль технологических, энергетических и эксплуатационных параметров, в том числе автоматизации вождения МТА.

Эти подсистемы следует применять на тракторах всех классов, что позволит создать унифицированные аппаратные средства для решения задач контроля и управления агрегатами любого состава.

Кроме того, на СА установлены такие традиционные подсистемы, как контроль давления масла в двигателе, температура охлаждающей жидкости двигателя, расход топлива и т.д.

Помимо перечисленных систем, для каждого конкретного МТА требуются дополнительные специфические подсистемы. Например, для опрыскивателя необходима система стабилизации положения штанги, для активных почвообрабатывающих машин – синхронизация оборотов рабочих органов в

зависимости от скорости движения, для разбрасывателей органических удобрений – стабилизация оборотов шнеков, при работе на склонах – стабилизация горизонтального положения машин и т.д.

Характер решаемых с помощью электроники задач подразумевает наличие универсальной системы отображения информации, которая должна обеспечивать вывод информации, присущей как любому СА, так и конкретному орудью или машине. Для этого бортовая микропроцессорная система должна работать одновременно с комплексом постоянных датчиков, и с набором датчиков, подключаемых вместе с орудием, что достигается с помощью унифицированного адаптера. Вариант функциональной схемы бортового компьютера представлен на рисунке 1.

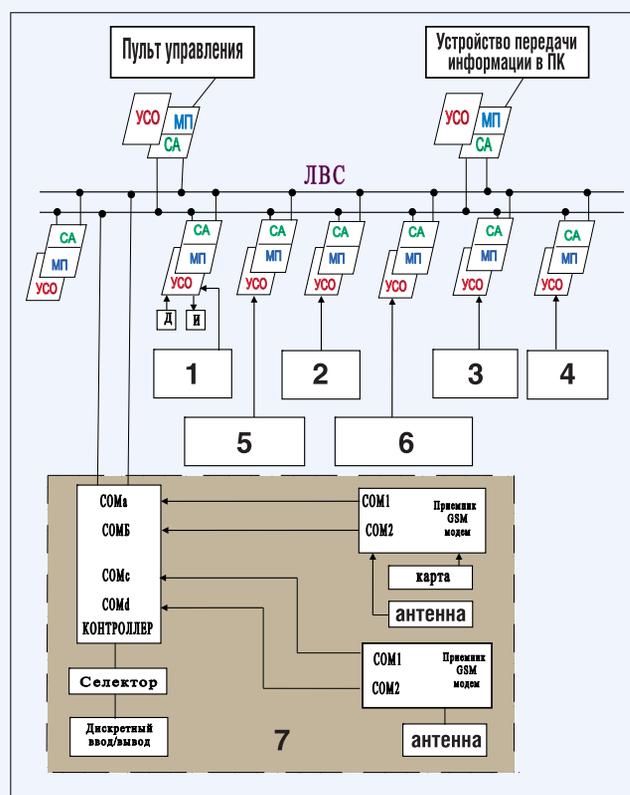


Рис. 1. Функциональная схема бортового компьютера: ЛВС – локальная вычислительная сеть; УСО – устройство сопряжения с объектом; Д – датчик; И – исполнительный механизм; СА – сетевой адаптер; МП – микропроцессор; 1 – система регулирования двигателя; 2 – система управления трансмиссией; 3 – система управления сельхозмашиной; 4 – система управления вождением; 5 – система управления навеской; 6 – система обработки информации с радарного датчика скорости; 7 – схема модуля приемника GPS COM17035

К контролируемым могут быть отнесены параметры: технического состояния СА; параметры эксплуатационных режимов трактора; параметры, свя-

занные с техническими, эксплуатационными и энергетическими показателями; параметры, связанные с регулированием гидронавесных устройств, блокировкой дифференциала и включения переднего моста, а также параметры, связанные с функционированием сельскохозяйственных агрегатов при основной обработке почвы, внесении жидких комплексных удобрений и средств химической защиты растений, разбрасывании минеральных удобрений, посева и т.д. [8].

При этом система автоматического управления должна включать подсистемы контроля, так и локальные подсистемы управления основными параметрами, определяющими работу агрегата.

**Результаты и обсуждение.** Лабораторные и полевые испытания системы показали эффективность построения бортового компьютера на основе предложенного алгоритма. В связи с развитием навигационных систем ГЛОНАСС/GPS появилась возможность при их использовании повысить качество выполнения технологических операций (основной обработки почвы, внесения удобрений, посева и ухода за растениями). Поэтому была синтезирована более современная система, функциональная схема которой представлена на *рисунке 2*.

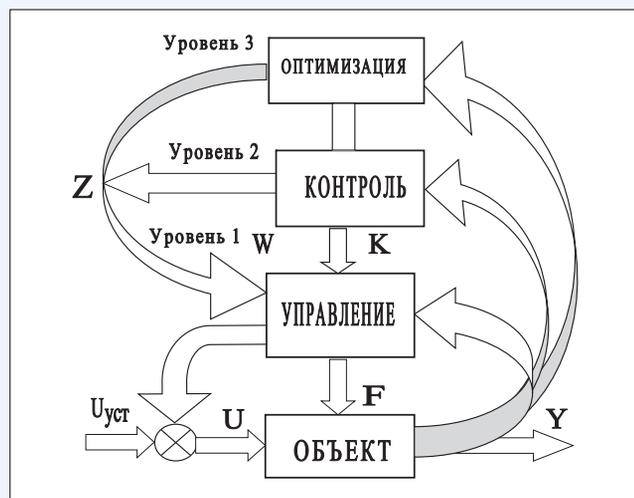


Рис. 2. Схема системы контроля управления сельскохозяйственным агрегатом

В обобщенном виде в структуре контроля и управления СА можно выделить несколько программных уровней (*рис. 2*). На первом уровне осуществляется непосредственное управление процессом агрегата по реально измеряемым параметрам  $Y$  с помощью регуляторов с прямой и обратной связью. Сигналы задающей переменной  $W$  при этом либо постоянны, либо формируются на одном из более высоких уровней управления. Закон управления формируется бортовой ЭВМ в результате работы соответствующих подпрограмм. Параметры

регуляторов  $K$  также формируются на более высоком уровне управления.

Второй уровень объединяет операции контроля управляемых систем СА. Здесь осуществляется наблюдение за определенными характеристиками СА. Информация  $Z$ , получаемая на этом уровне, используется для предупреждения механизатора о возможности нарушений технологического процесса из-за выхода управляющей величины  $U$  за порог рабочего диапазона или возможности аварийной ситуации.

К третьему уровню относятся процедуры оптимизации. В процессе оптимизации показатель качества определяют на основании измеряемых параметров  $Y$ , а поиск экстремума проводят целенаправленным изменением управляющих сигналов  $U$ , задающего вектора  $W$  и параметров регулятора  $K$ .

Одновременность событий – отличительная черта систем реального времени. В теории этих систем определяют функции, которые могут исполняться одновременно. Эти функции, иначе говоря, задачи – это минимальные объекты, с которыми работает операционная система реального времени.

Каждая подсистема контроля и управления представляет одну или несколько задач, взаимодействующих между собой. Такая система может осуществляться в мультипрограммном или мультипроцессорном режиме или их комбинации.

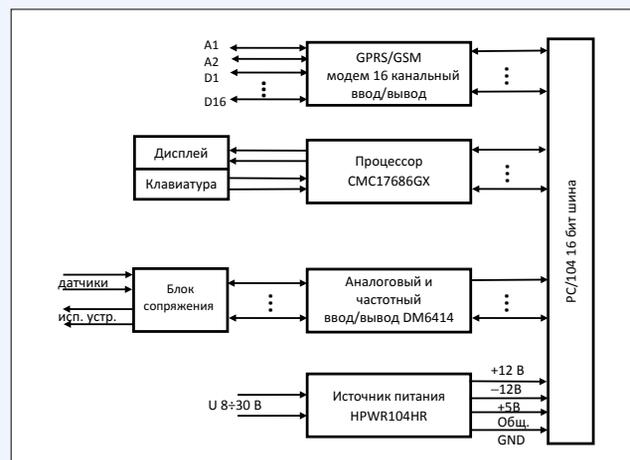


Рис. 3. Схема микропроцессорного устройства управления мобильным сельскохозяйственным агрегатом

Структурная схема системы автоматического контроля и управления бортового компьютера мобильного агрегата представлена на *рисунке 3*.

В бортовом компьютере в стандарте PC/104 используют 16-битовую шину (BUS) с набором стандартных плат, имеющих низкое потребление. Платы снабжены надежным штыревым разъемом, который позволяет соединять платы в этажерку и крепить их по углам, что делает конструкцию контрол-

лера жесткой, надежной, не требующей дополнительного охлаждения. Сигналы от спутников принимает 12-канальный приемник *GPS (COM17035)*. Контроллер этого модуля обрабатывает сигналы со спутников и вычисляет местоположение агрегата, которое передается в виде двоичных кодов в память процессора (*CMC17686GX*) и запоминается с момента подачи определенного сигнала с клавиатуры. Повторный сигнал с клавиатуры означает прекращение запоминания траектории движения агрегата. Пройденный агрегатом путь отражается на дисплее вместе с контуром обрабатываемого поля. После разворота агрегата механизм или вычислительное устройство вводит смещение траектории движения (ширина пахотного агрегата, сеялки, машины ЖКУ) и включает режим автоматического движения по эквидистантной траектории.

Для полунавесных и прицепных агрегатов разность между заданным и фактическим курсом в значительной мере зависит от типа машины и состояния почвы. Различают динамические характеристики почвообрабатывающих машин с преимущественным влиянием профиля поля и ухода за растениями с преимущественным влиянием сил сопротивления.

Один из наиболее важных параметров, связанный с работой агрегата, – вождение. При этом отклонения от предыдущей борозды должны быть в пределах 5 см.

Движение агрегата по полю осуществляется по траектории  $f(x,t)$  (рис. 4). Точка 3 агрегата нахо-

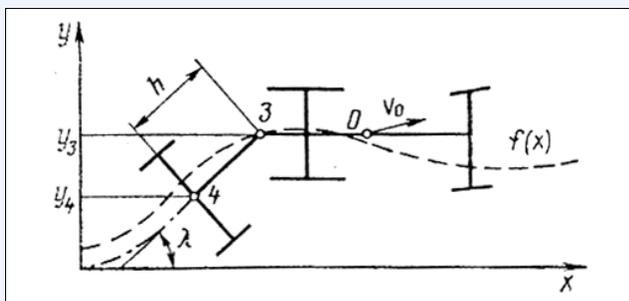


Рис. 4. Схема траектории движения агрегата

дится на траектории его кинематического центра – директрисе траектории движения  $f(x,t)$ , а точка 4 перемещается по трактрисе.

Между двумя этими траекториями существует геометрическая зависимость:

$$\sin \lambda = [ f(x,t) - y_4 ] = ( y_3 - y_4 ) / h, \quad (1)$$

где  $h$  – расстояние между точкой прицепа и кинематическим центром машины, а:

$$\operatorname{tg} \lambda = \sin \lambda / ( 1 - \sin^2 \lambda ). \quad (2)$$

Выразив  $\sin \lambda$  из уравнения (2) и определив  $y_4$  из выражения (1), после преобразований получим нелинейное дифференциальное уравнение первого порядка взаимосвязи программного движения  $f(x,t)$  с конструктивным параметром  $h$  при движении точки 4 по трактрисе:

$$yh^2 - y^2 (f(x,t) - y)^2 - (f(x,t) - y)^2 = 0. \quad (3)$$

Общее решение уравнения (3) зависит от траектории движения, которая в свою очередь определяется программой движения.

Следует отметить, что время, необходимое на выравнивание курсовой траектории, зависит от длины сельхозагрегата (трактор + орудие). Экспериментальные исследования показали, что при движении мобильного агрегата в зависимости от выполняемой операции на него влияют случайные возмущающие воздействия основных колебаний с периодом 100-200 м, амплитудой  $\approx 5$  м и фазовых колебаний с периодом 17-30 м и амплитудой  $\approx 0,1$  м, возникающих от изменения удельного сопротивления почвы, ширины захвата и глубины обработки. В связи с этим при создании систем автоматического управления необходимо учитывать случайный характер воздействий и эргодинамичность реализации этих воздействий.

Синтез по созданию бортового компьютера – результат сотрудничества ВИМ, ВГТЗ и ОАО «НИИ КП».

Мировые ведущие компании выпускают управляемые тракторы и комбайны, оснащенные электронными измерительными средствами и гидравлическими исполнительными устройствами, разработанными специализированными фирмами, ввиду чего резко упрощается создание промышленных систем управления. Это позволяет разрабатывать унифицированные системы управления и обеспечивать их специализированными программными средствами.

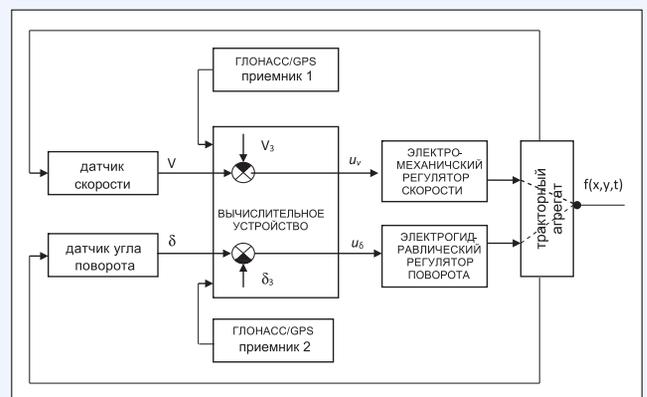


Рис. 5. Структурная схема системы управления агрегатом с использованием навигационных систем

Структурная схема системы управления агрегатом с использованием навигационных систем, представлена на *рисунке 5*.

**Выводы.** Синтез систем управления, начиная с алгоритма и программного обеспечения, позволяет в короткое время создать комплексную систему

управления энергетическими, технологическими и эксплуатационными процессами и при необходимости в соответствии с потребностями расширять функциональные возможности средств управления, как это показано на *рис. 5*.

## Литература

1. Измайлов А.Ю., Артюшин А.А., Бисенов Г.С. Перспективы использования навигационных систем ГЛОНАСС/GPS при транспортном обеспечении сельскохозяйственных организаций // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2013. – № 2. – С. 16-20.

2. Измайлов А.Ю., Фалеев А.П., Ксенофонов 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.-практ. (техн.) конф. Ч. 2. – М.: ВИМ, 2012. – С. 602-610.

3. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Сидоров С.А. и др. К вопросу применения новых наноматериалов для рабочих органов почвообрабатывающих машин // Модернизация сельскохозяйственного производства на базе инновационных машинных технологий и автоматизированных систем: Сб. докл. XII Междунар. науч.-практ. (техн.) конф. Ч.2. – М.: ВИМ, 2012. – С. 229-235.

4. Хорошенков В.К., Гончаров Н.Т., Фалеев А.П., Лужнова Е.С. Синтез оптимальной системы управления энергетическими и эксплуа-

тационными параметрами с/х МТА // Модернизация сельскохозяйственного производства на базе инновационных машинных технологий и автоматизированных систем: Сб. докл. XII Междунар. науч.-практ. (техн.) конф. Ч. 2. – М.: ВИМ, 2012. – С.641-946.

5. Артюшин А.А., Смирнов И.Г. Научно-техническое обеспечение применения ГЛОНАСС в сельскохозяйственном производстве // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2015. – № 1. – С. 8-11.

6. Личман Г.И., Марченко А.Н., Белых С.А. Размещение приемника сигналов ГЛОНАСС/GPS на агрегате // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2014. – № 1. – С. 7-9.

7. Шаповалова Л.Н., Хорошенков В.К. Синтез многосвязной системы управления: Сб. докл. XII Междунар. науч.-практ. (техн.) конф. Ч. 2. – М.: ВИМ, 2012. – С. 619-626

8. Елизаров В.П., Гончаров Н.Т., Хорошенков В.К. и др. Способы решения электронного управления электроприводом дозатора селекционных посевных машин // Автоматизация и информационное обеспечение производственных процессов в сельском хозяйстве: Сб. докл. XI Междунар. науч.-практ. конф. Ч. 1. – М.: ВИМ, 2010. – С. 317-325.

## References

1. Izmaylov A.Yu., Artyushin A.A., Bisenov G.S. Perspektivy ispol'zovaniya navigatsionnykh sistem GLONASS/GPS pri transportnom obespechenii sel'skokhozyaystvennykh organizatsiy [Prospects of GLONASS/GPS navigation systems use at transport support of the agricultural enterprises]. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. 2013. No. 2. pp. 16-20 (Russian).

2. Izmaylov A.Yu., Faleev A.P., Ksenofontov N.P. Avtomatizirovannyye sistemy upravleniya dlya sozdaniya robotizirovannykh tekhnologiy v rasteniyevodstve [Automated control systems for the creation of robotic technologies in crop production]. Modernizatsiya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva na baze innovatsionnykh mashinnykh tekhnologiy i avtomatizirovannykh sistem: Sb. dokl. XII Mezhdunar. nauch.-prakt. (tekhn.) konf. Ch. 2. Moscow: VIM, 2012. pp. 602-610 (Russian).

nauch.-prakt. (tekhn.) konf. Ch. 2. Moscow: VIM, 2012. pp. 602-610 (Russian).

3. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Sidorov S.A. i dr. K voprosu primeneniya novykh nanomaterialov dlya rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh mashin [Revised use of new nanomaterials for working tools of soil-cultivating machines]. Modernizatsiya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva na baze innovatsionnykh mashinnykh tekhnologiy i avtomatizirovannykh sistem: Sb. dokl. XII Mezhdunar. nauch.-prakt. (tekhn.) konf. Ch. 2. Moscow: VIM, 2012. pp. 229-235 (Russian).

4. Khoroshenkov V.K., Goncharov N.T., Faleev A.P., Luzhnova E.S. Sintez optimal'noy sistemy upravleniya energeticheskimi i ekspluatatsionnymi parametrami s/kh MTA [Synthesis of an optimal control system by energy and operational parameters of agricultural MTA]. Modernizatsiya sel'skokho-

zyaystvennogo proizvodstva na baze innovatsionnykh mashinnykh tekhnologii i avtomatizirovannykh sistem: Sb. dokl. XII Mezhdunar. nauch.-prakt. (tekhn.) konf. Ch. 2. Moscow: VIM, 2012. pp. 641-946 (Russian).

5. Artyushin A.A., Smirnov I.G. Nauchno-tekhnicheskoe obespechenie primeneniya GLONASS v sel'skokhozyaystvennom proizvodstve [Scientific and technical support of GLONASS application in agricultural production]. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. 2015. No. 1. pp. 8-11 (Russian).

6. Lichman G.I., Marchenko A.N., Belykh S.A. Razmeshchenie priemnika signalov GLONASS/GPS na agregate [Placement of receiver GLONASS/GPS on the unit]. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. 2014. No. 1. pp. 7-9 (Russian).

7. Shapovalova L.N., Khoroshenkov V.K. Sintez mnogosvyaznoy sistemy upravleniya [Synthesis of multivariable control system]: Sb. dokl. XII Mezhdunar. nauch.-prakt. (tekhn.) konf. Ch. 2. Moscow: VIM, 2012. pp. 619-626 (Russian).

8. Elizarov V.P., Goncharov N.T., Khoroshenkov V.K. i dr. Sposoby resheniya elektronnoy upravleniya elektroprivodom dozatora selektsionnykh posevnykh mashin [Ways of the solution of electronic control by the electric driver of the doser of selection sowing machines]. Avtomatizatsiya i informatsionnoe obespechenie proizvodstvennykh protsessov v sel'skom khozyaystve: Sb. dokl. XI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Ch. 1. Moscow: VIM, 2010. pp. 317-325 (Russian).

## CONTROL OF AGRICULTURAL MOBILE UNITS WITH USE OF THE GLONASS/GPS NAVIGATION SYSTEM

**A.Yu.Izmaylov**, member of the RAS, **V.K.Khoroshenkov**, Cand.Sc.(Eng.), **E.S.Luzhnova**, researcher  
All-Russian Research Institute of Mechanization for Agriculture, e-mail: vim-avt@rambler.ru, Moscow, Russian Federation

*Agricultural machine and tractor units operate in the conditions of the variable action caused by the numerous disturbance having casual character. In this regard optimization of unit operating modes at disturbance stochastic nature is necessary. The problems of control of the agricultural unit (AU) solved by means of electronics subtending existence of universal system of receiving and use of information display. It was showed that at processes control automation proceeding at AU operation the following problems are solved: regulation of position of working tools of mounted and trailing machines, norms and uniformity of agricultural materials application into the soil on width of capture and depth depending on movement speed; automation of power transmission of AU; regulation of engine load; control of technological, power and operational parameters, including automation of MTA driving. The modern AU control system was synthesized. Several program levels were allocated in structure of AU control and management. It was showed that at the first level direct control of the unit in really measured parameters is exercised. The second level connects operations of control of the operated systems. Optimization procedures belong to the third level. Driving is one of the important parameters connected with unit operation. Established that at the mobile unit movement it is influenced by the casual disturbance of the fundamental (with the period of 100-200 m, with an amplitude of 5 m) and phase (the period of 17-30 m and amplitude – 0,1 m) oscillations resulting from variation of specific soil drag, width of capture and cultivation depth. It was proved that at creation of automatic control systems of it is necessary to consider casual character and ergonomics of disturbance.*

**Keywords:** Automatic control system; Machine-tractor unit; Technological and operational processes; Optimization of operating modes; Navigation system GLONASS/GPS.



УДК: 631.372+662.756.3

# ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО СМЕСИТЕЛЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ИЗ МАСЛА ЯТРОФЫ

Хоанг Нгиа ДАТ<sup>1</sup>,  
аспирант,

Г.Г.ПАРХОМЕНКО<sup>2</sup>,  
канд. техн. наук,

В.И.ПАХОМОВ<sup>2</sup>,  
ДОКТ. техн. наук,

В.Б.РЫКОВ<sup>2</sup>,  
ДОКТ. техн. наук,

С.И.БЫРЬКО<sup>2</sup>,  
науч. сотр.,

И.В.БОЖКО<sup>2</sup>,  
ИНЖ.-КОНСТ.

<sup>1</sup>Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону,

<sup>2</sup>Северо-Кавказский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства,

e-mail: vnptim07@mail.ru, Ростовская обл., г. Зерноград, Российская Федерация

*Рассмотрели процесс функционирования гидродинамического смесителя, осуществляющего смешивание потоков биодизельного топлива из ятрофового масла повышенной кислотности с углекислым газом для его промывки. Получили закономерности, раскрывающие взаимосвязь параметров (диаметра и длины камеры смешивания), режимов (давление и скорость потока) со свойствами среды (динамическая вязкость, плотность, упругость) и энергетических показателей процесса (мощность перемешивания). На основании метода подобия и размерностей физических величин получили критерий турбулентности потока, рассчитали режимы, рекомендовали диаметр камеры смешивания (30-35 мм). Установили снижение давления потока и мощности на перемешивание при увеличении диаметра трубопровода. Определили наименьшую интенсивность изменения давления при диаметре более 30 мм, где зависимость приобретает характер линейной функции. Получили закономерность изменения мощности на перемешивание, которая наиболее интенсивно возрастает (в 1,5 раза) с уменьшением длины камеры смешивания с 15 до 10 мм и перестает снижаться при 30-35 мм. Обосновали режим (давление на срезе сопла соответствует критическому), при котором углекислый газ приобретает в камере смешивания свойства жидкости, растворяясь в биотопливе, а смесь становится квазиоднородной. Выявленный критерий смены режимов потока из сверхзвукового в дозвуковой позволил определить условие квазиоднородности смеси. Доказали, что формируемый при этом сверхзвуковой поток «жидкость-газ» трансформируется в дозвуковой, сопровождаемый при акустическом эффекте кавитации прыжком перемешивания за счет изоэнтропного скачка давления. Обосновали физико-химические данные процесса кавитационного воздействия углекислого газа на биодизельное топливо, в результате которого улучшаются свойства среды вследствие структуризации молекул раствора, что положительно влияет на смешивание. Предложили конструкцию гидродинамического смесителя.*

**Ключевые слова:** биодизельное топливо, ятрофа, кавитация, гидродинамический смеситель.

Сельское хозяйство может стать не только потребителем, но и производителем различных видов энергии и топлива. Однако популярность установок для производства биодизельного топлива из растительных масел ограничена сложностью выполнения технологического процесса [1, 2].

В нашей стране в СКНИИМЭСХ разработана модульная установка для производства биодизель-

ного топлива из растительных масел (рис. 1), в которой для интенсификации смешивания масла и метилового спирта при этерификации использован оригинальный гидродинамический кавитационный смеситель.

При повышенной кислотности растительного масла, в частности ятрофы (*Jatropha Curcas*), особое значение имеет завершающая стадия технологии производства биодизельного топлива, заклю-



Рис. 1. Модульная установка для производства биодизельного топлива

чающаяся в промывке углекислым газом и омыление полученного при этерификации продукта.

Для ускорения процесса и улучшения его качественных показателей также целесообразно использовать эффект кавитации. В качестве гидродинамического смесителя может быть рассмотрен струйный аппарат – эжектор, работающий со средами «жидкость – газ», в котором обеспечивается смешивание и обмен энергией двух потоков: сырья биодизельного продукта, полученного из яatroфового масла с повышенной кислотностью, и углекислого газа для его промывки и омыления.

Известны исследования взаимосвязи параметров гидродинамического смесителя и обрабатываемой среды, состоящей из двух жидкостей [3-5]. При ее замене на среду «жидкость – газ» предложена математическая модель процесса и рассчитаны рациональные конструктивно-технологические параметры гидродинамического смесителя.

**Целью работы** стало определение взаимосвязи параметров и режимов функционирования гидродинамического смесителя для среды «жидкость – газ».

**Материалы и методы.** По методу  $\pi$ -теоремы подобия и размерностей физических величин выделены три критерия –  $\pi_1, \pi_2, \pi_3$ , определяющие характер протекания процесса функционирования гидродинамического смесителя со средой «жидкость – газ» (Рейнольдса –  $Re$ , Эйлера –  $Eu$  и Коши –  $Co$ ):

$$\pi_1 = f(\pi_2, \pi_3), \pi_1 = Re, \pi_2 = Eu, \pi_3 = Co, \quad (1)$$

$$Re = f(Eu, Co), \frac{\Delta p}{\rho v^2} = f\left(\frac{vD\rho}{\mu}; \frac{v^2\rho}{\varepsilon}\right),$$

где  $\Delta p$  – давление потока, Н/м<sup>2</sup>;

$\rho$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;

$v$  – скорость потока, м/с;

$\mu$  – коэффициент динамической вязкости,  $\frac{H \cdot c}{m^2}$ ;

$\varepsilon$  – модуль упругости жидкости и газа, Н/м<sup>2</sup>;

$D$  – диаметр камеры смешивания.

Скорость дисперсных частиц в потоке жидкости зависит от скорости сплошной фазы и относительной скорости пузырьков газа. Определение скорости для каждой из фаз на основании анализа уравнений сохранения потока вызывает большие затруднения. Поэтому предложена возможность раздельного решения соответствующих уравнений сплошной и дисперсной фаз [6]. На основании анализа критериального уравнения (1) с учетом преобразований для турбулентного потока смеси «биодизель – углекислый газ» получим зависимость разницы давлений от диаметра трубопровода:

$$\Delta p = \frac{10^8 \cdot \mu^2}{2 \cdot D^2 \cdot \rho}. \quad (2)$$

Следует отметить, что плотности биодизеля (890-980 кг/м<sup>3</sup>) и углекислого газа (1,839 кг/м<sup>3</sup>) имеют значительную разницу, поэтому  $\rho - \rho_n \approx \rho$ .

По критерию минимума энергозатрат при достижении требуемого качества среды определим длину камеры смешивания, рассчитав мощность на гомогенизацию смеси:

$$N = \Delta p \frac{\pi D^2}{4} v = 10^{12} \cdot \frac{\pi}{8} \cdot \frac{\mu^3}{\rho^2} \cdot \frac{1}{D} = 10^{12} \cdot \frac{\pi}{8} \cdot \frac{\mu^3}{\rho^2} \cdot \frac{K_L}{L}, \quad (3)$$

где  $K_L = 3 \dots 5$  – коэффициент пропорциональности, связывающий длину  $L$  и диаметр камеры смешивания ( $L = D \cdot K_L$ ).

Выделим дополнительное соотношение из критериального уравнения, что не противоречит теоремам теории размерностей и подобия:

$$\pi_{13} = \pi_1 \cdot \pi_3 = \frac{\Delta p}{\varepsilon}. \quad (4)$$

При числе Маха  $M = \frac{v}{a} = 1$ , (где  $a$  – местная скорость звука), происходит смена режимов течения из сверхзвукового в дозвуковое  $\pi_{13} = 1, \Delta p = \varepsilon$ . Подставив  $\Delta p$  в  $\pi_1$ , получим выражение для определения критической скорости потока, соответствующей местной скорости звука  $a$  [5]:

$$v_{кр} = \sqrt{\frac{\varepsilon}{\rho}}. \quad (5)$$

**Результаты и обсуждение.** Выражение (2) позволяет определять давление потока  $\Delta p$  не только при изменении диаметра трубопровода  $D$ , но и в зависимости от свойств среды, представленных коэффициентом динамической вязкости  $\mu$  и плотностью  $\rho$ . Наибольшая интенсивность изменения давления наблюдается при  $D = (5 \dots 10)10^{-3}$  м (на  $265 \cdot 10^3$  Па), а наименьшая – при  $D \geq (30 \dots 35)10^{-3}$  м (на  $6 \cdot 10^3$  Па). При этом на указанных интервалах график изменения давления в зависимости от диаметра приобретает характер линейной функции (рис. 2а). В связи с вышеизложенным целесообразно выбирать характерные диаметры трубопроводов смесителя в

указанных интервалах, в частности, для камеры смешивания – не более  $(30...35)10^{-3}$  м.

Полученная зависимость (3) характеризует взаимосвязь энергетических показателей процесса (мощность на гомогенизацию) с параметрами гидродинамического смесителя (длина и диаметр камеры смешивания) и физико-химическими свойствами среды (плотность, коэффициент динамической вязкости). Анализ полученной зависимости (рис. 2б) свидетельствует о том, что мощность на гомогенизацию смеси возрастает с сокращением длины камеры смешивания. Наиболее заметное

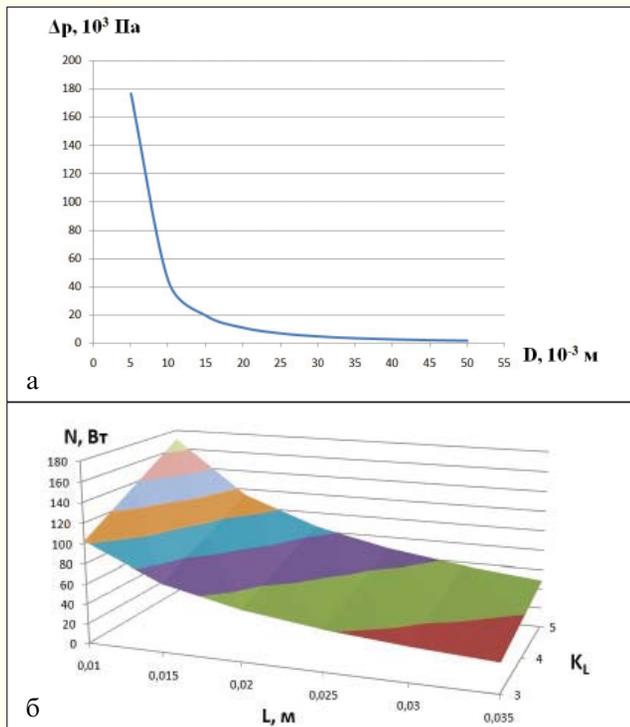


Рис. 2. Закономерности изменения параметров и режимов функционирования гидродинамического смесителя:

а – зависимость давления потока от диаметра трубопровода;

б – зависимость мощности на гомогенизацию от длины камеры смешивания

увеличение энергозатрат наблюдается при уменьшении  $L$  с 0,015 до 0,010 м (в 1,5 раза).

Физический смысл полученной закономерности (рис. 2б) заключается в следующем: объему смеси необходимо совершить работу на пути, соответствующем длине камеры смешивания, чтобы достичь требуемой степени гомогенности. Чем короче путь (меньше длина камеры смешивания), тем больше требуется энергии (мощности) для достижения заданных качественных показателей процесса при условии постоянства других параметров.

С увеличением коэффициента пропорциональности  $K_L$ , связывающего длину и диаметр камеры

смешивания, мощность на гомогенизацию увеличивается, то есть возрастают энергозатраты. Таким образом, энергетический показатель процесса снижается при увеличении диаметра камеры смешивания. Длину камеры смешивания не рекомендуется выбирать более 0,030-0,035 м, поскольку при этом мощность на гомогенизацию изменяется незначительно (в 1,16 раза), а увеличение размеров приводит к росту металлоемкости устройства.

В зависимости от известного из термодинамики соотношения давлений на входе ( $p_{ni}$ ) и критического ( $p_n^{kp}$ ) для углекислого газа  $\frac{p_n^{kp}}{p_{ni}} = 0,546$ , про-

цесс истечения делится на две области:

- малых перепадов давления (дозвуковая):

$$\frac{p_n^{kp}}{p_{ni}} < \frac{p_{ni+1}}{p_{ni}} < 1;$$

- больших перепадов давления (сверхзвуковая):

$$0 < \frac{p_{ni+1}}{p_{ni}} < 1,$$

где  $p_{ni+1}$  – давление на срезе сопла, Па.

Повысить эффект гидродинамического воздействия на поток смеси можно за счет акустического эффекта кавитации или так называемого прыжка перемешивания [7-8], формируемого при переходе сверхзвукового течения в дозвуковое за счет изоэнтропного скачка давления [9].

Как показали расчеты, сверхзвуковой скорости легко достичь при однородном течении, когда эжектирующим потоком служит жидкость. Пузырьки газа должны быть равномерно распределены в потоке, чего можно достичь путем применения многосоплового устройства, формирующего одновременно несколько струй. При этом на срезе сопла формируется сверхзвуковой многоструйный двухкомпонентный поток «жидкость–газ», который далее трансформируется в дозвуковой, сопровождаемый прыжком перемешивания компонентов в камере смешивания в результате возникающего противодействия. Такой характер протекания процесса обеспечивает малый объемный расход эжектируемого потока (газа).

Следует отметить, что при сатурировании (газировании) жидкости углекислым газом предварительно проводят ее дезаэрацию для улучшения его растворения. Этот процесс осуществляют при резком понижении давления, в результате чего образуются кавитационные пузырьки из содержащегося в жидкости насыщенного пара других газов (кислорода, водорода, азота и их соединений).

Процесс взаимодействия углекислого газа с биодизелем в гидродинамическом смесителе основан на кавитационной обработке среды (топлива) с целью улучшения физико-химических свойств. Установлено, что в кавитационный пузырек могут проникать пары биодизеля, растворенный газ, но не

попадают молекулы нелетучих веществ (осадок). Энергии, выделяющейся в процессе схлопывания пузырька, достаточно для ионизации и диссоциации молекул не только жидкости, но и газа, который активно участвует в массопереносе [9].

При схлопывании кавитационного пузырька в раствор переходят радикалы малой энергии, образовавшейся при взаимодействии углекислого газа с биодизелем. Кавитационное воздействие углекислого газа на биодизель сводится к процессу расщепления веществ, находящихся в растворе в пузырьках. Результатом такого воздействия становится структуризация молекул раствора биодизеля, что сказывается на изменении физико-химических свойств среды (рН, электропроводность и др.).

При кавитации вследствие звуковых колебаний среды интенсифицируются процессы смешивания и гомогенизации в ходе изменения физико-химических свойств [10].

Проведенные исследования показали, что целесообразно принять давление газа на срезе сопла  $P_{ni+1}$  равным критическому давлению  $P_n^{kp}$ :

$$P_{ni+1} = P_n^{kp}; \quad (6)$$

$$v = \sqrt{4,432 \cdot 10^{-3} \cdot P_{ni} \cdot \left(1 - \left(\frac{P_{ni+1}}{P_{ni}}\right)^{0,2}\right)} = \sqrt{\frac{\varepsilon}{\rho}}. \quad (7)$$

При соблюдении условия (7) поток до сопла (рис. 3) состоит из двух компонентов, а на срезе сопла газ приобретает свойства жидкости, растворяясь в био-

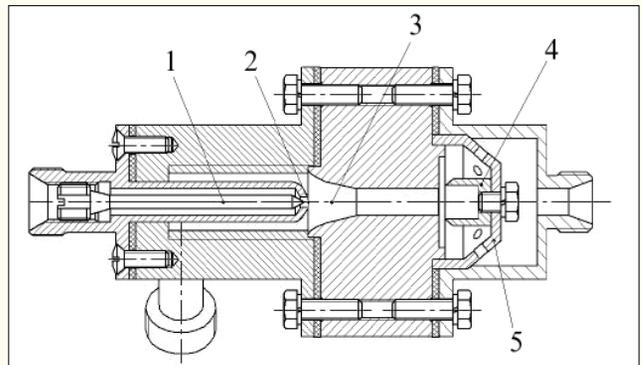


Рис. 3. Схема гидродинамического смесителя: 1 – игла; 2 – сопло; 3 – камера смешивания; 4 – отражатель; 5 – приемник

топливе и конденсируя в нем избыток паров, смесь становится квазиоднофазной. Поэтому результаты расчета параметров камеры смешивания по жидкой фазе соответствуют реальному процессу.

**Выводы.** При производстве биодизельного топлива из масла яatroфы повышенной кислотности для промывки полученного продукта углекислым газом целесообразно использовать гидродинамический смеситель, работающий в среде «жидкость – газ» и обеспечивающий кавитационный эффект.

Для эффективной работы гидродинамического смесителя в среде «жидкость – газ» получены зависимости, позволяющие рассчитать его рациональные параметры и режимы функционирования при производстве биодизельного топлива из растительных масел повышенной кислотности.

## Литература

1. Басков В.Н., Колос В.А., Сапьян Ю.Н. Биотопливо из растительного сырья: производство, потребление, энергоэффективность // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2010. – № 6. – С. 13-18.

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

3. Громаков А.В. Повышение эффективности функционирования машинно-тракторных агрегатов за счет применения биотоплива: Автореф. дис.... канд. техн. наук. – *Зерноград*, 2012. – 20 с.

4. Громаков А.В., Пархоменко Г.Г., Громакова Л.В. Определение оптимального состава смеси топлива по режимам функционирования машинно-тракторных агрегатов // *Хранение и переработка зерна*. – 2014. – № 7 (184). – С. 56-57.

5. Громаков А.В., Филатов С.К., Пархоменко Г.Г. Повышение эффективности функционирования машинно-тракторных агрегатов за счет применения биотоплива // *Технология колесных и*

*гусеничных машин*. – 2014. – №6(16). – С. 16-22.

6. Ибятков Р.И., Муртазин Т.Ш. Метод расчета динамики дисперсных частиц в цилиндрико-коническом гидроциклоне // *Вестник Казанского ГАУ*. – 2010. – № 3 (17). – С. 89-92.

7. Воронков С.С. О модуле упругости вязкого теплопроводного газа // *Техническая акустика: [электронный журнал]*. – 2010. – № 4. URL: <http://www.ejta.org>.

8. Спиридонов Е.К., Пантюхин А.А. Экспериментальные исследования рабочего процесса кавитационного смесителя // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Машиностроение»*. – 2007. – Вып. 10. – № 25. – С. 89-97.

9. Хафизов И.Ф., Мухин И.А., Доронин Д.Б. Иммитационное моделирование смесителя с целью изучения волновых процессов // *Нефтегазовое дело: [электронный научный журнал]*. – 2012. – № 4. – С. 457–465. URL: <http://www.ogbus.ru>.

10. Кошкин В.К., Михайлова Т.В. Термодинамическая теория истечения газов и паров, процесс дросселирования – М.: МАИ, 1983 – 53 с.

**References**

1. Baskov V.N., Kolos V.A., Sap'yan Yu.N. *Biotoplivo iz rastitel'nogo syr'ya: proizvodstvo, potreblenie, energoeffektivnost'* [Biofuel from vegetable raw materials: production, consumption, energy efficiency]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2010. No. 6. pp. 13-18 (Russian).

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

3. Gromakov A.V. *Povyshenie effektivnosti funktsionirovaniya mashinno-traktornykh agregatov za schet primeneniya biotopliva* [Improving the efficiency of functioning of machine and tractor units through the biofuels use]: *Avtoref. dis... kand. tekhn. nauk., Zernograd, 2012, 20 pp.* (Russian).

4. Gromakov A.V., Parkhomenko G.G., Gromakova L.V. *Opreделение optimal'nogo sostava smesevogo topliva po rezhimam funktsionirovaniya mashinno-traktornykh agregatov* [Determination of the optimal composition of composite propellant on the modes of functioning the machine and tractor aggregates], *Khranenie i pererabotka zerna*, 2014, No 7(184), pp. 56 – 57 (Russian).

5. Gromakov A.V., Filatov S.K., Parkhomenko G.G. *Povyshenie effektivnosti funktsionirovaniya mashinno-traktornykh agregatov za schet primeneniya biotopliva* [Improving the efficiency functioning of machine and tractor units through the biofuels use],

*Tekhnologiya kolesnykh i gusenichnykh mashin*. 2014, No. 6(16), pp. 16-22 (Russian).

6. Ibyatov R.I., Murtazin T.Sh. *Metod rascheta dinamiki dispersnykh chastits v tsilindro-konicheskom gidrotsiklone* [Method of calculating the dynamics of dispersed particles in cylindrical-hydrocyclone], *Vestnik Kazanskogo GAU*. 2010, No. 3 (17), pp.89-92 (Russian).

7. Voronkov S.S. *O module uprugosti vyzkogo teploprovodnogo gaza* [On the modulus of elasticity of a viscous heat-conducting gas], *Tekhnicheskaya akustika: elektronnyy zhurnal*, 2010, No. 4. Retrieved April 11, 2015 from <http://www.ejta.org/ru/voronkov3> (Russian).

8. Spiridonov E.K., Pantyukhin A.A. *Eksperimental'nye issledovaniya rabocheho protsessa kavitatsionnogo smesitelya* [Experimental studies of cavitation mixer operation], *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Mashinostroenie»*, 2007, V. 10, No. 25, pp. 89-97 (Russian).

9. Khafizov I.F., Mukhin I.A., Doronin D.B. *Imitatsionnoe modelirovanie smesitelya s tsel'yu izucheniya volnovykh protsessov* [Simulation of mixer for study of wave processes], *Oil and Gas Business: The electronic scientific journal*, 2012, No. 4, pp. 457-465. Retrieved April 11, 2015 from <http://ogbus.com/article/imitatsionnoe-modelirovanie-smesitelya-s-celyu-izucheniya-volnovyx-protsessov/> (Russian).

10. Koshkin V.K., Mikhaylova T.V. *Termodinamicheskaya teoriya istecheniya gazov i parov, protsess drosselirovaniya* [The thermodynamic theory of the gases and vapors expiration, throttling process], *M.: MAI, 1983, 53 pp.* (Russian).

**HYDRODYNAMIC MIXER OPERATION BY BIODIESEL PRODUCTION FROM JATROPHA OIL**

**Hoang Nghia Dat**, Don State Technical University, Rostov-on-Don; **G.G.Parkhomenko**, Cand.Sc.(Eng.); **V.I.Pakhomov**, D.Sc.(Eng.); **V.B.Rykov**, D.Sc.(Eng.); **S.I.Byr'ko**, **I.V.Bozhko**, North Caucasian Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture, e-mail: [vnptim07@mail.ru](mailto:vnptim07@mail.ru), Zernograd, Russian Federation

*A process of functioning of the hydrodynamic mixer which mixes streams of biodiesel fuel from Jatropa oil of the increased acidity with carbon dioxide for its washing was considered. The regularities revealing interrelation of parameters (diameter and length of the mixing camera), the modes (pressure and stream speed) with properties of the environment (dynamic viscosity, density, elasticity) and power indicators of process (intermixing capacity) was obtained. On the basis of a method of similarity and dimensions of physical quantities criterion of stream turbulence was received, modes were determinate, diameter of the mixing camera (30-35 mm) was recommended. Stream pressure decrease and intermixing capacity at increase in pipeline diameter were established. When diameter is more than 30 mm, so pressure intensity modification is the smallest and dependence become like linear function. The intermixing capacity increases most intensively (by 1.5 times) with reduction of mixing camera length from 15 to 10 mm and it ceases to decrease at 30-35 mm. When pressure on a cut of a nozzle corresponds critical, carbon dioxide in the mixing camera gets liquid properties, dissolving in biofuel, and mix becomes quasihomogeneous. The revealed criterion of stream change modes from supersonic in the subsonic allowed to define a condition of quasiumiformity of mix. It was proved that the supersonic stream formed thus «liquid-gas» is transformed in subsonic, accompanied at acoustic effect of cavitation with a intermixing due to isentropic jump in pressure. There were proved physical and chemical data of process of cavitation impact of carbon dioxide on biodiesel fuel as a result of which properties of the environment improve owing to structurization of molecules of solution that positively influences mixing. A design of the hydrodynamic mixer was recommend.*

**Keywords:** Biofuel; Jatropa; Cavitation; Hydrodynamic mixer parameters.

УДК 621.43

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ОЦЕНКИ МЕТОДОВ ПОДАЧИ ВОДЫ В ДВС



**А.В.БИЖАЕВ,**  
аспирант, зав. лабораторией

Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К.А.Тимирязева,  
a.bizhaev@mail.ru, Москва, Российская Федерация

*Добавка воды к топливу стала одним из действенных способов решения основных проблем поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС), поскольку она уменьшает тепловую напряженность двигателя, снижает токсичные выбросы продуктов сгорания, а также повышает эффективность на некоторых режимах работы. Большое влияние на процесс сгорания топливно-воздушной смеси с водой оказывает способ ее подачи в камеру сгорания. Разработали экспериментальную установку для получения сравнительных характеристик основных методов подачи воды в камеру сгорания ДВС. Определили, что существует два способа подачи воды в камеру сгорания. При первом способе подача воды осуществляется в виде водотопливной эмульсии, которая подается в камеру сгорания через форсунку посредством топливного насоса высокого давления, при втором способе вода поступает с воздухом через распыляющий элемент – карбюратор или форсунку. Этот способ весьма прост в отличие от эмульсионной подачи. Самый простой вариант – применение форсунок. Установили, что эмульсия как неоднородная мелкодисперсная среда имеет свойство разделяться на составляющие. Поэтому при работе системы необходимо использовать специальные эмульгаторы для равномерности подачи воды, попадающей в цилиндр. Предложили систему, позволяющую открывать каждую форсунку в определенный момент. Для регулировки длительности впрыска разработали систему обратной связи с датчиками температуры отработанных газов на выпускном коллекторе. Показали, что на разработанном экспериментальном стенде можно проводить испытания при различных режимах работы двигателя, что позволит дать оценку обоим способам.*

**Ключевые слова:** двигатель внутреннего сгорания, добавка воды к топливу, экспериментальный стенд, подача воды, камера сгорания.

**В** настоящее время поршневые двигатели внутреннего сгорания считаются основным источником механической энергии, поэтому к ним предъявляется ряд требований, которые в свою очередь необходимо обеспечивать их производителям [1].

Основные проблемы современного двигателестроения – высокая токсичность продуктов сгорания топлива в камере сгорания и относительно низкий КПД (30-40%) [2, 3]. Существует множество методов их решения, один из них – подача воды в камеру сгорания.

Эффект от подачи воды в камеру сгорания ДВС был получен еще в начале XX века и использовался для форсирования авиационной техники [4]. В бензиновых двигателях подача воды способствует

охлаждению смеси внутри цилиндра, что главным образом приводит к уменьшению детонации. В дизельных двигателях процесс горения проходит по мере подачи топлива из форсунки, поэтому они не склонны к детонационному сгоранию топлива. При добавках воды к топливу снижается тепловая напряженность, поскольку процесс сгорания сопровождается меньшей температурой, чем сжигание топлива без добавок. Это значительно снижает образование оксидов азота, способствуя таким образом улучшению экологических характеристик продуктов сгорания [5]. Кроме этого, во множестве исследований наблюдалось увеличение мощности двигателя на различных режимах работы, связанное с химическими процессами, протекающими в

воздушно-топливной смеси с водой [6].

Конкретный метод подачи воды может существенно повлиять на работу ДВС. Большое количество исследований в данной области дает возможность сделать общую оценку эффективности конкретного способа подачи воды в камеру сгорания. Но, несмотря на это, сравнительные показатели того или иного способа еще не изучены.

**Цель исследования** – создание установки, с помощью которой можно замерить показатели двигателя при использовании добавок воды в камеру сгорания; оценка сравнительных характеристик основных методов подачи воды в камеру сгорания ДВС при использовании экспериментального стенда; исследование показателей для каждого конкретного способа подачи воды и выявление в них индивидуальных аспектов.

**Материалы и методы.** Существует два основных способа подачи воды в камеру сгорания: в виде водотопливной эмульсии и с воздухом.

Вода в виде эмульсии подается топливным насосом высокого давления (ТНВД) через форсунку непосредственно в камеру сгорания после предварительного смешивания. Его можно осуществить несколькими способами, такими как механический, ультразвуковой, фазо-инвертирующий [7]. Важной особенностью данного способа будет движение потока эмульсии: он должен миновать фильтры, чтобы избежать отделения воды от топлива. С целью очистки смеси необходимо предварительно до смешивания отфильтровать топливо и воду.

Вода с впускным воздухом подается во впускной тракт через распыляющий элемент – карбюратор или форсунку. Этот способ весьма прост и не требует существенной подготовки, в отличие от эмульсионной подачи. Однако при подаче через карбюратор в случае многоцилиндрового ДВС наблюдается неравномерность расхода воды по цилиндрам [8]. Поэтому для соблюдения равномерности необходимо устанавливать карбюратор на каждый цилиндр, что является довольно сложной конструктивной задачей. Для упрощения задачи карбюратор можно заменить форсунками, для которых характерны меньшие размеры и более простой способ монтажа. Но стоит отметить, что система с форсунками требует наличия насоса и электронной системы управления.

С целью исследования способов подачи воды был разработан экспериментальный стенд, представляющий собой электрическую тормозную балансирующую машину в паре с дизельным двигателем Д-120. Данный стенд позволяет загрузить двигатель до заданного значения, чтобы снять необходимые характеристики, например крутящий момент и частоту вращения коленчатого вала. Для за-

меров расхода воздуха, поступающего в ДВС, используют газовый расходомер РГ-100. На двигателе установлены также датчики, измеряющие основные показатели его работы.

Двигатель Д-120 оборудован системой как для эмульсионной подачи воды, так и для подачи воды с воздухом. Для обеспечения системы водой рядом с ДВС расположен бак с погруженным в него насосом. Для получения эмульсии используют отдельный бак.

Система эмульгирования представляет собой механический смеситель с циркуляцией потока, который состоит из электрического универсального насоса, подающего жидкость в распылитель. Если же эмульсия еще не образована, то в специальном баке вода и топливо находятся в разделенном виде. Так как плотность воды больше плотности топлива, она находится в нижнем слое. Для получения водотопливной эмульсии включают электрический насос, который забирает воду и подает ее через распылитель в топливо, находящееся в этом же баке в верхнем слое. Спустя некоторое время смесь воды и топлива станет однородной, и образуется эмульсия. Однако стоит учесть, что приготовленная эмульсия будет содержать только определенные пропорции воды и топлива, поэтому для проведения эксперимента с другим соотношением воды и топлива необходимо приготовить новую смесь. Кроме этого, эмульсия как неоднородная мелкодисперсная среда имеет свойство со временем разделяться на составляющие, и появляется необходимость использовать ее непосредственно после приготовления. Для более быстрого приготовления эмульсии и продолжительного времени ее существования до разделения можно использовать специальные эмульгаторы. Полученная эмульсия хранится в отдельном баке, из которого поступает в ТНВД. Стоит учесть, что очистка от примесей должна осуществляться до смешивания воды с топливом, в противном случае при прохождении эмульсии через стандартный топливный фильтр структура водотопливной эмульсии нарушится и отклонится от заданной.

При работе системы подачи воды с воздухом вода подается во впускной коллектор посредством форсунок (рис. 1). Каждой форсункой управляет силовой полевой транзистор, работу которого контролирует регулируемый ШИМ-контроллер, обеспечивающий заданную длительность импульсов. От длительности импульсов и, как следствие, продолжительности открытия форсунок будет зависеть количество воды, которое попадет во впускной тракт ДВС. Так как для испытаний был взят двухцилиндровый двигатель Д-120, то для оптимальных условий подачи воды используются две форсунки. Однако впускной коллектор у данного

двигателя очень мал и не симметричен. Это создает трудности с равномерностью распределения воды при попадании ее в цилиндр.

Для устранения этой неравномерности разработана система, позволяющая открывать каждую форсунку в заданный момент. Подавать воду следует незадолго до открытия впускного клапана, чтобы вода лучше перемешалась с воздухом и частично испарилась под воздействием температуры ДВС. Система фазового впрыска не гарантирует точности подачи доз воды в камеру сгорания, и для более точной регулировки требуется обратная связь. Количество воды, попавшее в цилиндр, значительно снижает его теплонпряженность, соответственно, и температуру отработавших газов (ОГ). Поэтому обратную связь в определении количества воды осуществляют датчики температуры ОГ на впускном коллекторе (рис. 1).

Датчики температуры представляют собой термомпары хромель-алюмель, которые позволяют измерить температуру ОГ, достигающую 900°C. Значение температуры фиксируется измерительными головками, представляющими собой милливольтметры, встроенные в приборный щиток (рис. 2). Если в какой-либо цилиндр попадет большее или меньшее количество воды, то это скажется на изменении температуры соответствующего цилиндра.



Рис. 1. Система с обратной связью; зеленые – водные форсунки во впускном коллекторе; белые – датчики в выпускном коллекторе



Рис. 2. Измерительный стенд с приборным щитком для снятия показаний с измерительных головок

Каждой форсункой управляет независимый отдельный электронный блок. Эти блоки идентичны и получают сигнал с датчика фазы, который уста-

новлен на валу ТНВД. Такое расположение датчика выбрано потому, что частота его вращения в 2 раза меньше, чем коленчатого вала, и позволяет выдать сигнал в любой момент. Датчик представляет собой диск с прорезью и щелевыми оптическими датчиками, установленными на нем под углом, при котором необходимо отправить сигнал для открытия соответствующей датчику форсунки. Схемы для

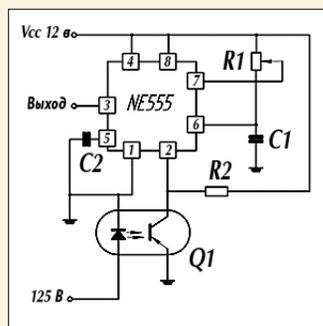


Рис. 3. Управляющая схема таймера NE555: Vcc – напряжение питания схемы; 1...8 – номер выхода из микроконтроллера; R1 – потенциометр регулировки длительности открытия форсунки; R2 – резистор для устойчивости сигнала; C1 – конденсатор, образующий RC-контур вместе с R1; C2 – стабилизирующий конденсатор; Q1 – щелевой оптический датчик

управления собраны на таймерах NE555 (рис. 3).

Они позволяют задать длительность сигнала, который контролирует период впрыска форсунок при поступлении входного сигнала. Длительность выходного сигнала рассчитывается по формуле:

$$T = 1,1 \times R1 \times C1, c,$$

где R1 – потенциометр, которым регулируется длительность впрыска, C1 – конденсатор, образующий RC-контур.

Таким образом, сконструирована система для подачи воды с воздухом – с регулируемой длительностью впрыска и обратной связью.

**Выводы.** Для исследования методов добавки воды в камеру сгорания двигателя сконструирован испытательный стенд, позволяющий замерить основные параметры двигателя.

Данный экспериментальный стенд позволяет провести испытания при различных режимах работы двигателя, в ходе которых можно будет выявить сравнительные характеристики двух основных способов подачи воды в камеру сгорания.

## 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 технологий 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.
4. Иванов В.М. Топливные эмульсии. – М.: Издательство АН СССР, 1962. – 216 с.
5. Конев А.Ф. Использование добавок воды и

бензина на впуске тракторных двигателей в условиях жаркого климата: Дисс. ... канд. техн. наук. – 1987. – 272 с.

6. Аттия А.М.А. Улучшение экологических и экономических показателей дизелей за счет изменения структуры водотопливной эмульсии: Дисс. ... канд. техн. наук. – 2012. – 133 с.

7. Горячкин А.В. Влияние содержания влаги в зоне горения на эмиссию оксидов азота и серы // Наукові праці Техногенна безпека. – 2004. – Вип. 18, – Т. 31. – С. 27-37.

8. Дмитриевский А.В., Каменев В.Ф. Карбюраторы автомобильных двигателей. – М.: Машиностроение, 1990. – 223 с.

**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'skokhozyaystvennye 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).

3. Savel'ev G.S., Kochetkov M.N., Ovchinnikov E.V., Ovchinnikov A.V. Rezul'taty ispytaniy po ispol'zovaniyu nanoprodukta v vide dobavki v biotoplivo iz rapsovogo masla [Results of tests on use of a nanoparticle in the form of an additive in biofuel from rape oil]. Sistema tekhnologii i mashin dlya innovatsionnogo razvitiya APK Rossii: Sb. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Ch.1. Moscow: 2013. pp. 220-225 (Russian).

4. Ivanov V.M. Toplivnye emul'sii [Fuel emulsions].

Moscow: Izdatel'stvo AN SSSR, 1962. 216 с.

5. Konev A.F. Ispol'zovanie dobavok vody i benzina na vpuske traktornykh dvigateley v usloviyakh zharkogo klimata [Use of additives of water and petrol on an tractor engines inlet in the conditions of hot climate]: Diss. ... kand. tekhn. nauk. 1987. 272 pp. (Russian).

6. Attiya A.M.A. Uluchshenie ekologicheskikh i ekonomicheskikh pokazateley dizeley za schet izmeneniya struktury vodotoplivnoy emul'sii [Improvement of ecological and economic indicators of diesels due to modification of structure of a water fuel emulsion]: Diss. ... kand. tekhn. nauk. 2012. 133 pp. (Russian).

7. Goryachkin A.V. Vliyanie soderzhaniya vlagi v zone goreniya na emissiyu oksidov azota i sery [Influence of moisture content in a burning zone on emission of nitrogen oxides and sulfur]. Naukovi pratsi Tekhnogenna bezpeka. 2004. Vip. 18. T. 31. pp. 27-37 (Russian).

8. Dmitrievskiy A.V., Kamenev V.F. Karbyuratory avtomobil'nykh dvigateley [Carburetors of automobile engines]. Moscow: Mashinostroenie, 1990. 223 pp. (Russian).

**EXPERIMENTAL INSTALLATION FOR AN ASSESSMENT OF METHODS OF WATER SUPPLY IN AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE**

**A.V.Bizhaev**, post-graduate student, head of laboratory, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, a.bizhaev@mail.ru, Moscow, Russian Federation

The water additive to fuel became one of effective ways of the solution of the main problems of the piston internal combustion engines (ICE) as it reduces thermal factor of the engine, toxic emissions of exhaust products, and also increases efficiency by some operating modes. The way of fuel and air mix with water feeding in the combustion chamber has a great influence on process of combustion. Experimental installation for obtaining comparative characteristics of the main methods of water supply in the ICE combustion chamber was created. It was defined that there are two ways of water supply in the combustion chamber. At the first way water feed is carried out in the form of a water fuel emulsion which moves to the combustion chamber through a nozzle by means of the fuel pump with a high pressure. At the second way water arrives with air through the spraying element – the carburetor or a nozzle. This way is very simple in difference of emulsion feeding. The easiest way is nozzles application. It was established that the emulsion as the non-uniform highly dispersed fluid can be divide into components. Therefore it is necessary to use during the feeding system operation special emulsifiers with air for the uniformity water getting to the cylinder. The system for each nozzle opening at some point was offered. System of feedback with sensors of exhaust gases temperature in a final collector for adjustment of duration of injection was worked out. It was showed that at the developed experimental stand it is possible to carry out tests at various power modes. As result it will be possible to estimate both ways of fuel and air mix with water feeding.

**Keywords:** Internal combustion engine; Water additive to fuel; Experimental installation; Water supply; Combustion chamber.

УДК 631.3.06

# ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СРОКОВ ПРОВЕДЕНИЯ ПОЛЕВЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ СИБИРИ

**Б.Д.ДОКИН,**  
докт. техн. наук,

**О.В.ЁЛКИН,**  
канд. техн. наук,

**Е.А.ЛАПЧЕНКО,**  
аспирант

Сибирский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства, e-mail: sibime@ngs.ru,  
пос. Краснообск, Новосибирская область, Российская Федерация

*Проанализировали методические подходы при обосновании технического обеспечения оптимальных агротехнических сроков проведения полевых работ. Ввели понятие «экономически целесообразные сроки проведения полевых работ». Они могут быть более продолжительными, по сравнению с оптимальными, при условии равенства издержек, связанных с потерями урожая из-за запаздывания сроков проведения полевых работ и затрат, обусловленных техническим обеспечением этих сроков. При этом необходимо учитывать, что сроки той или иной технологической операции не совпадают для всех полей. Кроме того, сельхозпредприятия высевают рожь, горох, ячмень и другие зерновые культуры различных сроков созревания: поздне-, средне- и раннеспелые. Затраты на техническое обеспечение той или иной технологической операции определили с учетом занятости трактора и сельхозмашин на других технологических операциях в течение года. Получили аналитическое выражение для определения экономически целесообразных сроков проведения полевых работ в условиях Сибири.*

**Ключевые слова:** сроки проведения работ, техническое обеспечение, потери урожая, затраты на технику.

**П**ри расчете нормативов потребности в сельхозтехнике на период 1981-1985 гг. МСХ СССР рекомендовало следующие агросроки: закрытие влаги – 2-3 дня, предпосевная культивация – 3-4, посев – 3-4, скашивание в валки – 4-5, подбор валков, прямое комбайнирование, уборка соломы – 7-8, вспашка зяби – 12-14 дней [1].

Как можно говорить о проведении закрытия влаги в течение 2-3 дней, если в условиях Сибири и Урала поля «подходят» в течение 10-15 дней (по данным СИБИМЭ и ЧИМЭСХ)? Как можно говорить о посеве зерновых за 3-4 дня, если хозяйства высевают рожь, горох, ячмень и другие зерновые культуры различных сортов: поздне-, средне- и раннеспелые? Один разбег «подхода» полей – и то превышает в условиях Сибири 3-4 дня. А сроки высева всех вышеназванных культур и их сортов тоже различны и могут вдвое-втрое превышать запланированные. То же самое можно сказать и о скаши-

вании. Исследования лаборатории зерноуборки СИБИМЭ в ОПХ «Черепановское» показали, что зерновые достигают восковой спелости в течение 12-15 дней.

Необходимо учитывать, что этот временной интервал задает природа, и надо учиться управлять им, чтобы действительно поля не «подходили» и не «поспевали» в течение 3-5 дней.

В связи с тем, что появились новые технологии (ресурсосберегающие на базе минимальной и нулевой обработки почвы), исчезли некоторые технологические операции в большом объеме. Так, по прогнозам, в Сибири в перспективе доля вспашки не превысит 30%.

Появились отечественные и зарубежные тракторы типа «Кировец» К-9520, фирм *John Deere* и *New Holland* мощностью 500 л.с., а также широкозахватные посевные комплексы, позволяющие выполнить несколько технологических операций за

один проход машинно-тракторного агрегата.

Жесткие агротехнические сроки диктовали и малую нагрузку на тракторы, сельхозмашины, зерновые и кормоуборочные комбайны.

Чиновники Минсельхоза и журналисты ссылались на малую загруженность тракторов (40-60 га вспашки) и зерноуборочных комбайнов (50-60 га) в странах Западной Европы и США.

В США и Канаде в начале 1960-х годов нагрузка на зерновой комбайн составляла 72 га, а в 1997 г. она выросла до 144 га [2]. При этом валовой сбор зерна в расчете на один комбайн увеличился со 150 до 740 т, или почти в 5 раз.

Анализ материалов Всероссийской сельскохозяйственной переписи показал, что нагрузка на технику в нашей стране также невелика, поскольку площадь пашни в фермерских хозяйствах составляет 30-80 га. Технике просто нет такого объема работы, как на Западе [3].

Поэтому на современном этапе необходимо разработать свою технологическую и техническую политику модернизации растениеводства Сибири.

**Цель исследований** – определение оптимальных сроков и технического обеспечения посева зерновых в регионе с учетом снижения совокупных затрат.

Вопросы выбора технологий и технических средств в условиях модернизации растениеводства Сибири уже были рассмотрены ранее на примере лесостепной зоны Новосибирской области [4]. Однако не учитывался тот факт, что не все поля «созревают» одновременно и не по всем культурам они готовы к проведению определенной технологической операции [5, 6].

При обосновании технической обеспеченности растениеводства возникает необходимость снижения пиковой потребности в технике. Этого можно достичь, изменив структуру посевных площадей в том числе введением озимого клина зерновых культур, или сроки проведения полевых работ.

**Материалы и методы исследований.** Функция совокупных затрат  $f(D_p)$  была подвергнута исследованию на экстремум методами дифференциального исчисления. Причем при рассмотрении народно-хозяйственной эффективности технического обеспечения сроков проведения полевых работ совокупные затраты на проведение той или иной технологической операции подсчитываются на основании ГОСТ. Эффективность на уровне сельхозпредприятия определяют с учетом прямых эксплуатационных затрат и потерь урожая, чтобы снизить себестоимость сельхозпродукции.

Для оптимизации структуры машинно-тракторного парка использован метод сквозного просмотра вариантов годовых комплексов полевых работ [7].

При расчете совокупных затрат применяли средние значения коэффициентов потерь урожая  $K_{cn}$  (часть/дни) вспашка зяби – 0,005; предпосевная культивация – 0,005; посев зерновых – 0,010; скашивание в валки – 0,008-0,010; подбор и обмолот валков, прямое комбайнирование – 0,020-0,030.

**Результаты и обсуждение.** Функция совокупных затрат для сельхозпредприятия в зависимости от продолжительности выполнения технологической операции, например, на прямом посеве с использованием трактора *John Deere 9650* и посевного комплекса *John Deere 730*, имеет следующий вид:

$$f(D_p) = \frac{\alpha_t B_t \gamma_t^i \gamma_{coz}^j}{D_p} + \frac{\alpha_{пк} B_{пк} \gamma_{пк}^i \gamma_{coz}^j}{D_p} + \quad (1)$$

$$+ K_{cn} \cdot U \cdot Ц \cdot W_{сут} \cdot D_p + C,$$

где  $D_p$  — продолжительность проведения технологической операции, дн.;

$B_t$ , и  $B_{пк}$  – балансовая стоимость трактора и посевного комплекса, руб.;

$\alpha_t$  и  $\alpha_{пк}$  – норма отчислений на реновацию трактора и посевного комплекса;

$\gamma_t^i$  и  $\gamma_{пк}^i$  – часть удельных отчислений на реновацию трактора и посевного комплекса, в зависимости от того, какие работы выполняют трактор и посевной комплекс (для простоты взят удельный вес этой работы в годовом объеме работ, выполняемых трактором и посевным комплексом);

$\gamma_{coz}^j$  – коэффициент, учитывающий неравномерность «созревания полей»;

$K_{cn}$  – средний коэффициент потерь урожая в зависимости от продолжительности работ, часть/дни;

$U$  – урожайность культуры, т/га;

$Ц$  – цена реализации, руб./т;

$W_{сут}$  – суточная производительность машинно-тракторного агрегата, га/сут;

$C$  – затраты на техобслуживание и ремонт техники, ГСМ, зарплату и т.д., которые не зависят от  $D_p$ , руб.

Затраты на технику при увеличении продолжительности выполнения работ уменьшаются, а потери урожая, наоборот, увеличиваются.

Для определения оптимальной продолжительности проведения полевых работ обычно берут первую производную  $f(D_p)$  и приравнивают ее нулю:

$$\frac{df(D_p)}{dD_p} = 0, \text{ то есть:} \quad (2)$$

$$\frac{\alpha_m B_m \gamma_m^i \gamma_{coz}^j}{D_p^2} - \frac{\alpha_{пк} B_{пк} \gamma_{пк}^i \gamma_{coz}^j}{D_p^2} + K_{cn} \cdot U \cdot Ц \cdot W_{сут} = 0;$$

После соответствующих преобразований найдем  $D_p^{opt}$ , когда затраты на технику и потери уро-

жая уравновешены:

$$D_p^{opt} = \sqrt{\frac{\alpha_T B_T \gamma_T \gamma_{соз} + \alpha_{ПК} B_{ПК} \gamma_{ПК} \gamma_{соз}}{K_{сп} \cdot U \cdot Ц \cdot W_{сут}}} \quad (3)$$

Вторая производная  $\frac{df^2(D_p)}{d^2 D_p}$  принимает

положительное значение, это означает, что функция  $f(D_p)$  в точке  $A$  имеет минимальное значение.

После определения структуры машинно-тракторного парка для всего хозяйства по всем технологическим операциям можно определить значения:

$$\gamma_T^i = \frac{\sum_{i=1}^n F_T^i}{F_T^i} \quad (4)$$

где  $F_T^i$  – объем работ в эталонных га, выполненный на данной технологической операции для данной культуры;

$$\sum_{i=1}^n F_T^i \text{ – годовой объем работ в эталонных га,}$$

выполненный этим трактором;

$\gamma_{соз}$  – коэффициент, который определяют для каждого конкретного хозяйства.

При ресурсосберегающей технологии возделывания и уборки зерновых культур на базе минимальной обработки почвы посевной комплекс может работать на посеве, обработке паров и на минимальной осенней обработке почвы:

$$\gamma_{ПК}^i = \frac{\sum_{i=1}^n F_{ПК}^i}{F_{ПК}^i} \quad (5)$$

Трактор, кроме перечисленных операций при этой технологии, может производить на одной четверти посевной площади глубокое безотвальное

рыхление почвы и обеспечивать равномерное распределение измельченной соломы по полю с помощью пружинных борон.

Было определено  $D_p^{opt}$  из условий:  $B_T = 10,6$  млн руб.;  $B_{ПК} = 8$  млн руб.;  $\alpha_T = 0,07$ ;  $\alpha_{ПК} = 0,10$ ;  $\gamma_{соз} = 0,07$ ;  $\gamma_T = 0,20$ ;  $\gamma_{ПК} = 0,33$ ;  $K_{сп} = 0,01$  часть/день;  $U = 2,6$  т/га;  $Ц = 5$  тыс. руб.;  $W_{сут} = 200$ :

$$D_p^{opt} = \sqrt{\frac{0,07 \cdot 10600000 \cdot 0,2 \cdot 0,07 + 0,1 \cdot 8000000 \cdot 0,33 \cdot 0,07}{0,01 \cdot 2,6 \cdot 5000 \cdot 200}} \approx 1 \text{ день / сутки}.$$

Аналогичные данные были получены в СибИМЭ в 1976 г, но на основании имеющихся данных того времени. Посев производили агрегатом, состоящим из трактора ДТ-75М, четырех сеялок СЗ-3,6 и сцепки СП-16. Для определения  $D_p^{opt}$  были приняты следующие числовые величины [1]:

$B_T = 3245$  руб.;  $B_{сп} = 1060$  руб.;  $B_{схм} = 750 \cdot 4 = 3000$  руб.;  
 $\alpha_T = 0,125$ ;  $\alpha_{сп} = 0,142$ ;  $\alpha_{схм} = 0,142$ ;  
 $\gamma_T = 0,08$ ;  $\gamma_{сп} = 0,21$ ;  $\gamma_{схм} = 0,9$ ;  $\gamma''_{созр} = 0,1$ ;  
 $P_T = 13,3$  руб.;  $P_{схм} = 0,68$  руб.;  $P_{сп} = 0,88$  руб.;  
 $K_{сп} = 0,01$  часть/день;  
 $U = 15$  ц/га;  $Ц = 10$  руб./ц;  $W_{Дч} = 50$  га/день (за световой день).

Если исходить из требования ограничения сроков посева 3-4 дня (то есть  $\gamma_{соз} = 0,33-0,57$ ), то  $D_p^{opt}$  увеличится с 2,1 до 2,4 светового дня.

**Выводы.** За 30 лет изменились технологии возделывания зерновых культур и особенно их техническое обеспечение. Оптимальная продолжительность посева зерновых на поле, готовом под посев, осталась прежней – в течение одних суток. Поэтому искусство агронома заключается в том, чтобы обеспечить величину  $\gamma_{соз}$  в пределах 0,07-0,10, то есть уложиться с посевной за 10-15 дней.

## Литература

1. Докин Б.Д. Механизм «обратной связи» при оптимизации состава МТП и сроков проведения полевых работ / Методические принципы оценки системы машин для комплексной механизации растениеводства и животноводства // НТБ СибИМЭ СО ВАСХНИЛ. – Новосибирск, 1977. – Вып. 3. – С. 11-16.
2. Черняков Б.А. Комплексная механизация фермерских хозяйств в США // Техника и оборудование для села. – 2003. – № 6. – С. 36.
3. Драгайцев В.И., Алексеев К.И. Оценка технической оснащенности АПК по итогам Всероссийской сельскохозяйственной переписи // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2008. – № 76. – С. 3-5.
4. Докин Б.Д., Степчук С.А., Ёлкин О.В., Чеку-

сов М.С. Обоснование выбора технологий и технических средств для возделывания зерновых культур в условиях Сибири // Вестник НГАУ. – 2013. – № 1 (26). – С. 111-118.

5. Саклаков В.Д., Сергеев М.П. Техничко-экономическое обоснование выбора средств механизации. – М.: Колос, 1973. – 199 с.

6. Бейлис В.М. Технологические системы и продолжительность полевых работ // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2012. – № 5. – С. 14-17.

7. Докин Б.Д., Ёлкин О.В. Методика проектирования состава МТП с помощью метода сквозного просмотра вариантов годовых комплексов полевых работ // Аграрная наука – сельскому хозяйству: Сб. статей в 3 кн. / IV Международная научно-практическая конференция. – Барнаул: АГАУ, 2009. – Кн. 1. – С. 249-252.

## References

1. Dokin B.D. *Mekhanizm «obratnoy svyazi» pri optimizatsii sostava MTP i srokov provedeniya polevykh rabot [Mechanism of «feedback» by optimization of structure of machine and tractor fleet and terms of field works carrying out]. Metodicheskie printsipy otsenki sistemy mashin dlya kompleksnoy mekhanizatsii rasteniyevodstva i zhivotnovodstva NTB SibIME SO VASKhNIL. Novosibirsk, 1977. V. 3. pp. 11-16 (Russian).*

2. Chernyakov B.A. *Kompleksnaya mekhanizatsiya fermerskikh khozyaystv v SShA [Complex mechanization of farms in the USA]. Tekhnika i oborudovanie dlya sela. 2003. No. 6. pp. 36 (Russian).*

3. Dragaytsev V.I., Alekseev K.I. *Otsenka tekhnicheskoy osnashchennosti APK po itogam Vserossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy perepisi [Assessment of technical equipment of agrarian and industrial complex following the results of the All-Russian agricultural census]. Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny. 2008. No. 76. pp. 3-5 (Russian).*

4. Dokin B.D., Stepchuk S.A., Elkin O.V., Chekusov M.S. *Obosnovanie vybora tekhnologiy i tekhnicheskikh*

*sredstv dlya vozdeleyvaniya zernovykh kul'tur v usloviyakh Sibiri [Justification of a choice of technologies and technical means for grain crops cultivation in the conditions of Siberia]. Vestnik NGAU. 2013. No. 1 (26). pp. 111-118 (Russian).*

5. Saklakov V.D., Sergeev M.P. *Tekhniko-ekonomicheskoe obosnovanie vybora sredstv mekhanizatsii [Techno-economic justification of a choice of means of mechanization]. M.: Kolos, 1973. 199 pp. (Russian).*

6. Beylis V.M. *Tekhnologicheskie sistemy i prodolzhitel'nost' polevykh rabot [Technological systems and duration of field works]. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. 2012. No. 5. pp. 14-17 (Russian).*

7. Dokin B.D., Elkin O.V. *Metodika proektirovaniya sostava MTP s pomoshch'yu metoda skvoznogo prosmotra variantov godovykh kompleksov polevykh rabot [Technique of design of structure of machine and tractor fleet by means of a method of through viewing of options of annual complexes of field works]. Agrarnaya nauka – sel'skomu khozyaystvu: Sb. statey v 3 kn. IV Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. Barnaul: AGAU, 2009. Kn. 1. pp. 249-252. (Russian).*

## MAINTENANCE OF FIELD WORKS TERMS IN SIBERIA

**B.D.Dokin**, D.Sc.(Eng.), **O.V.Elkin**, Cand.Sc.(Eng.), **E.A.Lapchenko**,

Siberian Research Institute of Mechanization and Electrification for Agriculture, e-mail: sibime@ngs.ru, set. Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russian Federation

*Methodical approaches were analyzed for justifying of the field work terms. The concept of economically feasible dates of fieldwork was introduced. They could be more long-time compared with optimal, on condition of equality of the expenses connected with harvest losses because of delay of terms of field works carrying out and expenses caused by technical ensuring these terms. Thus, it is necessary to consider that terms of this or that technological operation don't coincide for all fields. In addition, agricultural enterprises sowed rye, peas, barley, and other grain crops of different ripening periods: long-duration, intermediate and early. Assignment of costs for maintenance of a technological operation is carried out with taking into account the tractor and agricultural machines using by other technological operations. Analytical expression for determination of economically expedient terms of field works carrying out in the conditions of Siberia was achieved.*

**Keywords:** Works terms; Technical maintenance; Yield losses; Cost of equipment.



УДК 001.8:631.333

# РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗДУШНО-МИНЕРАЛЬНОЙ СМЕСИ ПО КАНАЛАМ ШТАНГОВОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

**М.С.КУЛЕШОВ<sup>1</sup>,**  
аспирант,

**В.А.МАКАРОВ<sup>1</sup>,**  
ДОКТ. ТЕХН. НАУК,  
профессор,

**Н.М.МАРЧЕНКО<sup>2</sup>,**  
ДОКТ. ТЕХН. НАУК,  
профессор

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт механизации и информатизации агрохимического обеспечения сельского хозяйства, e-mail: vnimsot7@mail.ru, г. Рязань, Российская Федерация

<sup>2</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, e-mail: vim-smit@rambler.ru, Москва, Российская Федерация

*Многочисленными исследованиями установлено, что от характера распределения дозы удобрений по полю зависит средняя урожайность сельскохозяйственных культур. Неравномерность рассеивания удобрений значительно ухудшает отзывчивость растений, снижает технологические и биологические достоинства урожая, способствует накоплению нитратов в сельскохозяйственных культурах, а также приводит к загрязнению окружающей среды. Для распределения минеральных удобрений наибольшее распространение получили центробежные и штанговые аппараты, которые удовлетворительно вносят удобрения, но не обеспечивают требуемого качества распределения частиц по полю: неравномерность составляет 25 и 10 процентов соответственно. В этой связи разработка технологических процессов и рабочих органов машин, обеспечивающих процесс внесения удобрений, адаптированный к видам минерального питания растений, а также обоснование способов контроля и управления технологическими процессами остаются важной научной проблемой. Обосновали функции изменения диаметра эжекторов штанговых машин для внесения подкормочных и основных доз твердых минеральных удобрений. В результате исследования определили, что функция изменения диаметров эжекторов зависит от внутреннего диаметра штанги, профиля скорости воздушно-минеральной смеси вдоль штанги, количества эжекторов на штанге. В основных расчетах исходили из того, что для нормальной работы системы должно соблюдаться равенство входящего в штангу и выходящего через эжекторы потока воздушно-минеральной смеси, а создаваемое давление этой смеси можно подчинить уравнению Клайперона – Менделеева при изотермическом движении и записать в декартовой системе уравнений Эйлера.*

**Ключевые слова:** минеральные удобрения, внесение удобрений, воздушно-минеральная смесь, разбрасыватель штангового типа, эжектор.

**В** настоящее время все большее распространение находят разбрасыватели минеральных удобрений штангового типа, основным преимуществом которых является наилучшая равномерность распределения удобрений по ширине захвата и по ходу движения машины. Однако теоретические исследования по распределению воздушно-минеральной смеси во всем объеме штанг недостаточно полно описаны в современной литературе [1, 2].

**Цель исследования** – теоретическое обоснование движения частиц удобрений по делителю по-

тока удобрений при их сходе, перемешивании с воздухом и распределении воздушно-минеральной смеси по каналам штанговой машины для повышения равномерности рассеивания частиц удобрений по поверхности поля.

**Материалы и методы.** Методика исследований предусматривает анализ движения частиц в воздушно-минеральной среде удобрений и системе их распределения по каналам и эжекторам штанги машины и рассеивающей поверхности.

**Результаты и обсуждение.** При рассеивании удо-

брений по поверхности поля в машинах используют дозирующие, распределяющие и рассеивающие рабочие органы. Наилучшие результаты по равномерности распределения удобрений после выхода из дозирующего рабочего органа получаются с использованием штанговых аппаратов.

Принципиальная схема устройства машины для поверхностного рассеивания твердых минеральных удобрений представлена на рисунке.

При выходе из дозирующего аппарата частицы удобрения попадают на конусную верхнюю поверхность делителя потоков и, двигаясь по верхней части поверхности, при сходе с нее попадают в воздушный поток, создаваемый вентилятором. Форму и параметры верхней части делителя подбирают в соответствии с условием обеспечения максимальной скорости частицы в момент ее схода с поверхности, где удобрения, перемешиваясь с воздухом, поступают в каналы штанг. По длине штанг размещены эжекторы, через которые воздушно-минеральная смесь попадает на сферы рассеивания.

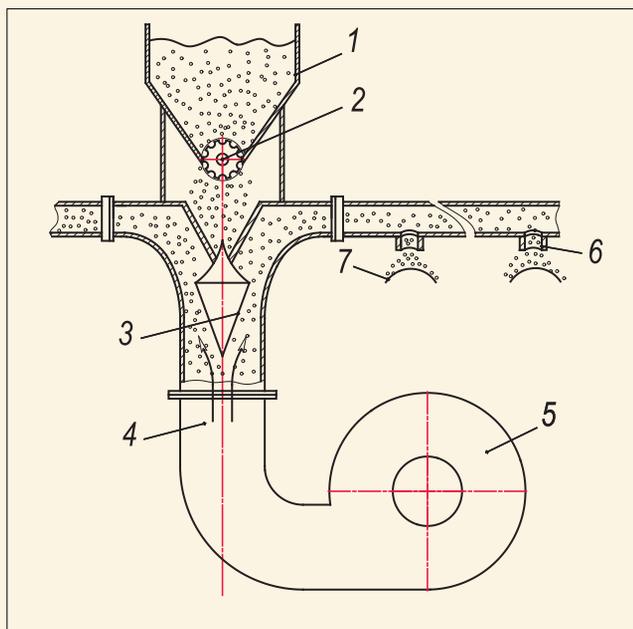


Рисунок. Принципиальная схема устройства для рассеивания удобрений: 1 – бункер; 2 – дозатор; 3 – делитель потока; 4 – направление подачи воздуха; 5 – вентилятор; 6 – штанга с эжекторами; 7 – сферы рассеивания

Для теоретического обоснования вопроса рассмотрим модель истечения воздушно-минеральной смеси через эжекторы, установленные по длине штанги машины.

Эжекторы в штанге выполнены на равном расстоянии друг от друга и имеют одинаковый диаметр отверстий с таким расчетом, чтобы выходящий из них поток воздушно-минеральной смеси был ровным по всей длине штанги.

Входящий объемный поток, поступающий в штангу, распределяясь по эжекторам, должен быть равным сумме выходных потоков по эжекторам штанги:

$$Q_{\text{вых}} \geq \sum_{i=1}^n S_i v_i, \quad (1)$$

где  $S_i$  – площадь сечения  $i$ -го эжектора, м<sup>2</sup>;  
 $v_i$  – скорость истечения через  $i$ -й эжектор, м/с;  
 $n$  – количество эжекторов на штангах.

Создаваемое давление воздушно-минеральной смеси можно подчинить уравнению Клайперона-Менделеева при изотермическом движении  $P = R_\rho T$  [3]:

$$\frac{d\rho}{dx} + \frac{d\rho v_x}{dx} + \frac{d\rho v_y}{dy} + \frac{d\rho v_z}{dz} = 0, \quad (2)$$

где  $\rho$  – плотность потока смеси, кг/м<sup>3</sup>,

$$\frac{d\rho}{dx} + \rho \frac{dv_x}{dx} + v_x \frac{d\rho}{dx} = 0. \quad (3)$$

Тогда уравнения неразрывности потока (2) и (3) можно записать как:

$$\frac{dv_x}{dt} + v_x \frac{dv_x}{dx} = F - \frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dx}, \quad (4)$$

где  $F$  – внешняя массовая сила (кг·м·с<sup>-2</sup>), действующая на входе в штангу со стороны вентилятора. Она может быть представлена в виде:

$$F = \rho S v_0^2, \quad (5)$$

где  $S$  – площадь сечения штанги.

Начальное условие системы запишем в виде:

$$v(t=0) = v_0; \quad v(x) = 0.$$

Тогда давление на входе в эжекторы штанги можно записать как:

$$P(x=0) = P \frac{\rho v_0^2}{2} + P_{\text{атм}}. \quad (6)$$

Давление на закрытом конце трубы можно вычислить, предположив, что воздушно-минеральная смесь движется к концу штанги со скоростью, меняющейся в результате потери энергии, в частности из-за трения о стенки штанги и наличия вязкого трения. Силу трения в штанге можно записать как:

$$F_{\text{тр}} = \rho S v_0^2 - \rho S v^2. \quad (7)$$

Записав силу трения через коэффициенты скоростей напряжений и деформации, получим:

$$F_{\text{тр}} = \frac{\lambda + 2\mu}{\rho} \frac{d^2 v_x}{dx^2} + \frac{\lambda + \mu}{2\rho} \frac{d\bar{v}_x}{dx}, \quad (8)$$

где  $\bar{v}$  – средняя скорость движения потока воздушно-минеральной смеси по сечению штанги машины для внесения, м/с.

В итоге имеем уравнение:

$$\frac{dv_x}{dt} + V_x \frac{dv_x}{dx} = F - \frac{dp}{\rho dx} + \frac{\lambda + 2\mu d^2 x}{\rho} \frac{v_x}{dx}. \quad (9)$$

У стенок штанги давление воздушно-минеральной смеси будет определяться всем ее объемом, дошедшим за время  $\tau$  до ее конца.

Возвращаясь к нахождению зависимости диаметров отверстий эжекторов от координат  $x$  по длине штанги, из условия (2) имеем:

$$\frac{1}{n} d_0 v_0 = d^2(x) v(x). \quad (10)$$

Отсюда:

$$d(x) = \frac{d_0}{\sqrt{u(x)n}},$$

где  $d(x)$  – функция изменения диаметров эжекторов;

$d_0$  – внутренний диаметр штанги, м;  
 $u(x)$  – профиль скорости воздушно-минеральной смеси вдоль штанги;  
 $n$  – количество эжекторов в штанге.

### Выводы

1. Предложена принципиальная схема устройства к машине для поверхностного рассеивания твердых минеральных удобрений, которая может быть реализована на практике.

2. Установлено, что давление, создаваемое вентилятором на входе в штанги, должно быть равным сумме давлений на выходе из эжекторов.

3. Создаваемое давление воздушно-минеральной смеси подчиняется закону Клайперона-Менделеева.

4. Установлена зависимость параметров эжекторов от длины штанги.

### Литература

1. Батурин В.А., Личман Г.И. Обоснование параметров пневмосистемы машины для дифференцированного внесения минеральных удобрений // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2011. – № 6. – С. 26-30.
2. Кулешов М.С. К вопросу создания машины для подкормки зерновых культур // Проблемы механизации агрохимического обслуживания сельского хозяйства: Сб. науч. тр. / Рязань: ВНИМС,

2013. – С. 126-130.

3. Стромберг А.Г., Семченко Д.В. Физическая химия. 7-е изд. – М.: Высшая школа, 2009. – 527 с.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика // Теоретическая физика. – Т. 4. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 1988. – 736 с.
5. Хмыров В.Д., Куденко В.Б., Труфанов Б.С. Исследование распределения воздушного потока в трубах биоферментатора // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2009. – № 1. – С. 41-42.

### References

1. Baturin V.A., Lichman G.I. Obosnovanie parametrov pnevmosistemy mashiny dlya differentsirovannogo vneseniya mineral'nykh udobreniy [Justification of parameters of a pneumatic system of the machine for the differentiated application of mineral fertilizers] Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii. 2011. No. 6. pp. 26-30 (Russian).
2. Kuleshov M.S. K voprosu sozdaniya mashiny dlya podkormki zernovykh kul'tur [Revisited creation of the machine for grain crops feeding]. Problemy mekhanizatsii agrokhimicheskogo obsluzhivaniya sel'skogo khozyaystva: Sb. nauch. tr. Ryazan':

VNIMS, 2013. pp. 126-130 (Russian).

3. Stromberg A.G., Semchenko D.V. Fizicheskaya khimiya [Physical chemistry]. 7-e izd. Moscow: Vysshaya shkola, 2009. 527 pp. (Russian).
4. Landau L.D., Lifshits E.M. Gidrodinamika. Teoreticheskaya fizika [Hydrodynamics. Theoretical physics]. T.4. Moscow: FIZMATLIT, 1988. 736 pp. (Russian).
5. Khmyrov V.D., Kudenko V.B., Trufanov B.S. Issledovanie raspredeleniya vozdušnogo potoka v trubakh biofermentatora [Research of distribution of an air stream in biofermenter pipes]. Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva. 2009. No. 1. pp. 41-42 (Russian).

## DISTRIBUTION OF AIR AND MINERAL MIXTURE BY MEANS OF THE CHANNELS OF A BOOM APPLICATOR FOR FERTILIZERS APPLICATION

M.S.Kuleshov<sup>1</sup>, post-graduate student, V.A.Makarov<sup>1</sup>, D.Sc.(Eng.), professor, N.M.Marchenko<sup>2</sup>, D.Sc.(Eng.), professor

<sup>1</sup>All-Russian Research Institute of Mechanization and Informatization of Agrochemical Support of Agriculture, e-mail: vnimsot7@mail.ru, Ryazan, Russian Federation

<sup>2</sup>All-Russian Research Institute of Mechanization for Agriculture, vim-smit@rambler.ru, Moscow, Russian Federation

Numerous studies established that the average crop yield depends on the nature of distribution of fertilizer doses in the field. Unevenness of fertilizers diffusion of considerably worsens plants responsiveness, reduces technological and biological advantages of a yield, promotes accumulation of nitrates in crops, and also leads to environmental pollution. For distribution of mineral fertilizers centrifugal and rod units that adequately apply fertilizers but don't guarantee the required quality of particle distribution on the field are most popular. However nonuniformity makes 25 and 10 percent respectively. In this regard the working out of technological processes and work tools for machines ensuring application of fertilizers adapted to the types of plants mineral nutrition and substantiation of means of control and management of technological processes are a significant scientific problem. The functions of the variation in the ejectors diameter in boom applicators for applying of additional and basic doses of solid mineral fertilizers were substantiated. As the result it was defined that the function of the ejectors diameter variation depends on the inner diameter of the rod, speed profile of the air and mineral mixture moving along the rod, the number of ejectors on the rod. Basic calculations were derived from the fact that for the normally system operate equality of air and mineral mixture stream entering and leaving the rod through the ejectors should be retained. The created pressure of the air and mineral mixture could be approximated by the Clapeyron – Mendeleev equation in isothermal movement and written in the Descartes' system of Euler equations.

**Keywords:** Mineral fertilizers; Fertilizers application; Air and mineral mixture; Boom applicator; Ejector.

## НОВЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ

Журнал «Сельскохозяйственные машины и технологии» входит в Перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ для публикации трудов соискателей ученых степеней кандидата и доктора наук по следующей тематике:

- сельскохозяйственные науки;
- сельскохозяйственные машины и технологии;
- механизация, электрификация и автоматизация сельского хозяйства;
- экономика сельского хозяйства.

Журнал включен в систему Российского индекса цитирования и в Международную информационную систему по сельскому хозяйству AGRIS. Электронные версии журнала размещаются на сайтах Российской универсальной научной электронной библиотеки.

Статья, направленная в журнал для публикации, должна соответствовать основной тематике журнала.

Редакция принимает рукописи и электронные версии статей, **набранные в Word шрифтом 14 пт. через 1,5 интервала, не более 10 страниц.**

Необходимо приложить рецензию на статью.

**Статьи аспирантов печатаются бесплатно.**

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

Простые внутривстрочные и однострочные формулы должны быть набраны символами в редакторе формул Microsoft Word, без использования специальных редакторов. Не допускается набор: часть формулы символами, а часть в редакторе формул. **Если формулы заимствованы из других источников, то не следует приводить в них подробных выводов: авторы формул это уже сделали, повторять их не надо. Ссылки на обозначения формул обязательны. Статья должна содержать не более 10 формул, 3-4 иллюстрации, 3-4 таблицы, размер таблиц не более 1/2 страницы.**

**В каждой статье должны быть указаны следующие данные:**

- название статьи;
- фамилия и инициалы автора(ов);

- e-mail автора, контактный телефон;
- место работы автора (аббревиатуры не допускаются), почтовый адрес;
- ученая степень, ученое звание автора;
- реферат (объем 200-250 слов);
- ключевые слова;
- литература.

**Статью следует структурировать, обязательно указав следующие разделы:**

- Введение (актуальность);
- Цель исследований;
- Материалы и методы;
- Результаты и обсуждение;
- Выводы.

Списки литературы (до 10 источников за последние 5 лет) следует оформлять по ГОСТ Р 7.05-2008.

Статьи, поступившие в редакционный отдел, направляются на рецензирование. Отрицательная рецензия является основанием для отказа публикаций статьи.

### Реферат

Реферат – это самостоятельный законченный материал. Вводная часть минимальна. Нужно коротко и емко отразить актуальность и цель исследований, условия и схемы экспериментов, привести полученные результаты (с обязательным аргументированием на основании цифрового материала), сформулировать выводы.

Объем реферата – 200-250 слов. Необходимо применять следующие слова: исследовали, провели, показали, доказали, установили, получили. Нельзя использовать аббревиатуры и сложные элементы форматирования (например, верхние и нижние индексы).

**На английский язык следует перевести:**

- название статьи;
- полное название научного учреждения;
- реферат и ключевые слова;
- названия литературных источников.

**Машинный перевод недопустим!**

Рукопись статьи должна быть подписана лично авторами. Автор несет юридическую и иную ответственность за содержание статьи. **Несоответствие статьи хотя бы одному из перечисленных условий может служить основанием для отказа в публикации.**

УДК 627.21.004.3



## ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ПОДКАПЫВАЮЩЕГО РАБОЧЕГО ОРГАНА

**Д.Р.НОРЧАЕВ, канд. техн. наук**

Узбекский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства, e-mail-davron\_1983k@mail.ru  
Узбекистан,

*При выкопке картофеля картофелекопателями, оснащенными серийными подкапывающими рабочими органами, широкие лемеха неравномерно передают большой объем почвы на сепарирующие рабочие органы, что приводит к их перегрузке. В результате увеличивается потеря клубней картофеля и ухудшается качество работы агрегата. Разработали энергосберегающий подкапывающий рабочий орган, увеличивающий производительность и улучшающий качество работы. Доказали, что для увеличения производительности и улучшения качества работы картофелекопатели должны быть секционными, состоящими из основных лемехов уменьшенной ширины и промежуточного подкапывающего лемеха, находящегося в зоне междурядий. Установили, что подкапывающий рабочий орган обрабатывает нужную часть гребня, в которой расположены клубни картофеля, и передает на сепарирующий элеватор минимальную массу пласта. Для этого длина промежуточного лемеха, находящегося в зоне междурядий, должна быть меньше, чем у основных лемехов. В процессе работы промежуточный лемех не выкапывает боковую зону картофельной грядки и зоны междурядий с наибольшей плотностью, а лишь подбирает упавшие клубни из междурядий и направляет в сторону основного элеватора. Изучив физико-механические свойства картофельной грядки, теоретически обосновали ширину основного лемеха и его тяговое сопротивление. Ширина лемеха должна быть в пределах 43-45 см, тяговое сопротивление одного лемеха – 2,96 кН, угол наклона лемеха – не более 24 градусов, а длина лемеха – не более 4,75 см. Энергосберегающий подкапывающий рабочий орган обрабатывает на 15-25 процентов меньше почвы картофельной грядки, по сравнению с серийным, тяговое сопротивление лемеха уменьшается на 14-24 процента, снижаются потери клубней картофеля, а также увеличивается производительность агрегата за счет повышения его скорости.*

**Ключевые слова:** картофель, подкапывающий рабочий орган, лемех, картофелеуборочная машина, энергосбережение.

**С**ерийные подкапывающие рабочие органы существующих картофелеуборочных машин в процессе работы забирают в значительном количестве лишнюю почву и неравномерно передают ее на сепарирующие рабочие органы. Неравномерное поступление клубненоносной массы приводит к перегрузке сепарирующих и других рабочих органов, в результате снижается производительность и качество работы агрегата [1-3].

Как показали проведенные нами исследования,

для энергосбережения и увеличения производительности конструкции подкапывающие рабочие органы картофелекопателя должны быть секционными, уменьшенной ширины и состоять из основных и промежуточных подкапывающих лемехов.

**Цель исследования.** Создание энергосберегающего подкапывающего органа, снижающего потери клубней картофеля и увеличивающего производительность картофелекопателя.

**Материала и методы.** На рисунке 1 представле-

на схема энергосберегающего секционного лемеха.

Рабочий орган состоит из двух основных лемехов 1 и одного промежуточного лемеха 2. В провете между ними проходят растительные остатки и ботва, а также частично сепарируется почва. Для забора минимального количества почвенной массы длина промежуточного лемеха, находящегося в зоне междурядий, должна быть меньше по сравнению с основными лемехами. В процессе работы промежуточный лемех не выкапывает боковую зону картофельной грядки и зоны междурядий с наибольшей плотностью, а лишь подбирает упавшие клубни из междурядий и направляет в сторону основного элеватора. Основные лемеха подкапывают только нужную часть гребня, в которой разме-

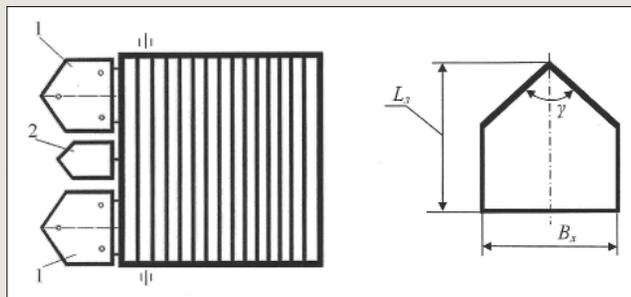


Рис. 1. Схема энергосберегающего секционного лемеха

щены клубни картофеля.

**Результаты и обсуждение.** Основными конструктивными параметрами энергосберегающего подкапывающего рабочего органа являются: угол раствора (скоса)  $2\gamma$ , длина  $L_n$  и ширина  $B_n$  лезвий (рис. 1).

Для выкопки картофеля угол наклона лемеха к горизонту должен быть не более  $24^\circ$ , а длина лемеха не более  $0,475$  м [1].

Ширина энергосберегающего лемеха выбирается из условия подкапывания нужной части картофельной грядки, где расположены клубни картофеля.

Это обеспечивается при условии:

$$B_n \leq b_{cp} + 3\tau + 2c + t, \quad (1)$$

где  $b_{cp}$  – среднее значение ширины клубневых гнезд;

$\tau$  – среднеквадратическое отклонение ширины клубневых гнезд;

$c$  – допуск на горизонтальные колебания машины;

$t$  – толщина лезвия.

Подставив в уравнение (1) значения  $b_{cp} = 0,21$  м,  $\sigma = \pm 0,03$  м и принимая  $c = 0,05$  м и  $t = 0,02$  м, получим, что  $B_n \geq 0,42$  м [2].

В основе экспериментальных исследований ширина энергосберегающего лемеха выбрана  $B_n = 0,43-0,45$  м.

Из литературных источников известно, что плоский пассивный лемех картофелеуборочной маши-

ны можно рассматривать как простой двугранный клин [4-6]. Тяговое сопротивление энергосберегающего лемеха в общем виде можно выразить по формуле (рис. 2):

$$R = R_{лез} + R_{деф} + R_G + R_{ин}, \quad (2)$$

где  $R$  – общее тяговое сопротивление энергосберегающего лемеха;

$R_{лез}$  – сопротивление почвы разьединению связанных между собой частиц;

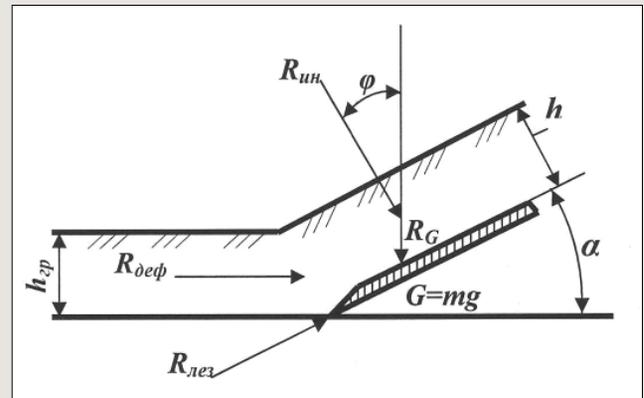


Рис. 2. Схема сил, действующих на лемех при срезе слоя почвы

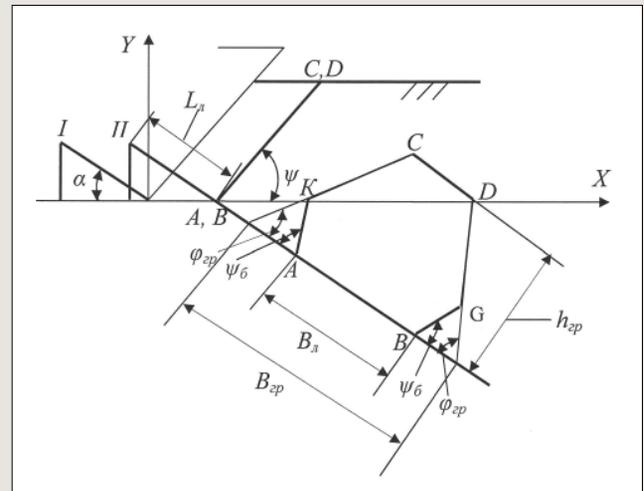


Рис. 3. Схема для определения тягового сопротивления энергосберегающего лемеха

$R_{деф}$  – сопротивление почвы деформации;

$R_G$  – сопротивление, вызванное статическим давлением пласта;

$R_{ин}$  – сопротивление почвы преодолению инерции покоя.

Сопротивление  $R_{лез}$  можно определить по следующему выражению [7]:

$$R_{лез} = [\sigma] t B_n, \quad (3)$$

где  $[\sigma]$  – удельное сопротивление почвы горизонтальному смятию;

Пользуясь схемой на рисунке 2, определим со-

противление, возникающее в результате деформации почвы лемехом:

$$R_{def} = Q[\cos \psi + f \sin(\alpha + \psi) \cos \alpha],$$

$$\psi = \frac{\pi}{2} - \frac{1}{2}(\alpha + \varphi_1 + \varphi_2), \quad (4)$$

где  $Q$  – сопротивление почвы сдвигу по плоскости  $AKCDGB$  (рис. 3);

$f$  – коэффициент трения почвы по рабочей поверхности лемеха;

$\varphi_1, \varphi_2$  – угол внешнего и внутреннего трения почвы.

Согласно схеме на рисунке 3 значение  $Q$  найдем по следующему выражению [7, 8]:

$$Q = [\tau_k] F_{AKCDGB}, \quad (5)$$

где  $[\tau_k]$  – предельное значение касательного напряжения, возникающего по плоскости сдвига;

$F_{AKCDGB}$  – площадь плоскости сдвига.

Согласно схеме, приведенной на рисунке 3:

$$F_{AKCDGB} = \left[ \left( B_l + \frac{B_{zp} - B_l}{2(ctg \psi_0 + ctg \varphi_{zp})} ctg \psi_0 \right) \cdot \left( \frac{B_{zp} - B_l}{2(ctg \psi_0 + ctg \varphi_{zp})} \right) \right] \cdot \frac{1}{\sin \psi} +$$

$$+ \left[ \left( \frac{B_l + e_{un}}{2} + \frac{B_{zp} - B_l}{2(ctg \psi_0 + ctg \varphi_{zp})} ctg \psi_0 \right) \cdot \left( h_{zp} - \frac{B_{zp} - B_l}{2(ctg \psi_0 + ctg \varphi_{zp})} \right) \right] \cdot \frac{1}{\sin \psi} \quad (6)$$

где  $h_{zp}$  – высота картофельной грядки;

$B_{zp}$  – ширина картофельной грядки.

С учетом формул (4-6) получим:

$$R_{def} = [\tau_k] \cdot \left\{ \left[ \left( B_l + \frac{B_{zp} - B_l}{2(ctg \psi_0 + ctg \varphi_{zp})} ctg \psi_0 \right) \cdot \left( \frac{B_{zp} - B_l}{2(ctg \psi_0 + ctg \varphi_{zp})} \right) \right] + \right.$$

$$\left. + \left[ \left( \frac{B_l + e_{un}}{2} + \frac{B_{zp} - B_l}{2(ctg \psi_0 + ctg \varphi_{zp})} ctg \psi_0 \right) \cdot \left( h_{zp} - \frac{B_{zp} - B_l}{2(ctg \psi_0 + ctg \varphi_{zp})} \right) \right] \right\} \times$$

$$\times \frac{\left( \sin \frac{1}{2}(\alpha + \varphi_1 + \varphi_2) + f \cos \frac{1}{2}(\alpha - \varphi_1 - \varphi_2) \cos \alpha \right)}{\sin \psi} \quad (7)$$

Сопротивление почвы преодолению инерции покоя и сопротивление, вызванное статическим давлением пласта, с учетом влажности почвы можно записать выражениями:

$$R_G = B_l h L_l \rho g t g(\alpha + \varphi_1) \left( 1 + \frac{W}{100} \right), \quad (8)$$

$$R_{un} = \rho \cdot \left\{ \left[ \left( B_l + \frac{B_{zp} - B_l}{2(ctg \psi_0 + ctg \varphi_{zp})} ctg \psi_0 \right) \cdot \left( \frac{B_{zp} - B_l}{2(ctg \psi_0 + ctg \varphi_{zp})} \right) \right] + \right.$$

$$\left. + \left[ \left( \frac{B_l + e_{un}}{2} + \frac{B_{zp} - B_l}{2(ctg \psi_0 + ctg \varphi_{zp})} ctg \psi_0 \right) \cdot \left( h_{zp} - \frac{B_{zp} - B_l}{2(ctg \psi_0 + ctg \varphi_{zp})} \right) \right] \right\} \times$$

$$\times \frac{1}{\sin \psi} \cdot V^2 \frac{\sin \alpha \sin(\alpha + \varphi_1)}{\cos \varphi_1 \cos^2 \frac{1}{2}(\alpha + \varphi_1 + \varphi_2)} \left( 1 + \frac{W}{100} \right), \quad (9)$$

где  $h$  – высота подъема почвы по поверхности лемеха;

$\rho$  – плотность почвы;

$V$  – скорость машины;

$W$  – влажность почвы.

Поставляя найденные значение сил  $R_{лез}$ ,  $R_{def}$ ,  $R_G$  и  $R_{un}$  в (2), получаем выражение для определения общего тягового сопротивления лемеха:

$$\begin{aligned}
 R = & [\sigma_y] B_L + [\tau_k] \cdot \left\{ \left[ \left( B_L + \frac{B_{cp} - B_L}{2(\operatorname{ctg} \psi_6 + \operatorname{ctg} \varphi_{cp})} \operatorname{ctg} \psi_6 \right) \cdot \left( \frac{B_{cp} - B_L}{2(\operatorname{ctg} \psi_6 + \operatorname{ctg} \varphi_{cp})} \right) \right] + \right. \\
 & + \left. \left[ \left( \frac{B_L + \varepsilon_{ul}}{2} + \frac{B_{cp} - B_L}{2(\operatorname{ctg} \psi_6 + \operatorname{ctg} \varphi_{cp})} \right) \left( h_{cp} - \frac{B_{cp} - B_L}{2(\operatorname{ctg} \psi_6 + \operatorname{ctg} \varphi_{cp})} \right) \right] \right\} \times \\
 & \times \left( \frac{\sin \frac{1}{2}(\alpha + \varphi_1 + \varphi_2) + f \cos \frac{1}{2}(\alpha - \varphi_1 - \varphi_2) \cos \alpha}{\sin \psi} \right) + (B_L h L_L \rho g \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1)) \left( 1 + \frac{W}{100} \right) + \\
 & + \rho \cdot \left\{ \left[ \left( B_L + \frac{B_{cp} - B_L}{2(\operatorname{ctg} \psi_6 + \operatorname{ctg} \varphi_{cp})} \operatorname{ctg} \psi_6 \right) \cdot \left( \frac{B_{cp} - B_L}{2(\operatorname{ctg} \psi_6 + \operatorname{ctg} \varphi_{cp})} \right) \right] + \right. \\
 & + \left. \left[ \left( \frac{B_L + \varepsilon_{ul}}{2} + \frac{B_{cp} - B_L}{2(\operatorname{ctg} \psi_6 + \operatorname{ctg} \varphi_{cp})} \right) \left( h_{cp} - \frac{B_{cp} - B_L}{2(\operatorname{ctg} \psi_6 + \operatorname{ctg} \varphi_{cp})} \right) \right] \right\} \times \\
 & \times \frac{V^2}{\sin \psi} \cdot \frac{\sin \alpha \sin(\alpha + \varphi_1)}{\cos \varphi_1 \cos^2 \frac{1}{2}(\alpha + \varphi_1 + \varphi_2)} \left( 1 + \frac{W}{100} \right).
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

Из анализа выражения (10) следует, что тяговое сопротивление лемеха зависит от его параметров ( $L_L$ ,  $t$ ,  $B_L$ ), глубины подкапывания ( $h$ ), скорости движения, а также физико-механических свойств почвы ( $[\sigma]$ ,  $[\tau_k]$ ,  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$ ,  $\rho$ ,  $W$ ,  $f$ ). Здесь  $L=0,45$  м,  $t=0,0005$  м,  $B_L=0,45$  м,  $[\sigma]=1,44 \cdot 10^6$  Па,  $[\tau_k]=2 \cdot 10^4$  Па,  $\varphi_1=30^\circ$ ,  $\varphi_2=40^\circ$ ,  $\rho=1100$  кг/м<sup>3</sup>,  $W=16\%$ ,  $f=0,5774$ . Подставляя эти значения в выражение (10), получаем, что тяговое сопротивление одного основного лемеха картофелекопателя составляет 2,96 кН.

**Выводы.** Применение энергосберегающего подкапывающего рабочего органа картофелекопателя снижает объем подкапываемой почвы картофельной грядки на 15-25%, а тяговое сопротивление лемеха – на 14-24%. В результате уменьшаются затраты энергии и потери клубней картофеля, а скорость и производительность агрегата повышаются.

### Литература

1. Колчин Н.Н., Елизаров В.П. Снижение уровня повреждений картофеля и овощей в машинных технологиях // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2013. – № 6. – С. 18-22.

2. Лобачевский Я.П., Славкин В.И., Белов С.В. и др. Устойчивость системы управления процессом сепарации клубненоносной массы картофельного комбайна // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2012. – № 3. – С. 12-14.

3. Сорокин А.А. Геометрические и кинематические параметры грохотов машин для уборки клубней картофеля и топинамбура // *Система технологий и машин для инновационного развития АПК России, посвященная 145-летию со дня рождения основоположника земледельческой механики академика В.П. Горячкина: Сб. науч. докл. Междунар. научн.-техн. конф. Ч. 1.* – М.: ВИМ, 2013. – С. 197-199.

4. Колчин Н.Н., Алакин В.М., Плахов С.А. Обоснование параметров виброротационной сорти-

ровки картофеля // *Система технологий и машин для инновационного развития АПК России, посвященная 145-летию со дня рождения основоположника земледельческой механики академика В.П. Горячкина: Сб. науч. докл. Междунар. научн.-техн. конф. Ч. 1.* – М.: ВИМ, 2013. – С. 279-282.

5. Диденко Н.Ф. Хвостов В.А., Медведев В.П. *Машины для уборки овощей*. – М.: Машиностроение, 1984. – 320 с.

6. Мамадалиев М.Х. *Обоснование параметров рыхлителя агрегата для минимальной обработки почвы: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук.* – Ташкент: Наука, 2009. – 24 с.

7. Вагина А.Т. *Механизация защиты почв от водной эрозии в Нечерноземной полосе*. – Л.: Колос, 1977. – 272 с.

8. Норчаев Д.Р. *Обоснование параметров опорно-комкоразрушающего устройства картофелеуборочных машин с эластичными прутками: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук.* – Ташкент: Наука, 2011. – 22 с.

**References**

1. Kolchin N.N., Elizarov V.P. Snizhenie urovnya povrezhdeniy kartofelya i ovoshchey v mashinnykh tekhnologiyakh [Decrease in level of damages of potatoes and vegetables in machine technologies]. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2013. No 6. pp. 18-22 (Russian).
2. Lobachevskiy Ya.P., Slavkin V.I., Belov S.V., Zhuravlev A.V., Vas'kov A.A., Chepurnoy A.I. Ustoychivost' sistemy upravleniya protsessom separatsii klubnenosnoy massy kartofel'nogo kombayna [Stability of a potato harvester control system of process of separation of mass with tubers]. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2012. No 3. pp. 12-14 (Russian).
3. Sorokin A.A. Geometricheskie i kinematicheskie parametry grokhotov mashin dlya uborki klubney kartofelya i topinambura [Geometrical and kinematic parameters of screen of machines for cleaning of potato and topinambur tubers]. *Sistema tekhnologiy i mashin dlya innovatsionnogo razvitiya APK Rossii, posvyashchennaya 145-letiyu so dnya rozhdeniya osnovopolozhnika zemledel'cheskoy mekhaniki akademika V.P. Goryachkina: Sb. nauch. dokl. Mezhdunar. nauchn.-tekhn. konf. Ch.1. Moscow: VIM, 2013. pp. 197-199 (Russian).*
4. 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 (Russian).
5. Kolchin N.N., Alakin V.M., Plakhov S.A. Obosnovanie parametrov vibrorotatsionnoy sortirovki kartofelya [Justification of parameters of vibrorotary potato sorter]. *Sistema tekhnologiy i mashin dlya innovatsionnogo razvitiya APK Rossii, posvyashchennaya 145-letiyu so dnya rozhdeniya osnovopolozhnika zemledel'cheskoy mekhaniki akademika V.P. Goryachkina: Sb. nauch. dokl. Mezhdunar. nauchn.-tekhn. konf. Ch.1. Moscow: VIM, 2013. pp. 279-282 (Russian).*
6. Didenko N.F. Khvostov V.A., Medvedev V.P. Mashiny dlya uborki ovoshchey [Machines for vegetables harvesting]. Moscow: Mashinostroenie, 1984. 320 p. (Russian)
7. Mamadaliev M.Kh. Obosnovanie parametrov rykhlitelya agregata dlya minimal'noy obrabotki pochvy [Justification of parameters of the chisel unit for the mini-till]: Avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk. Tashkent: Nauka, 2009. 24 p. (Russian)
8. Vagina A.T. Mekhanizatsiya zashchity pochv otvodnoy erozii v Nechernozemnoy polose [Mechanization of soils protection against a water erosion in the Nonchernozem zone]. L.: Kolos, 1977. 272 p. (Russian)
9. Norchaev D.R. Obosnovanie parametrov opornokomkorazrushayushchego ustroystva kartofeleuborochnykh mashin s elastichnymi prutkami [Justification of parameters of supporting and clod breaking devices of potato-harvester with elastic bars]: Avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk. Tashkent: Nauka, 2011. 22 p. (Russian)

**JUSTIFICATION OF PARAMETERS OF THE ENERGY SAVING DIGGING WORKING ELEMENT**

**D.R.Norchaev**, Cand.Sc.(Eng.), Uzbek Scientific-research Institute for Mechanization and Electrification of Agriculture, e-mail-davron\_1983k@Uzbek mail.ru, Uzbekistan

*At potatoes digging up by the potato-digger with the serial digging working elements the wide ploughshares transfer large soil volume to the separating working elements uneven that leads to their overload. As a result loss of potato tubers increases and quality of unit operation worsens. The energy saving digging working element increasing productivity and improving quality of work was developed. It was proved that for increase in productivity and quality improvement of work potato-diggers should be sectionalized, consisting of the main ploughshares of the reduced width and the intermediate digging ploughshare being in a zone of inter-row spacings. It was established that the digging working element processes the necessary part of a ridge in which potatoes tubers are located, and transfers the minimum mass of soil layer to the separating elevator. For this purpose length of the intermediate ploughshare which is in a zone of inter-row spacings should be less, than of the main ploughshares. In the course of operating the intermediate ploughshare does not dig out a lateral zone of a potato ridge and a zone of inter-row spacings with the greatest density, and only pick up the fallen tubers from inter-row spacings and directs the main elevator. Width of the main ploughshare and its traction resistance were proved theoretically after study of physical and mechanical properties of a potato ridge. Width of a ploughshare should be within 43-45 cm, the traction resistance of one ploughshare – 2.96 kN, a ploughshare tilt angle – no more than 24 degrees, and ploughshare length – no more than 4.75 cm. The energy saving digging working element processes soil of a potato ridge by 15-25 percent less in comparison with serial, the traction resistance of a ploughshare decreases by 14-24 percent, losses of potato tubers decrease, and also unit productivity increases due to its speed rising.*

**Keywords:** Potatoes; Digging working element; Ploughshare; Potato harvester; Energy saving.

УДК: 631/356/49

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕХНИКА ДЛЯ КАРТОФЕЛЕВОДСТВА\*

**А.Ю.ИЗМАЙЛОВ,**  
академик РАН,

**Н.Н.КОЛЧИН,**  
докт. техн. наук,  
профессор,

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

**Н.Г.КЫНЕВ,**  
зав. лабораторией

Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, e-mail: vim@vim.ru,  
Москва, Российская Федерация

Продолжение, начало см. № 2, 2015 г.

Большое внимание на выставке было уделено картофелесажалкам и самоходным и прицепным картофелеуборочным комбайнам, рабочим органам для отделения почвенных комков и камней, удаления ботвы. Показаны также ходовые системы комбайнов, повышающие их проходимость. Среди представленных моделей отмечены большегрузные прицепы для транспортировки убранных картофеля с устройствами для снижения повреждения клубней. На выставке продемонстрированы также линии для послеуборочной доработки клубней с автоматическим регулированием подачи картофеля, что повышает качество работы, обеспечивает снижение затрат труда. Для полевого показа техники были организованы отдельные участки поля с ровной обработанной поверхностью. Работу уборочной техники демонстрировали в последовательности: комбайны – полевое транспортное средство – линия послеуборочной доработки – отправка потребителю в большегрузных транспортных средствах.

**Ключевые слова:** картофелеуборочный комбайн, ботвоудаление, проходимость, транспортировка, прицеп.

### Полевой показ техники

Для полевого показа техники было подготовлено поле площадью около 30 га, на котором был выполнен полный объем работ по обработке и подготовке почвы, посадке картофеля, уходу за посадками и подготовке их к машинной уборке. Было представлено 9 посадочных агрегатов, 14 комбайнов разных типов, линии и агрегаты послеуборочной доработки убранных картофеля.

Показ посадочной техники фирм *Grimme* и *Miedema* проводили на отдельном участке поля с ровной обработанной поверхностью. Он ограничивался образованием гребней без посадки клубней. Участвовали четырех- и восьми- рядные сажалки с элеваторными и тросовыми высаживающими аппаратами (рис. 8) и комбинированные агрегаты (рис. 9). Они включают фрезерный культиватор, сажалку с элеваторными высаживающими аппаратами и гребнеобразователь. На рисунке 9 видны свежесформированные гребни.

Работу уборочной техники демонстрировали в

последовательности: комбайн – полевое транспортное средство – линия послеуборочной доработки – отправка потребителю в большегрузном транс-



Рис. 8. Картофелесажалка с тросовым высаживающим аппаратом

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



Рис. 9. Комбинированный агрегат для подготовки почвы и посадки картофеля

портном средстве.

Прицепные и самоходные одно-, двух- и четырехрядные комбайны бункерного и элеваторного типов (рис. 10-12) представили фирмы AVR и Dewulf (Бельгия), Grimme и Ropa (Германия), Ploeger (Нидерланды). Следует отметить, что увеличилась доля моделей комбайнов, выполненных по поворотной технологической схеме. В данной схеме в большей степени реализуются возможности технологического процесса вторичной сепарации путем использования выносных горок и отражающих валков разной конструкции. Комбайны, как правило, выпускают в различных модификациях. Напри-



Рис. 10. Самоходный картофелеуборочный комбайн Varitron 470 фирмы Grimme

мер, в моделях прицепных комбайнов фирмы Dewulf второй сепарирующий элеватор может отличаться по длине, под сепарирующими горками дополнительно установлен сепаратор с аксиальными роликами, могут быть использованы ботвоудаляющие устройства роликового или транспортерного типов. Имеются варианты выполнения системы сепарирующих горок в задней части комбайнов. Предусматриваются сменные полотна сепарирующих



Рис. 11. Самоходный картофелеуборочный комбайн AR 4BX фирмы Ploeger

прутковых элеваторов.

Наблюдается высокий уровень автоматизации технологического процесса работы комбайнов. Осуществляется автоматическое направление подкапывающих лемехов комбайнов на убираемые рядки и поддержание глубины подкапывания. Имеет-



Рис. 12. Прицепной картофелеуборочный комбайн Spirit 8200 фирмы AVR в работе

ся система автоматического регулирования давления копирующих катков подкапывающего узла комбайнов на гребни убираемых рядков. Это повышает степень сепарации почвы.

С целью предупреждения повреждений клубней от их перекатывания на полотне основного элеватора на самоходных комбайнах устанавливают автоматическую систему синхронизации скоростей движения машины и линейной скорости элеваторных полотен. Практически на всех представленных моделях комбайнов разных фирм установлены механические роторные пальцевые сепараторы для отделения почвенных комков и камней (рис. 13). Их применение позволяет снизить количество обслуживающего персонала на комбайне в 1,5-2 раза. В трансмиссиях комбайнов широко используют гидривод – для оперативного регулирования режима работы в соответствии с условиями уборки.

На самоходные комбайны устанавливают гусеничные ходовые системы, на прицепные – широко-



Рис. 13. Механический роторный отделитель почвенных комков и камней, установленный на комбайн

профильные шины, что повышает их проходимость. Данные ходовые системы уборочных машин очень популярны, так как они существенно повышают их работоспособность в тяжелых почвенно-климатических условиях и в меньшей степени воздействуют на структуру почвы.

На комбайнах фирмы *Ropa* площадки переборочного стола для обслуживающего персонала выполнены регулируемыми по высоте.



Рис. 14. Самоходный копатель-погрузчик AR 4W фирмы Ploeger в работе на показе

На прицепных комбайнах используются устройства для бокового подкопа. При такой схеме агрегатирования трактор в работе идет по уборочной части поля, что снижает повреждение клубней. На ряде моделей устанавливают бункеры, осуществляющие выгрузку картофеля из них на ходу. С целью снижения повреждений клубней при подаче их в бункер его подвижное дно снабжено амортизирующим покрытием.

Самоходные четырехрядные комбайны были представлены фирмами *Grimme* и *Ploeger*. Фирма *Ploeger* показала две модели модернизированных самоходных комбайнов бункерного и элеваторного типов (рис. 14).

Основные технические данные комбайнов при-

Таблица 1  
ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ  
КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

Марка / рядность	Тип*	Класс трактора (мощность ДВС, л.с.)	Вместимость бункера, т	Масса, т	Габариты, м Д×Ш×В
Spirit 8200/2	Пр	2,0	8,5	11,0	11,5×3,3×4,0
R 2060 / 2		2,0	8,0	11,4	12,0×3,3×4,0
Kwatro / 4	Смх	(500)	10,5	30,4	14,9(р)×3,5×4,0
Varitron 470 /4		(490)	7,0	24,8	13,3×3,5×4,0
SE75-55/1	Пр	1,4	4,5	5,1	6,9×3,0×3,6
SE 260 / 2		2,0	6,0	9,2	10,8×3,3×3,8
AR 4BX / 4	Смх	(450)	14,0	29,4	15,3×3,5×4,0
AR 4W / 4		(396)	нет	27,5	14,5×3,5×4,0
Ropa Keiler I/1	Пр	1,4	4,3/6,1	5,3	7,8×3,0×3,6
Ropa Keiler II/2		2,0	9,5	10,1	11,8×3,0×3,9

\*Примечание: Смх – самоходный; Пр – прицепной, р – длина в рабочем положении

ведены в таблице 1. Имеются трехрядные модификации обоих типов комбайнов и шестирядная – элеваторного.

Высокое качество работы комбайнов было наглядно показано в работе. Они обеспечивали выдачу уборочных клубней практически без потерь, с малым количеством почвенных примесей.

Для транспортировки уборочного картофеля от комбайнов использовали большегрузные самосвальные тракторные прицепы грузоподъемностью 12-24 т фирм *Miedema* и *V.V.Vesco* (Нидерланды), *Fliegl Agrartechnik* (Германия) и др. (рис. 15).

Прицепы, применяемые на отвозе картофеля от комбайнов, имеют многоосный колесный ход с широкопрофильными шинами и с синхронным подруливанием, а также управляемые из кабины трактора задние борты. При использовании управляемых бортов снижается высота перепада при выгрузке продукта и практически не остается больших зазоров между кузовами и стенками приемных бункеров. Это позволяет практически избежать потерь клубней при выгрузке и снизить их повреждения.



Рис. 15. Самосвальный прицеп фирмы A.V. Vesco

В целях снижения повреждений клубней при загрузке прицепа (при падении на его дно) фирма *Ing. A. de Jager B. V.* (Нидерланды) предлагает синтетический амортизирующий экран, устанавливаемый в кузов прицепа на специальных растяжках. На дно кузова прицепа для смягчения первичного приема клубней может быть установлена амортизирующая пластина.

При машинной уборке картофеля важна сепарация почвенных примесей от клубней. Основная масса почвы отделяется на комбайнах и остается в поле. В тяжелых условиях уборки, которые возникают достаточно часто, это удается выполнить не в полной мере, и с полем вывозится часть почвы, что снижает ее плодородие.

С целью решения данной проблемы и повышения степени «гибкости» уборочных технологий фирмы *Josef Brettmeister Metall- und Fahrzeugbau* и *Fliegl Agrartechnik* разработали прицепы для перевозки картофеля от комбайнов с сепараторами почвы, работающими при их разгрузке.

На прицепе *Brettmeister K3* первой из названных фирм сепаратор установлен в передней части его кузова (рис. 16). В нем использованы сепарирующие пластмассовые валики. Подача клубней на се-



Рис. 16. Прицеп *Brettmeister K3* с выгрузным транспортером в передней части

паратор осуществляется подвижным дном кузова (лентой) прицепа. Выделенная почва падает на почву поля, а погрузка клубней осуществляется стандартным выгрузным конвейером, снабженным прутковым полотном с лопастями. При транспортировке выгрузной транспортер складывается в кузов при помощи гидроцилиндров.

Другая названная выше фирма установила выгрузной транспортер с прутковым сепарирующим полотном с лопастями у задней стенки кузова прицепа (рис. 17). Подача картофеля на него из кузова осуществляется через специальное окно. При помощи четырех пар гидроцилиндров, расположенных на раме, транспортер может принимать различную конфигурацию, подавать картофель на раз-

ную высоту и складываться в транспортное положение по задней стенке кузова.

Управление осуществляется со специального пульта, расположенного в нижней части рамы. На выставке были также представлены сменные кузова для транспортировки различных материалов (рис. 18).



Рис. 17. Прицеп с выгрузным прутковым транспортером в задней части

Линии для послеуборочной доработки клубней комбайновой уборки предложили фирмы *AVR*, *Bulma Hercules*, *Miedema* и *Grimme*.

Линии смонтированы из технологических агрегатов (модулей) одного и того же назначения, но разного конструкционного оформления: приемного бункера, имеющего подвижное дно для опорожнения, со сменными блоками для отделения свободных почвенных примесей и клубней мелкой фракции, загрузочного транспортера и системы ленточных конвейеров. Они имеют схожую компоновку.

Основные технические данные линий представлены в таблице 2. Названные в таблице фирмы выпускают упомянутые агрегаты в нескольких моди-



Рис. 18. Сменный кузов

фикациях, отличающихся производительностью, вместимостью приемного бункера и вылетом загрузочного конвейера.

Для эффективной работы линий в различных условиях предусмотрены сменные отделители при-

Таблица 2

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ЛИНИЙ ДЛЯ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ДОРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ

Фирма и страна	Агрегаты линий и их основные показатели				дополнительные агрегаты
	приемный бункер / загрузочный транспортер				
	объем бункера, м <sup>3</sup> /ширина ленты, см	ширина приема, м /длина ленты, м	кол-во роликов, шт./вылет макс., м	мощность, (бункера / загрузочного транспортера) кВт	
<i>Miedema</i> Нидерланды	20/70	2,4/19	7×2/14,7	7,5/5,5	телескопические и отводные транспортеры, загрузчики контейнеров, контейнеры и др.
<i>Bijlsma Hercules</i> Нидерланды	15,5/85	2,4/17	7/13,5	10,5/7,0	
<i>Grimme</i> Германия	21/80	2,4/18	MultiSep / 12.7	2 × 1,5/7,5	

месей разных типов (спиральные, звездочные, валиковые). Рабочие зазоры в сепараторах и сортировальных блоках регулируются. Установлены специальные подвижные чистики, устраняющие их залипание и забивание в работе.

На линиях действуют системы автоматического регулирования подачи продукции с помощью изменения скорости движения ленты (подвижного дна), что повышает качество работы. Для привода рабочих органов агрегатов на линиях фирм Нидерландов используется преимущественно электропривод, на линии фирмы *Grimme* – гидропривод в разном конструктивном исполнении. Производительность линий – до 120 т/ч. В зависимости от требований к убираемому картофелю и условий уборки линии могут компоноваться различными дополнительными агрегатами.

При работе линий обработанный картофель подавался загрузочными транспортерами в кузова большегрузных транспортных средств, которые и доставляли его потребителям.

**Выводы**

По материалам выставки можно сделать следующие выводы:

1. Наблюдается ряд тенденций в развитии современного картофелеводства:

- растет популярность евроконтейнеров разной вместимости и технических средств для их применения;

- расширяются технологические варианты работы ряда технических средств, в том числе транспортных, для дополнительной сепарации почвенных примесей из массы картофельного вороха.

2. Укрепляется приборная база для проведения исследований в картофелеводстве по оценке сортов, исследований и испытаний технологий и машин.

3. Расширяется номенклатура комплектующих изделий и запасных частей к техническим средствам для картофелеводства.

В целом выставка подтверждает, что, несмотря на известное снижение потребления картофеля в развитых странах Европы, он остается одной из ведущих сельскохозяйственных культур в мире. Ежегодное производство достигает до 330 млн т клубней. Оно совершенствуется в направлениях повышения качества продукции, снижения затрат ручного труда, повышения эффективности и выполнения требований экологии.

**MODERN TECHNOLOGIES AND SPECIAL EQUIPMENT FOR POTATO PRODUCTION**

**A.Yu.Izmaylov**, member of the RAS, **N.N.Kolchin**, D.Sc.(Eng.), professor, **Ya.P.Lobachevskiy**, D.Sc.(Eng.), professor, **N.G.Kynev**, head of laboratory, All-Russian Research Institute of Mechanization for Agriculture, e-mail: vim@vim.ru, Moscow, Russian Federation

*The end. Beginning see in No. 2, 2015*

*Much attention at an exhibition was paid to potato planters and self-propelled and hook-on potato harvesters, working elements for soil lumps and stones separating, haulm extracting. Propulsion systems of combines increasing their flotation ability were shown also. Heavy-load trailers for potatoes transportation with devices for decrease in damage of tubers were presented among the other models. Lines for postharvest tubers processing with automatic control of potatoes giving increasing quality of work, provides decrease in expenses, were shown at the exhibition. There were the field plots with flat surface were organized for machines shown. Operation of harvest equipment was shown in sequence: harvesters – field vehicle – line of postharvest processing – transportation to the consumers in heavy-load vehicles.*

**Keywords:** *Potato harvester; Haulm extracting; Flotation ability; Transportation; Trailer unit.*



## В ОТВЕТ НА САНКЦИИ РОССИЙСКИЕ АГРАРИИ ВЫБИРАЮТ «КИРОВЕЦ»

**ЗАО «Петербургский тракторный завод» (дочернее предприятие ОАО «Кировский завод») – единственный в России производитель мощных колесных сельскохозяйственных тракторов. Завод серийно производит 8 модификаций сельскохозяйственных тракторов серии К-744Р с двигателями мощностью от 300 до 428 л.с. и более 20 видов дорожно-строительных и специальных машин. Предприятие является основоположником отечественного серийного тракторостроения. В 2014 году Завод отмечал 90-летие производства сельскохозяйственных тракторов. Именно в этом году предприятие увеличило объем реализации тракторов «Кировец» на 62% и вышло на первое место в России по количеству проданных тракторов мощностью свыше 300 л.с.**

По итогам 2014 г. Петербургский тракторный завод поставил клиентам 825 «Кировцев» (в том числе 707 сельскохозяйственных тракторов и 118 промышленно-строительных машин) общей стоимостью около 4 млрд рублей. В сравнении с 2013 г., объем реализации продукции предприятия возрос на 62%.

В определенной степени увеличение объемов продаж тракторов «Кировец» стало возможным благодаря участию продукции Петербургского тракторного завода в программах ОАО «Росагролизинг» и Министерства сельского хозяйства РФ, которые существенно повысили доступность техники для российских аграриев. Завод смог получить необходимое количество заказов и параллельно заниматься развитием трактора.

Итогом этой работы стала модернизация серии К-744Р, благодаря которой тракторы «Кировец» значительно изменились внешне, стали комфортнее и, главное, функциональнее.

А в результате внедрения новой производственной системы значительно вырос уровень качества машин. Тракторы обновленной серии К-744Р отличаются высокой производительностью, отличной проходимостью и маневренностью, простотой и надежностью конструкции, ремонтпригодностью, могут работать в комплексе

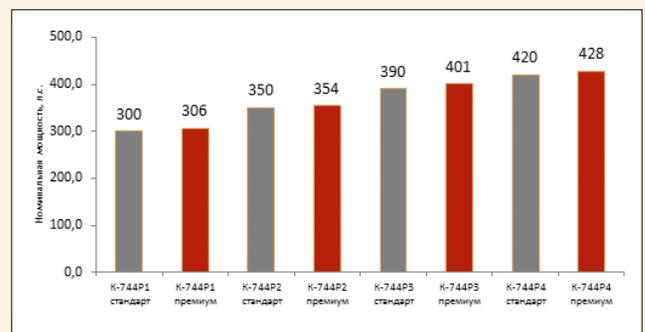


Рисунок. Модульный ряд сельскохозяйственных тракторов «Кировец»

со всевозможными как традиционными, так и современными широкозахватными комплексами почвообрабатывающих и посевных орудий и машин (рисунок).

В ходе модернизации конструкторы завода сохранили свойства и комплектующие, которые ценят как в России, так и за рубежом:

- надежные неприхотливые отечественные двигатели ЯМЗ, ТМЗ мощностью от 300 до 428 л.с.;
- современные экономичные иностранные двигатели Mercedes Benz, Cummins мощностью от 306 до 428 л.с.;

- мощный гидронасос производительностью 180 л/мин и современный гидрораспределитель с 5 регулируемыми секциями обеспечивают агрегатирование со всеми современными орудиями;
- надежная трансмиссия собственного производства с переключением передач без остановки;
- мощная универсальная задняя 3-точечная навеска;
- вместительный топливный бак, позволяющий работать в сезон без потери времени на дозаправку;
- система сдвигания колес, обеспечивающая низкое давление на почву и увеличенную тягу в поле.

Заводу удалось не только сохранить высочайшие показатели производительности и эффективности, но и добавить целый спектр новых функций. Обновленная серия дополнена новыми характеристиками:

- меньшее количество гидравлических соединений и деталей гидравлической системы, новое всеесезонное масло, повышенная надежность и возможность работы при сверхнизких температурах до минус 40°C;
- воздухоочиститель новой конструкции с циклоном – проще обслуживание, надежнее работа двигателя;
- радиаторы на К-744Р3 и К-744Р4 с увеличенной водяной секцией и системой откидывания масляной секции в комплектации «Премиум» – проще обслуживание и надежнее работа двигателя;
- уникальная сельхознавеска новой, еще более универсальной конструкции: одна навеска подходит под отечественные и импортные орудия – как 3-й, так и 4-й категории;
- новая опция *EHR* – электрогидравлическая система позиционирования сельхозорудий – обеспечивает полноценную работу с оборотными плугами и другими навесными и полунавесными орудиями, не имеющими регулировочных опорных колес;
- в базовой комплектации тракторов проведена подготовка под установку систем ГЛОНАСС-

мониторинга, обеспечивающая сбор и хранение сразу 15 и более параметров работы трактора;

- изменены форма, материал и окраска некоторых элементов – сохранение яркости и насыщенности окраски на весь срок эксплуатации, отсутствие коррозии;
- комфортная кабина: улучшены шумо- и виброизоляция, установлены кондиционер, отопитель, защита от солнца.

В современных условиях покупателям сельскохозяйственной техники важны не только потребительские свойства самого продукта, но весь комплекс сопровождения его в процессе приобретения и эксплуатации.

Петербургский тракторный завод поддерживает и развивает современные стандарты продаж и сервиса. Через дилерскую сеть, насчитывающую сегодня около 60 центров продаж в России и за рубежом, завод обеспечивает максимальную информационную поддержку и помощь для правильного выбора трактора и комплекса агрегатов для него с учетом оптимизации технологических процессов каждого клиента.

Залог эффективной работы с конечным потребителем – получение обратной связи. Петербургский тракторный завод ежегодно встречает более 20 региональных делегаций, в числе которых руководители крупных хозяйств, агрономы, представители районных управлений сельского хозяйства. На одной из последних встреч руководитель ЗАО «Бобровское» (Новосибирская область) А.И.Громов сказал следующее: «Я хочу сказать вам спасибо за то, что вы поддерживаете российское производство. Мне нравится то, что вы прислушиваетесь к нам. Это видно по тем новым тракторам, которые были показаны сегодня».

Трактор на основе отечественных комплектующих, сервисная сеть по всей стране и самая низкая стоимость затрат на обслуживание и ремонт, по сравнению с аналогами, – составляющие гарантии независимости нашего сельского хозяйства.



**КИРОВСКИЙ ЗАВОД**

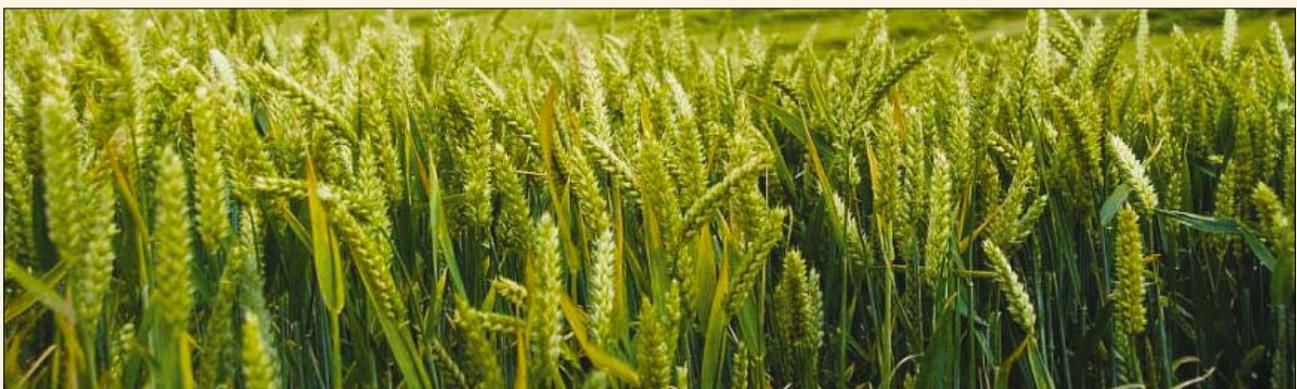
Работаем с 1801 года

ЗАО «ПЕТЕРБУРГСКИЙ ТРАКТОРНЫЙ ЗАВОД»  
дочерное общество ОАО «Кировский завод»

Россия, 198097, Санкт-Петербург, пр. Стачек, 47

Тел./факс: (812) 363-48-96

[WWW.KIROVETS-PTZ.COM](http://WWW.KIROVETS-PTZ.COM)



# ПОДПИСКА 2015

**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: vim-smit@rambler.ru**