



ISSN 2073-7599

Сельскохозяйственные МАШИНЫ и ТЕХНОЛОГИИ

№ 2 2016

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ И ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЖУРНАЛ

Летательные аппараты для внесения
жидких средств химизации

Инновационные сельскохозяйственные материалы

Электромагнитное облучение зерна





*7 апреля 2016 года
исполнилось 55 лет
академику РАН,
доктору
технических наук,
директору ВИМ
Андрею Юрьевичу
Измайлову*



Уважаемый Андрей Юрьевич!

От всей души сердечно поздравляем Вас с Юбилеем!

За годы работы в институте Вы внесли значительный вклад в развитие механизации сельскохозяйственного производства, своими исследованиями и разработками приобрели широкую известность и заслуженное уважение в научном мире – в нашей стране и за рубежом.

Возглавляемый Вами научный коллектив успешно разрабатывает инновационные технологии и новейшую технику для сельскохозяйственного производства.

Результаты Ваших теоретических и экспериментальных исследований воплощены в новых разработках, патентах и научных трудах, гармонизированных с мировыми тенденциями развития агротехнологий и сельскохозяйственной техники.

Наряду с научной работой Вы активно занимаетесь общественно-научной деятельностью. Вы – член Президиума РАН, бюро Отделения механизации, электрификации и автоматизации РАН, научного совета и экспертного совета РАН по направлению «Механизация, электрификация и автоматизация сельскохозяйственного производства».

Ваша многогранная научная деятельность по достоинству оценена – Вы доктор технических наук, академик РАН, академик Российской инженерной академии, лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники, Почетный работник АПК России.

Вы – член Королевского сельскохозяйственного научного общества по машиностроению (Великобритания), Американского общества инженеров сельского хозяйства и биологии (*ASABE*), Евро-Азиатской ассоциации по инженерным вопросам в сельском хозяйстве (*EAAAE*), Европейской ассоциации испытателей сельскохозяйственной техники (*ENTAM*), Азиатско-Тихоокеанской сети испытаний агротехники (*ANTAM*), Ассоциации технологий и сооружений в сельском хозяйстве (*KTBL*).

За многолетний добросовестный труд Вы отмечены правительственными наградами, медалями и грамотами МСХ РФ, почетными грамотами Россельхозакадемии и РАН, дипломами и медалями ВВЦ,

В этот знаменательный день разрешите пожелать Вам, Андрей Юрьевич, крепкого здоровья, благополучия, успехов в дальнейшей творческой деятельности и претворения в жизнь новых идей на благо нашей Родины.

Коллектив ВИМ



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: smit@vim.ru

Сельскохозяйственные МАШИНЫ и ТЕХНОЛОГИИ

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

СОДЕРЖАНИЕ

КОЛОНКА РЕДАКТОРА

Общее собрание Отделения сельскохозяйственных наук РАН 3

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

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

Расчет производительности и потребности технических средств
уборочно-транспортного комплекса 5

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

Анализ тягового сопротивления элементов цилиндрического
плужного корпуса 11

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

Низкочастотное электромагнитное облучение зерна
в зерноуборочном комбайне 16

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

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

Маслов Г.Г., Трубилин Е.И.

К обоснованию параметров зерноуборочных комбайнов и их
эффективности 28

Дадыко А.Н.

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

Бижаев А.В., Девянин С.Н.

Результаты экспериментальных исследований добавок воды
в камеру сгорания дизельного двигателя 36

Адамчук В.В., Булгаков В.М.

Математическая модель очистителя головок корнеплодов 40

ГОРИЗОНТЫ НАУКИ И ТЕХНИКИ

Рунов Б.А.

Применение робототехнических средств в АПК 44

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



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

SCIENTIFIC-PRODUCTION AND
INFORMATION JOURNAL

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

Certificate ПИ № ФЧ77-27860
from April, 12th, 2007

EDITOR-IN-CHIEF
Kolesnikova V.A.

EDITORIAL BOARD:

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

EDITORIAL BOARD
FOREIGN MEMBERS:

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

**THEY WORKED
WITH JOURNAL ISSUE:**

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

EDITORS OFFICE'S ADDRESS

109428, Moscow,
1st Institutskiy proezd, 5
Tel.: +7 (499) 174-88-11
+7 (499) 174-89-01

E-mail: smit@vim.ru

Printed by FSBSI VIM
Russian Academy of Science

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

The format is 205 × 290 mm
Passed for printing 15.03.2016
The circulation is 500 copies

CONTENTS

EDITOR'S NOTE

General meeting of Agricultural sciences department of RAS 3

NEW TECHNICS AND TECHNOLOGIES

**A.Yu. Izmaylov, A.A. Artyushin, N.E. Evtyushenkov, V.F. Rozhin,
D.N. Kynev, G.S. Bisenov**
Calculation of capacity and requirement of technical means in
harvest and transport complex 5

Ya.P. Lobachevskiy, V.F. Komogortsev, S.I. Starovoytov, K.A. Khramovskikh
Analysis of tractive resistance of general plow body elements 11

E.V. Zhalnin, L.S. Shibryaeva, Zh.S. Sadykov
Low-frequency electromagnetic irradiation treatment of grain
in harvester 16

Z.A. Godzhaev, L.A. Marchenko, B.E. Stepanov, A.I. Kozlova
Gyroplane for application of liquid products of chemicalization and its
technological parameters justification 22

G.G. Maslov, E.I. Trubilin
Revisited grain harvesters parameters substantiation and effectiveness
of them 28

A.N. Dadyko
Modeling of aerodynamics of flare and vortex mode in a fire chamber for
vegetable waste 32

A.V. Bizhaev, S.N. Devyanin
Experimental results of water additives in diesel engine combustion
chamber 36

V.V. Adamchuk, V.M. Bulgakov
Mathematical model of root crops heads cleaner 40

SCIENCE AND ENGINEERING PERSPECTIVE

B.A. Runov
Robotic application in agroindustrial complex 44

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

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

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

ОБЩЕЕ СОБРАНИЕ ОТДЕЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК РАН



В марте 2016 года состоялось Общее собрание Отделения сельскохозяйственных наук РАН, в котором принимали участие академики, члены-корреспонденты, директора НИИ, ведущие ученые.

В работе Общего собрания приняли также участие заместитель Председателя Комитета по науке и образованию Совета Федерации Гехт И.А., депутат Государственной Думы академик РАН Кашин В.И., академик РАН Строев Е.С., заместитель Министра сельского хозяйства РФ академик РАН Петриков А.В., ответственные работники РАН, Минсельхоза РФ, других Министерств и ведомств, работающих в системе АПК.



Вице-президент РАН академик Романенко Г.А. в своем выступлении говорил о совершенствовании работы академии, отметил положительные результаты академиков и член-корреспондентов в подготовке отчетов, подчеркнув необходимость регулярного заслушивания и улучшения их результативности. По его мнению, ученым следует активнее участвовать в конкурсах на получение грантов и денежных премий, конкурсах молодых ученых. Романенко Г.А. выразил уверенность, что ученые РАН объединят усилия в укреплении научного обеспечения аграрной отрасли страны.

Академик-секретарь ОСХН РАН, академик Лачуга Ю.Ф. акцентировал внимание на наиболее важных направлениях работы Отделения сельскохозяйственных наук. Он подчеркнул, что особенно важным в настоящее время является принятие базового закона о науке, необходимого для ее дальнейшего развития в новых условиях XXI века. Лачуга Ю.Ф. отметил актуальность более тесного сотрудничества ученых отделений РАН, проведения совместных работ по отдельным направлениям.

В современных условиях возрастает роль новых



Академик Лачуга Ю.Ф.

направлений в науке: нанотехнологии, робототехники, космического мониторинга, электроники, генной инженерии, информационных технологий, использования нетрадиционных источников энергии.

Далее Лачуга Ю.Ф. представил основные научные разработки ученых академии, внедренные в сельхозпроизводство, информация о которых направлена в Президиум РАН и Правительство РФ. Лачуга Ю.Ф. отметил большие достижения ученых в разработке машин и оборудования для сельского хозяйства, не уступающих зарубежным аналогам, а также успехи ученых в растениеводстве и животноводстве.

Руководитель Департамента растениеводства, механизации, химизации и защиты растений МСХ РФ академик Чекмарев П.А. подчеркнул, что дальнейшее развитие сельхозпроизводства в новых условиях необходимо решать в тесном сотрудничестве с наукой.



Академик Чекмарев П.А.



Академик Петриков А.В.

Заместитель Министра сельского хозяйства академик Петриков А.В. подчеркнул положительную динамику развития сельского хозяйства, которое уверенно работает на импортозамещение. Наша задача – работать без импорта передовых технологий, отметил далее Петриков А.В. В заключение он констатировал, что сельское хозяйство страны на правильном пути и все поставленные задачи будут успешно решены.

Среди выступающих на Общем собрании были член-корреспондент Папцов А.Г., академик Донченко А.С., член Государственной думы, академик Кашин В.И., член-корр. Иванов Ю.А., академик Калашников В.В., директор Никитского Ботанического сада д.с.-х.н. Плугатарь Ю.В.

При подведении итогов Общего собрания была высказана уверенность, что разработка новейших технологий в сельхозпроизводстве станет определяющей в ходе успешного развития страны в современных условиях.

ОБЩЕЕ СОБРАНИЕ СЕКЦИИ МЕХАНИЗАЦИИ, ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ ОТДЕЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК РАН



В марте 2016 года состоялось Общее собрание секции механизации, электрификации и автоматизации Отделения сельскохозяйственных наук РАН. В его работе участвовали академики, члены-корреспонденты РАН, директора институтов, представители научных и образовательных учреждений.



Член-корр. Иванов Ю.А.
2013-2020 годы.

Руководитель секции механизации, электрификации и автоматизации, член-корреспондент РАН Иванов Ю.А. в своем докладе осветил результаты деятельности институтов за 2015 г. в соответствии с Программой фундаментальных научных исследований государственных академий наук на

Он отметил наиболее результативные работы ведущих НИИ:

- ВИМ – разработка машин и оборудования для селекции и семеноводства; создание опрыскивателя на базе легкого летательного аппарата; достижения в области робототехники, интеллектуальной техники для сельхозпроизводства;
- ВИЭСХ – разработка интеллектуальных систем электромеханизации в животноводстве; создание резонансной системы питания сельских потребителей энергии;
- ГОСНИТИ – оборудование для ремонта и восстановления деталей сельхозмашин;
- ВНИИМС – разработка машин и оборудования для производства гуминовых удобрений.

Иванов Ю.А. отметил возрастающую активность ученых при публикации научных статей о своих разработках.

Академик Черноиванов В.И. в своем выступлении уделил особое внимание укреплению инженерной науки. В настоящее время ее роль значительно выросла в свете позиционирования сельского хо-

зяйства как одного из главных государственных приоритетов.

Академик Попов В.Д. говорил о задачах агроинженерной науки в решении проблемы импортозамещения. Особое внимание, подчеркнул он, необходимо уделять разработке экологически чистых технологий, выпуску товаров сельхозпроизводства более высокого ка-



Академик Черноиванов В.И.

чества и при цене, которая меньше, чем у иностранных аналогов. Необходимо продвигать отечественную продукцию не только на российский, но и на зарубежный рынок.



Академик Попов В.Д.

Перспективам развития автомобильной техники в стране, переводу автотранспорта на газовое топливо, применению техники на солнечных батареях и снабжению ее средствами навигации посвятил свое выступление член-корреспондент РАН Дидманидзе О.Н.

Член-корреспондент РАН Федоренко В.Ф. говорил о модернизации АПК на принципах наилучших доступных технологий и применения их с новыми средствами механизации сельхозпроизводства.

Председатель экспертного совета ВАК по инженерным агропромышленным специальностям, доктор технических наук, профессор Лобачевский Я.П. проинформировал участников собрания о новых требованиях к подготовке и аттестации научных кадров высшей квалификации.



*Д.т.н., профессор
Лобачевский Я.П.*

Он подчеркнул необходимость разработки образовательных программ и подготовки аспирантов и докторантов по новым перспективным специальностям «Роботы, мехатроника и робототехнические системы», «Биомеханика», «Нанотехнологии и наноматериалы», «Автоматизация и управление технологическими процессами» и другие.

УДК 631.3542

РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ПОТРЕБНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ УБОРОЧНО-ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

ИЗМАЙЛОВ А.Ю.¹,

академик РАН,

АРТЮШИН А.А.¹,

член-корр. РАН,

ЕВТЮШЕНКОВ Н.Е.¹,

докт. техн. наук,

БИСЕНОВ Г.С.²,

канд. экон. наук,

РОЖИН В.Ф.¹,

ст. науч. сотр.,

КЫНЕВ Д.Н.¹,

инженер-исследователь

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

²АО «Уральскагрозремаш», Улица Чингирлауская, 7/1, Уральск, 090005, Республика Казахстан, e-mail: oralrem@mail.ru

Спутниковый мониторинг и учет топлива стали насущной необходимостью для нормальной работы автотранспорта. Внедрение системы, работающей с использованием современных спутниковых технологий позволяет снизить затраты на транспортные расходы, повысить эффективность использования сельхозтехники. Предложен алгоритм для моделирования технологий транспортирования урожая от зерноуборочных комбайнов по перевалочным схемам, с использованием перегрузчика на базе тракторного прицепа и сменных кузовов. Установили, что при применении системы ГЛОНАСС производительность комбайнов возрастает с увеличением длины гона, а количество перегрузчиков разных моделей существенно снижается. Отметили, что чем мощнее перегрузчик, тем меньше требуется машин, так как их производительность возрастает. Определено, что с увеличением урожайности на 2 т/га потребность в комбайнах и перегрузчиках возрастает независимо от их мощности. Показали, что при внедрении рациональных форм организации работ можно значительно снизить простои комбайнов, резко увеличить производительность транспортных средств и тем самым уменьшить потери зерна вследствие сокращения сроков уборки. Отметили, что проблема оптимального построения и функционирования уборочно-транспортных комплексов сельскохозяйственных организаций с использованием сменных адаптеров и навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS актуальна и имеет важное народнохозяйственное значение. Установлено, что решение этой проблемы позволит, во-первых, повысить эффективность работы уборочно-транспортных комплексов в результате сокращения простоев техники и сроков уборки урожая сельскохозяйственных культур и, во-вторых, существенно увеличить загрузку отечественной системы ГЛОНАСС. Система спутникового мониторинга уборочно-транспортного комплекса с использованием данных ГЛОНАСС оправдывает затраты на ее установку и эксплуатацию в течение 3-9 месяцев, что снижает общие затраты на содержание автопарка на 30 процентов.

Ключевые слова: уборка зерновых культур, транспортирование, перегрузчик, сменный кузов, производительность, расход топлива, трудоемкость, эксплуатационные и энергетические затраты.

Уборка урожая сельхозкультур, особенно зерновых – пиковый период по количеству применяемой зерноуборочной и транспортной техники. Для ее рационального использования необходимо обработать большой объем информации по природно-климатическим и технологическим

условиям взаимосвязанной работы уборочной и транспортной техники, определить эксплуатационно-технические и экономические показатели, на основе которых принимаются решения по способу проведения уборочной кампании [1-7].

Цель исследований – разработка методики и ре-

ализующего ее алгоритма для ПК по моделированию технологий транспортирования урожая от уборочных комбайнов в альтернативных перевалочных схемах и обоснование рационального сочетания техники в них.

Материалы и методы. Для выбора рациональной ресурсосберегающей технологической схемы и обоснования для нее перспективных транспортных средств, работающих взаимосвязанно с высокопроизводительными комбайнами, были заложены два сценария исследуемых схем работы перегрузчика в перевалочной технологии:

вариант 1 – перегрузчик со сменным кузовом на тракторном прицепе осуществляет сбор зерна от комбайна или группы комбайнов и отвозит его к разгрузочной площадке на краю поля, опускает на землю и устанавливает на прицеп пустой кузов, с которым возвращается в поле к очередному готовому к разгрузке комбайну;

вариант 2 – зерно из бункера комбайна или группы комбайнов выгружается в кузов прицепного перегрузчика, доставляется им к расставленным на краю поля сменным кузовам, выгружается в них, после чего перегрузчик возвращается в поле к готовому для разгрузки комбайну. Дальнейшая операция со сменными кузовами заключается в установке их на шасси ТС и доставке на ток хозяйства для доработки [8, 9].

Один из основных показателей использования техники – производительность как конкретного технического средства, так и комплекса в целом.

Для расчета часовой производительности $m_{wk}(t)$ и потребного количества уборочной техники n_k на выполнение ожидаемого объема работ $m_{yi}(t)$ на площади F_i в оптимальные агротехнические сроки $D_{k.onm}$ необходимо определить сменный объем работ b_i [5].

Ожидаемая часовая производительность уборочного комбайна (по площади, га) берется на основе экспериментальных данных или рассчитывается по выражению:

$$m_{wk}(t) = 0,1 \cdot \tau \cdot k \cdot B_{жс} \cdot v_k - t_{\alpha} \sigma_{wk}, \quad (1)$$

где τ – коэффициент использования времени смены, который складывается из времени цикла комбайна и времени, затрачиваемого на его различные технологические остановки, ч;

t_1 – время технологического обслуживания комбайна;

t_2 – время технического ухода;

t_3 – время устранения неисправности;

t_4 – время на отдых;

k – коэффициент использования ширины захвата жатки комбайна;

$B_{жс}$ – ширина жатки комбайна, м;

v_k – рабочая скорость комбайна, км/ч;

t_{α} – коэффициент Стьюдента;

σ_{wk} – среднее квадратическое отклонение производительности комбайна от математического ожидания с вероятностью α , т/га. Цикл комбайна $t_{цк}$, включающий сумму времени на: только заполнение бункера зерном $t_{нб}$, устранение неполадок $t_{н}$, ожидание подъезда транспорта $t_{ожст}$ и выгрузку зерна из бункера в кузов транспортного средства $t_{рб}$, ч (рис. 1), используется для расчета коэффициента использования времени смены.

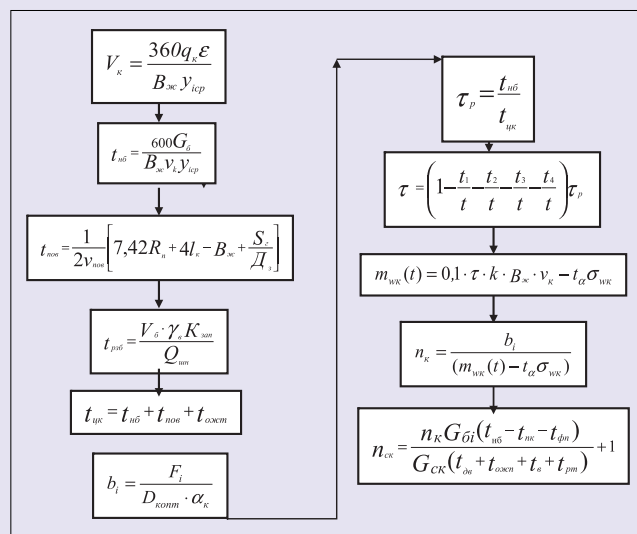


Рис. 1. Блок-схема алгоритма моделирования работы уборочного комбайна

Рабочая скорость комбайна определяется в зависимости от пропускной способности молотильного барабана, урожайности культуры и рассчитывается по формуле:

$$v_k = \frac{360 q_k \varepsilon}{B_{жс} y_{ср}}, \quad (2)$$

где q_k – пропускная способность комбайна, кг/с; ε – поправочный коэффициент пропускной способности – 0,9;

$y_{ср}$ – средний урожай на поле или участке, определяемый путем картирования урожая при подготовке поля к уборке, т/га.

Требуемое количество уборочной техники (комбайнов) для выполнения запланированных сменных объемов b_i работ за t часов равно:

$$n_k = \frac{F(m_{yi}(t) + t_{\alpha} \sigma_{yi})}{(m_{wk}(t) - t_{\alpha} \sigma_{wk}) D_{k.onm} \alpha_k} = \frac{b_i(m_{yi}(t) + t_{\alpha} \sigma_{yi})}{(m_{wk}(t) - t_{\alpha} \sigma_{wk})}, \quad (3)$$

где F – посевная площадь,

σ_{yi} – среднее квадратическое отклонение урожайности от математического ожидания с вероятностью α , т/га.

Изложенную выше формализацию аналитического расчета [6] цикла работы комбайна, его производительности и потребного количества можно представить в виде блок-схемы, показанной на рисунке 1.

Для обеспечения синхронности работ уборочной и транспортной техники, то есть для своевременного обслуживания требований, поступающих от комбайнов, необходимо определить время цикла работы транспорта $t_{цн}^{1,2}$ и продолжительность цикло-рейсов для альтернативных технологических схем транспортирования зерна от них, а именно время: $t_{ожн}$ – среднее время ожидания перегрузчиком между двумя выгрузками зерна из бункера комбайна, мин; $t_{рб} = t_{в}$ – время разгрузки бункера комбайна, мин; $t_{рм}$ – среднее время разгрузки ТС в компенсатор или для подъема-опускания сменного кузова на землю, мин; $t_{нк}$ – время погрузки полных кузовов-накопителей на автопоезд, мин; $t_{фн}$ – время формирования автопоезда, мин; $t_{неп}$ – продолжительность переезда от комбайна к комбайну, мин; $t_{дв}$ – время движения ТС, мин, в зависимости от v_m – средней технической скорости движения перегрузчика в поле, или автомобиля, в зависимости от типа дорожного покрытия α_L , км/ч, и расстояния $L_{мр}$ транспортирования перегрузчиком от комбайна до сменного кузова, а для автопоезда – от поля до тока, км.

Продолжительность времени $t_{рм}$, $t_{нк}$, $t_{фн}$ определяется хронометражем.

Таким образом, продолжительность цикла перегрузчика можно вычислить по формуле:

$$t_{цн}^{1,2} = n_{б}(t_{ожн} + t_{неп} + t_{в}) + t_{рм} + t_{дв}. \quad (4)$$

Основной принцип применения перевалочной технологии – это снижение потребности в автомобилях, особенно на больших расстояниях от полей до пунктов доработки зерна. Идея оптимального количества использования компенсационных емкостей в поле в виде сменных кузовов должна ликвидировать простои автопоездов в ожидании их наполнения зерном. В результате цикл работы автопоезда должен включать, мин:

$t_{нк}$ – время погрузки полных кузовов-накопителей на автопоезд;

$t_{фн}$ – время формирования автопоезда в поле и на току;

$t_{дв}$ – время движения ТС от поля до пункта доработки и обратно;

$t_{рм}$ – время разгрузки автопоезда в зависимости от организации обработки груженого транспорта на пункте послеуборочной доработки;

$t_{он}$ – время на взвешивание и оформление приходных накладных.

В результате среднее операционное время, при-

ходящееся на один транспортный цикл поле – ток – поле автопоезда, определяем по следующей формуле:

$$t_{цан} = t_{дв} + t_{нк} + t_{фн} + t_{рм} + t_{он}. \quad (5)$$

Количество кузовов-накопителей $n_{кн}$, выставленных на разгрузочной площадке по краям поля, определяется по формуле:

$$n_{кн} = \frac{t_{вб} - t_{нк} - t_{фн}}{t_{дв} + t_{ожн} + t_{в} + t_{рм}} + 1. \quad (6)$$

Зная фактическую грузоподъемность кузова перегрузчика и цикл его оборота, можно определить производительность по классической формуле, т/ч:

$$W_n = \frac{G_{кн} \tau}{t_{цн}^{1,2}}, \quad (7)$$

где τ – коэффициент использования времени смены комбайна.

Производительность автопоезда определяем по формуле:

$$W_{ан} = \frac{G_{кн} \tau_a}{t_{цан}}, \quad (8)$$

где τ_a – коэффициент использования времени смены автопоезда.

Потребное количество перегрузчиков для обслуживания группы комбайнов n_k , в зависимости от математического ожидания их суммарной производительности по зерну, находим по выражению [5]:

$$n_n = \frac{n_k (m_{wk}(t) - t_{\alpha} \sigma_{wk})}{(m_{wn}(t) - t_{\alpha} \sigma_{wk})}. \quad (9)$$

Принцип применения сменных кузовов как компенсирующих емкостей в автоперевозках зерна по перевалочной технологии заключается в том, что автопоездам нет необходимости ждать, когда появится заполненный кузов, то есть к возврату автопоезда с тока их должно быть хотя бы на один больше, чем автопоезд размещает на шасси и прицепах. Следовательно, в цикле времени автопоезда присутствуют только формирование груженого состава, отвоз, разгрузка, оформление накладной и возврат в поле.

Количество сменных кузовов $k_{ком}$, которое комбайны наполняют за смену, количество рейсов r_q , которое один автомобиль сможет сделать, и количество кузовов n_{ck} , которое он может переместить за смену, определяют потребность в автомобилях [6-8]:

$$n_a = \frac{k_{ком}}{n_{ck}}. \quad (10)$$

Алгоритм вышеизложенных расчетов представлен в виде логической последовательности в блок-схе-

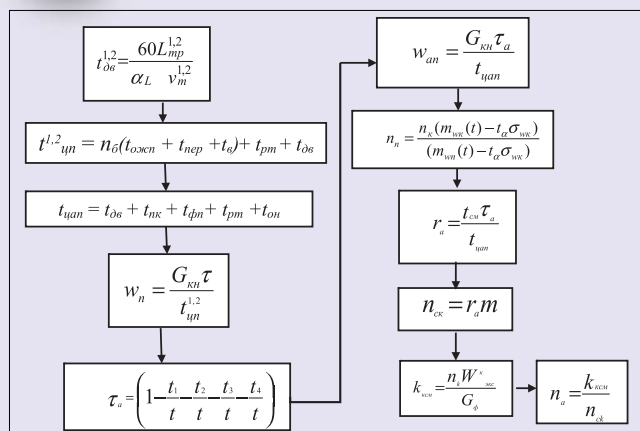


Рис. 2. Блок-схема алгоритма моделирования работы перегружателей и автотранспорта

ме на рисунке 2.

После сбора и обработки хронометражных наблюдений [10-12] и занесения в базу данных реальной стохастической информации алгоритм моделирования функционирует в последовательности, приведенной на рисунке 3.

Выводы

1. Расчет параметров в системе машин и оборудования потока «заявок» транспортных средств, доставляющих порожние накопители в поле под загрузку, должен быть идентичным расчету для первой системы – потока перегружателей, ожидающих загрузку зерном из бункеров комбайнов, с заменой потока комбайнов на поток наполненных зерном накопителей, ожидающих отправку и разгрузку на пункте послеуборочной обработки зерна и замены их встречным потоком порожних накопителей.

Литература

1. Измайлов А.Ю., Елизаров В.П., Антышев Н.М., Бейлис В.М. Система технологий, типов и параметры машин для комплексной механизации растениеводства: разработка и развитие в рыночных условиях. – М.: ВИМ, 2010. – 264 с.
2. Измайлов А.Ю., Евтюшенков Н.Е., Дзюцендизе Т.Д., Левшин А.Г., Галкин С.Н. Инновационное развитие транспортной сферы агропромышленного комплекса. – М.: ВИМ, 2011. – 232 с.
3. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П. Инновационные механизированные технологии и автоматизированные технические системы для сельского хозяйства // Модернизация сельскохозяйственного производства на базе инновационных машинных технологий и автоматизированных систем: Сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. Ч. 1. – М.: ВИМ, 2012. – С. 31-44.
4. Галкин С.Н., Дзюцендизе Т.Д., Левшин А.Г.,

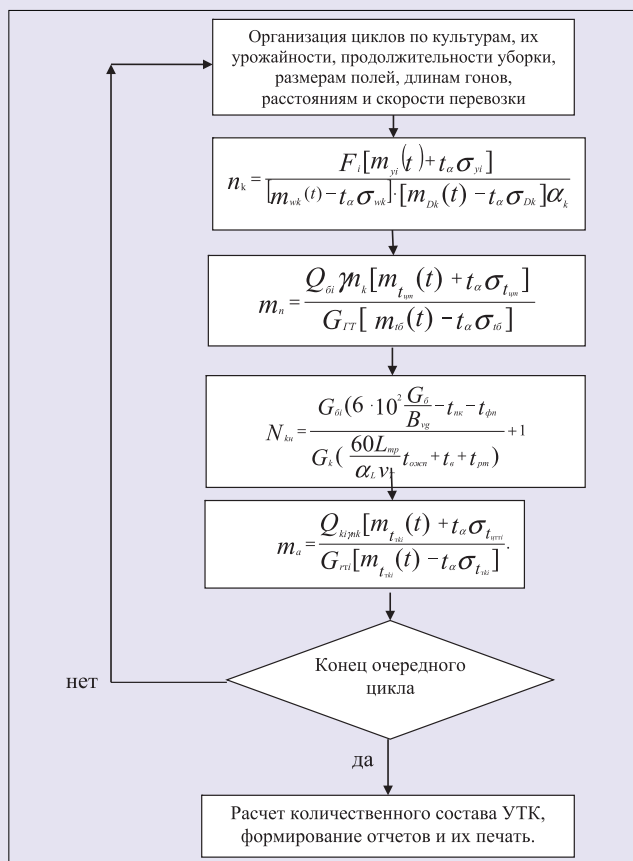


Рис. 3. Блок-схема расчета стохастической модели УТК

2. Оптимизацию вариантов технического оснащения уборочно-транспортного комплекса следует проводить по критерию «минимум затрат совокупной энергии» с использованием результатов имитационного моделирования по определению их количественного состава.

Евтюшенков Н.Е., Измайлов А.Ю. Агротехнические и технологические параметры автомобилей сельскохозяйственного назначения // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – № 5. – С. 3-6.

5. Измайлов А.Ю. Технологии и технические решения по повышению эффективности транспортных систем АПК. – М.: Росинформагротех, 2007. – 198 с.

6. Измайлов А.Ю. Техническое обеспечение транспортной логистики в технологиях производства сельскохозяйственной продукции: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.01. – М., 2007. – 43 с.

7. Измайлов А.Ю., Артюшин А.А., Смирнов И.Г., Евтюшенков Н.Е., Колесникова В.А., Личман Г.И., Марченко Н.М., Марченко Л.А., Хорошенков В.К. Концепция развития системы оперативного управления автотранспортными и другими мобильными техническими средствами, применяемыми в сельском хозяйстве с использо-

ванием ГЛОНАСС/GPS. – М.: ВИМ, 2014. – 64 с.

8. Курбанов Р.К. Автотракторная контейнерная система перевозок сельскохозяйственных грузов // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2011. – № 5. – С. 26-27.

9. Измайлов А.Ю., Евтюшенков Н.Е., Васильев А.Ю. Развитие транспортной и погрузочно-разгрузочной техники в сельском хозяйстве России // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2010. – № 2. – С. 14-18.

10. Бисенов Г.С. Технологии перевозки зерна // Сельскохозяйственные машины и технологии. –

2012. – № 6. – С. 11-16.

11. Бисенов Г.С. Повышение эффективности транспортного комплекса в аграрном секторе Казахстана // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Монголии, Казахстана и Болгарии : Сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. Т. 2. – М.: Петропавловск, 2012. – С. 285-287.

12. Бисенов Г.С. Технологический процесс сбора зерна от комбайнов ДОН-1500Б и перегрузки в автопоезда: Сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. Ч. 2. – М.: ВИМ, 2013. – С. 235-237.

ANALYSIS OF GENERAL PLOW BODY TRACTIVE RESISTANCE

A.Yu. Izmaylov, A.A. Artyushin, N.E. Evtushenkov, V.F. Rozhin, D.N. Kynev, G.S. Bisenov

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

Satellite monitoring and the fuel accounting is an urgent need for normal operation of motor transport. Introduction of a system activity with use of modern satellite technologies allows to lower transportation costs, to increase efficiency of use of agricultural machinery. The authors offered algorithm for modeling of technologies of a crop transportation from combine harvesters according to transfer schemes, with use of a loading crane based on the tractor-trailer and replaceable bodies. At application of the GLONASS system combines capacity grows with increase in length of furrow, and the quantity of re-loaders of different models significantly decreases. The more powerful of a re-loader is the fewer tracks are necessary due to their capacity increases. When yield increase by 2 t/ha the need for combines and re-loaders increases irrespective of their power. Rational forms of the organization of operations enable reduction of standing time of combines, increase capacity of transportation vehicles and by that grain loss reduction owing to reduction reducing of harvest terms. The problem of optimum construction and functioning of harvest and transport complexes of the agricultural enterprises with use of replaceable adapters and navigation satellite systems of GLONASS/GPS is actual. It is of major importance to national economy. The solution of this problem will make it possible firstly to raise effectiveness of performance of harvest and transport complexes because of reduction of standing time of machines and terms of harvesting and secondly to increase loading of domestic GLONASS system essential. The system of satellite monitoring with use of GLONASS data justifies costs of its installation and operation within 3-9 months that lowers the common costs of vehicle fleet by 30 percent.

Keywords: Grain crops harvesting; Transportation; Re-loader; Replaceable body; Capacity; Fuel consumption; Labor input; Operational and power expenses.

References

1. Izmaylov A.Yu., Elizarov V.P., Antyshev N.M., Beylis V.M. Sistema tekhnologiy, tipazhey i parametry mashin dlya kompleksnoy mekhanizatsii rastenievodstva: razrabotka i razvitie v rynochnykh usloviyakh [System of technologies, ranges and parameters of machines for complex mechanization of plant growing: working out and development in market conditions]. Moscow: VIM, 2010. 264 pp. (Russian).

2. Izmaylov A.Yu., Evtushenkov N.E., Dzotsenidze T.D., Levshin A.G., Galkin S.N. Innovatsionnoe razvitie transportnoy sfery agropromyshlennogo kompleksa [Innovative development of transportation sphere in agro-industrial complex]. Moscow: VIM, 2011. 232 pp. (Russian)..

3. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P. Innovatsionnye mehanizirovannye tehnologii i avtomatizirovannye tekhnicheskie sistemy dlya sel'skogo hozjajstva [Innovative mechanized technologies and the automated technical systems for agriculture.]. Modernizatsiya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva na baze innovatsionnykh mashinnykh tekhnologiy i avtomatizirovannykh sistem: Sb. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Ch. 1. Moscow: VIM, 2012. pp. 31-44 (Russian).

4. Galkin S.N., Dzotsenidze T.D., Levshin A.G., Evtushenkov N.E., Izmaylov A.Yu. Agrotekhnicheskie i tekhnologicheskie parametry avtomobiley sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya [Agrotechnical and technological parameters of agricultural motor vehicles]. Traktory i sel'khoz mashiny. 2011. No. 5.

pp. 3-6 (Russian).

5. Izmaylov A.Yu. *Tekhnologii i tekhnicheskie resheniya po povysheniyu effektivnosti transportnykh sredstv APK [Technologies and technical solutions on increase of efficiency of vehicles of agrarian and industrial complex]*. Moscow: Rosinformagrotekh, 2007, 198 pp. (Russian).

6. Izmaylov A.Yu. *Tekhnicheskoe obespechenie transportnoy logistiki v tekhnologiyakh proizvodstva sel'skokhozyaystvennoy produktsii [Transport logistics technical support in technologies of agricultural products production]*: Avtoref. dis. ... d-ra tekhn. nauk: 05.05.01. Moscow, 2007. 43 pp. (Russian).

7. Izmaylov A.Yu., Artyushin A.A., Smirnov I.G., Evtyushenkov N.E., Kolesnikova V.A., Lichman G.I., Marchenko N.M., Marchenko L.A., Khoroshenkov V.K. *Kontseptsiya razvitiya sistemy operativnogo upravleniya avtotransportnymi i drugimi mobil'nymi tekhnicheskimi sredstvami, primenyaemymi v sel'skom khozyaystve s ispol'zovaniem GLONASS/GPS [Concept of development of system of operational control over motor transportation and other mobile technical means applied in agriculture with use of GLONASS/GPS]*. Moscow: VIM, 2014. 64 pp. (Russian).

8. Kurbanov R.K. *Avtotraktornaya konteynernaya sistema perevozok sel'skokhozyaystvennykh грузов*

[Autotractor container system of agribulk transportations]. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2011. No. 5. pp. 26-27 (Russian).

9. Izmaylov A.Yu., Evtyushenkov N.E., Vasil'ev A.Yu. *Razvitie transportnoy i pogruzochno-razgruzochnoy tekhniki v sel'skom khozyaystve Rossii [Development of transport and loading equipment in agriculture of Russia]*. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2010. No. 2. pp. 14-18 (Russian).

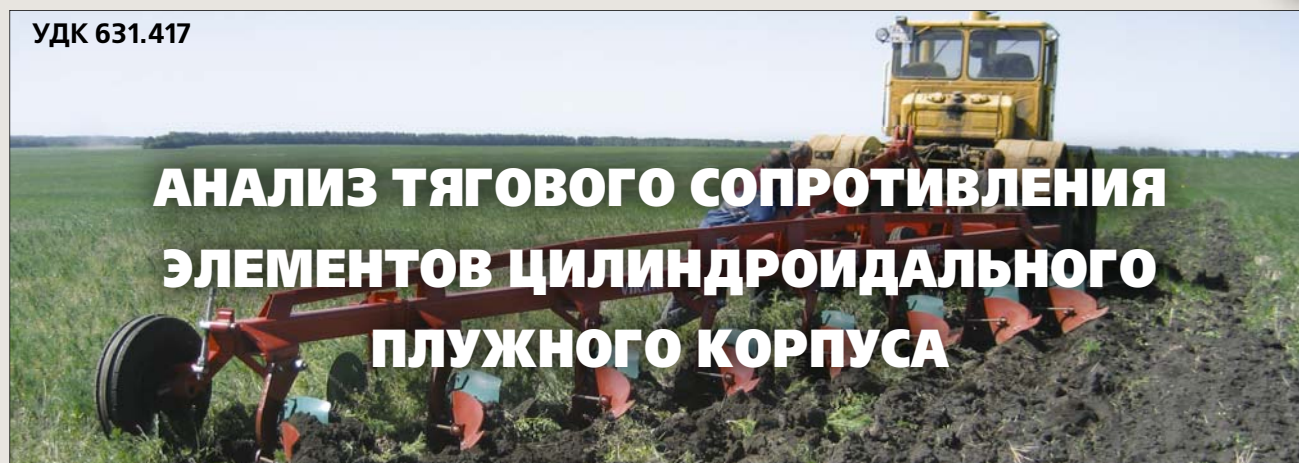
10. Bisenov G.S. *Tekhnologii perevozki zerna [Technologies of grain transportation]*. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2012. No. 6. pp. 11-16 (Russian).

11. Bisenov G.S. *Povyshenie effektivnosti transportnogo kompleksa v agrarnom sektore Kazakhstana [Increase of efficiency of a transport complex in agrarian sector of Kazakhstan]*. *Agrarnaya nauka – sel'skokhozyaystvennomu proizvodstvu Sibiri, Mongolii, Kazakhstana i Bolgarii: Sb. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. T. 2*. Moscow: Petropavlovsk, 2012. pp. 285-287 (Russian).

12. Bisenov G.S. *Tekhnologicheskiy protsess sbora zerna ot kombaynov DON-1500B i peregruzki v avtopoezda [Technological process of grain transfer from DON-1500B combines and loading in motor-vehicle trains]*: *Sb. dokl. Mezhdunar. nauch.- tekhn. konf. Ch. 2*. Moscow: VIM, 2013. pp. 235-237 (Russian).



УДК 631.417



АНАЛИЗ ТЯГОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЦИЛИНДРОИДАЛЬНОГО ПЛУЖНОГО КОРПУСА

ЛОБАЧЕВСКИЙ Я.П.¹, КОМОГОРЦЕВ В.Ф.², СТАРОВОЙТОВ С.И.², ХРАМОВСКИХ К.А.²,
 докт. техн. наук, канд. физ.-мат. наук, канд. техн. наук, инженер
 профессор, доцент,

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

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

Одним из направлений снижения энергоемкости процесса обработки почвы является изменение формы и параметров элементов плужного корпуса – лемеха и отвала. Проанализировали известные математические выражения для определения тягового сопротивления плугов. Установлено, что они не позволяют учитывать различную степень нагруженности отдельных участков отвала. Предложена методика определения горизонтальной составляющей сопротивления отвала, учитывающая эту разницу в нагруженности поверхности плужного корпуса. Составляющую сопротивления поверхности определили суммированием сопротивлений элементарных горизонтальных составляющих отвала, используя кривые крошения продольно-вертикальной проекции плужного корпуса. Отметили, что эти кривые проекции формируются вследствие горизонтального переноса точек пересечения секущих плоскостей, параллельных стенке борозды. Выявили, что если деформатор полностью заглублен в почву, но отсутствуют его поворот и перемещение, то выражение для определения величины работы при внедрении в почву активного рабочего органа позволяет рассчитать тяговое усилие элементарной горизонтальной составляющей сопротивления отвала. Показали, что полученное выражение можно использовать при аппроксимации кривых продольно-вертикальной проекции плужного корпуса, где наиболее нагружены грудь и срединная часть отвала. Определили, что степень нагруженности элементарной горизонтальной составляющей отвала формируется величиной нормального напряжения, которая сопоставима с коэффициентом деформации. Составляющая сопротивления на отбрасывание пласта учитывает глубину вспашки, ширину захвата плужного корпуса, скорость пахотного агрегата, плотность деформируемой почвы, среднее значение угла наклона образующих поверхности отвала к стенке борозды. Показали, что при абсолютной влажности суглинистой почвы около 21 процента, глубине вспашки 0,20 метра тяговое сопротивление отвала плужного корпуса шириной захвата 0,35 метра составит 1035 Н.

Ключевые слова: сопротивление почвы, отвал, плужный корпус, почвенный пласт, коэффициент деформации.

Обработка почвы остается самой энергоемкой операций в производстве сельхозкультур [1-3]. Одно из направлений снижения энергоемкости – это изменение формы и параметров элементов плужного корпуса: лемеха и отвала [4].

Известны выражения В.П. Горячкина, Н.В. Щучкина, Г.Н. Синеокова, В.В. Кацыгина для опреде-

ления тягового сопротивления плугов. Размеры плужного корпуса отражены в параметрах деформируемого почвенного пласта. Значимы также выражения А.Т. Вагина, которые дифференцируют тяговое сопротивление лемеха и отвала. Так, тяговое усилие, затрачиваемое на перемещение пласта по отвалу, равно:

$$P_o = P_{\text{под}} + P_{\text{ц}} + P_{\text{спи}}, \quad (1)$$

где $P_{\text{под}}$ – усилие на подъем пласта, Н;

$P_{\text{ц}}$ – усилие от действия центробежной силы, Н;

$P_{\text{спи}}$ – составляющая сил сопротивления пласта изгибу при его обороте, Н.

Составляющей сил сопротивления пласта изгибу при его обороте для старопакотных минеральных земель можно пренебречь. Усилие, затрачиваемое на подъем пласта, определяем по формуле:

$$P_{\text{под}} = G \cdot (\sin \alpha_{\text{пол}} + f_{\text{внеш}} \cdot \cos \delta_{\text{ср}}) \cdot \cos \alpha_{\text{пол}} + \cos \theta', \quad (2)$$

где G – вес пласта на лемешно-отвальной поверхности, Н;

$\alpha_{\text{пол}}$ – угол наклона полевого обреза лемеха ко дну борозды, град.;

$\delta_{\text{ср}}$ – среднее значение угла наклона отвала ко дну борозды в ортогональном сечении, град.;

θ' – угол отклонения пласта на лемехе от продольно-вертикальной плоскости в горизонтальной проекции, град.;

$f_{\text{внеш}}$ – коэффициент внешнего трения почвы.

Вес пласта почвы на лемешно-отвальной поверхности равен:

$$G = \eta_n \frac{\gamma_{\text{поч}} \cdot h_n \cdot b^2}{2 \tan \gamma},$$

где $\gamma_{\text{поч}}$ – удельный вес почвы, Н/м³;

h_n – толщина пласта на лемешно-отвальной поверхности, м;

b – ширина захвата плужного корпуса, м;

γ – угол, образованный лезвием лемеха со стенкой борозды, град.;

η_n – коэффициент, учитывающий увеличение веса пласта по сравнению с плоским клином.

Для определения среднего значения угла наклона отвала ко дну борозды используется выражение:

$$\delta_{\text{ср}} = \frac{\frac{\pi}{2} + \alpha}{2}, \quad (3)$$

где α – угол наклона лемеха ко дну борозды в ортогональном сечении, град.

Угол отклонения пласта на лемехе от продольно-вертикальной плоскости в горизонтальной проекции равен:

$$\theta' = \arctg \left[\frac{1 - \cos \left(\frac{\frac{\pi}{2} + \alpha}{2} \right) \tan \gamma}{1 + \tan^2 \gamma \cos \left(\frac{\frac{\pi}{2} + \alpha}{2} \right)} \right]. \quad (4)$$

Составляющую от действия центробежной силы определим по выражению:

$$P_{\text{ц}} = \frac{G \cdot v^2}{g \cdot 2,5 \rho_0} \left[\sin \left(\frac{\frac{\pi}{2} + \alpha}{2} \right) \cdot \sin \theta_{\text{ср}} + f \cdot \cos \alpha_{\text{пол}} \cdot \cos \theta' \right], \quad (5)$$

где ρ_0 – радиус кривизны поверхности плуга в ортогональном сечении, м;

$\theta_{\text{ср}}$ – среднее значение угла наклона образующей отвала к стенке борозды, град.;

v – скорость движения плуга, м/с.

Среднее значение угла наклона образующей к стенке борозды:

$$\theta_{\text{ср}} = \frac{\theta_{\text{max}} + \theta_{\text{min}}}{2},$$

где θ_{max} , θ_{min} – максимальный и минимальный углы наклона образующей отвала к стенке борозды, град.

Геометрические характеристики отвала представлены шириной захвата плужного корпуса, средним значением угла наклона отвала ко дну борозды, радиусом кривизны поверхности в ортогональном сечении, средним значением угла наклона образующей отвала к стенке борозды, но на наш взгляд, более полно представить его пространственную конфигурацию и учесть различную величину давления можно только с помощью кривых крошения продольно-вертикальной проекции.

Цель исследования – разработка методики определения горизонтальной составляющей сопротивления отвала, которая учитывает особенности его пространственной конфигурации и различную величину давления на его поверхности с помощью кривых крошения продольно-вертикальной проекции плужного корпуса.

Материалы и методы. Горизонтальная составляющая сопротивления отвала плужного корпуса равна:

$$R_x = R_{\text{пов}} + R_{\text{отб}}, \quad (6)$$

где $R_{\text{пов}}$ – составляющая сопротивления поверхности отвала, Н;

$R_{\text{отб}}$ – составляющая сопротивления на отбрасывание пласта, Н.

Горизонтальную составляющую сопротивления отвала плужного корпуса можно определить с помощью выражения:

$$R_{\text{пов}} = \sum_{i=1}^n R_{xi}, \quad (7)$$

где $R_{xi} = \frac{A_i}{\Delta}$ – элементарная горизонтальная составляющая сопротивления отвала плужного корпуса, Н (здесь A_i – величина работы, Дж; Δ – единичное перемещение рабочего органа, м).

Величину работы найдем с помощью выражения, позволяющего обосновать геометрию перед-

ней поверхности активного рабочего органа [5-7]:

$$A = \sigma \int_0^{x_0} dx \int_{h(x)}^H \varphi(x; h) dh, \quad (8)$$

где σ – нормальное напряжение на поверхности, Н/м.

Использование выражения (8) возможно при следующих начальных условиях: деформатор заглублен в почву полностью (h – величина заглубления деформатора); поворот при заглублении отсутствует: $k=0$ (k – коэффициент, учитывающий угол поворота деформатора от величины заглубления); перемещение вдоль траектории заглубления $\alpha(h)=const$, то есть $\alpha'(h)=0$. Рассмотрим составляющие функции $\varphi(x; h)$ выражения (8). Определим проекции касательного усилия элементарной площадки на оси x и y , а подставив соответствующие значения k и h , получим выражения:

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

то есть $dT x_*' = f_{внеш} \cdot$

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

$$\text{то есть } dT y_*' = f_{внеш} \cdot f'(x), \quad (9)$$

где $f'(x)$ – производная функции, описывающей геометрию поверхности деформатора.

Проекция нормального усилия элементарной площадки на оси x и y вычислим по формулам:

$$dN x_*' = -[\sin(k \cdot h) + f'(x) \cdot \cos(k \cdot h)],$$

то есть $dN x_*' = -f'(x)$;

$$dN y_*' = -[\cos(k \cdot h) - f'(x) \cdot \sin(k \cdot h)],$$

то есть $dN y_*' = -1$. (10)

Соответственно, проекции траекторий движения элементарной площадки на ось x и ось y можно записать как:

$$dl x_*' = -k(x \cdot \sin(k \cdot h) + f(x) \cdot \cos(k \cdot h)) + a'(h),$$

$$dl y_*' = k(x \cdot \cos(k \cdot h) - f(x) \cdot \sin(k \cdot h)) - 1. \quad (11)$$

После соответствующих подстановок получим:

$$dl x_*' = 0 \text{ и } dl y_*' = -1$$

где x – горизонтальная координата произвольной точки поверхности деформатора;

$a'(h)$ – первая производная функции, описывающей траекторию заглубления носка деформатора.

Функцию $\varphi(x; h)$ в уравнении (8) запишем в виде:

$$\varphi(x; h) = f_{внеш} \cdot 0 + f_{внеш} \cdot f'(x) \cdot (-1) + (-f'(x) \cdot 0) + 1 \cdot (-1) = 0,$$

Тогда выражение работы A примет вид:

$$A = -\sigma \int_0^{x_0} dx \int_0^H (f_{внеш} \cdot f'(x) + 1) dh.$$

Если в рамках указанных условий принять $\varphi(x; h) = -(f_{внеш} \cdot f'(x) + 1)$, а функцию $f(x)$ заменить на $f(x) = a_1 x^2 + b_1 x$, где a_1, b_1 – искомые параметры кри-

вой, то работу можно записать в виде:

$$A = -\sigma \cdot H \cdot [f_{внеш} \cdot (a_1 x_0^2 + b_1 x_0) + x_0], \quad (12)$$

где x_0 – задаваемая горизонтальная координата верхнего обреза отвала, а коэффициент $b_1 = \frac{y_0}{x_0} - a_1 \cdot x_0$, (здесь y_0 – задаваемая вертикальная координата верхнего обреза отвала).

Величина работы (Н·м), определяемая выражением (12), отрицательна. Параметр σ имеет размерность Н/м. Окончательное выражение работы при задаваемой ширине рабочего органа b выглядит так:

$$A = -\sigma \cdot H \cdot b \cdot [f_{внеш} \cdot (a_1 x_0^2 + b_1 x_0) + x_0].$$

Для определения искомых параметров кривых a_1 и b_1 воспользуемся горизонтальной и продольно-вертикальной проекциями цилиндрической лемешно-отвальной поверхности (рисунк). Для этого необходимо на горизонтальной проекции параллельно стенке борозды провести секущие плоскости. Точки пересечения секущих плоскостей и точки (6-11) образующей горизонтальной проекции следует перенести горизонтальным переносом на поле продольно-вертикальной проекции. Характерные точки от каждой секущей плоскости надо соединить плавной кривой. Анализ данных кривых показывает, что интенсивное нарастание угла крошения характерно для образующих, исходящих от места стыка лемеха и отвала. С учетом этого работой зоны крыла отвала можно пренебречь.

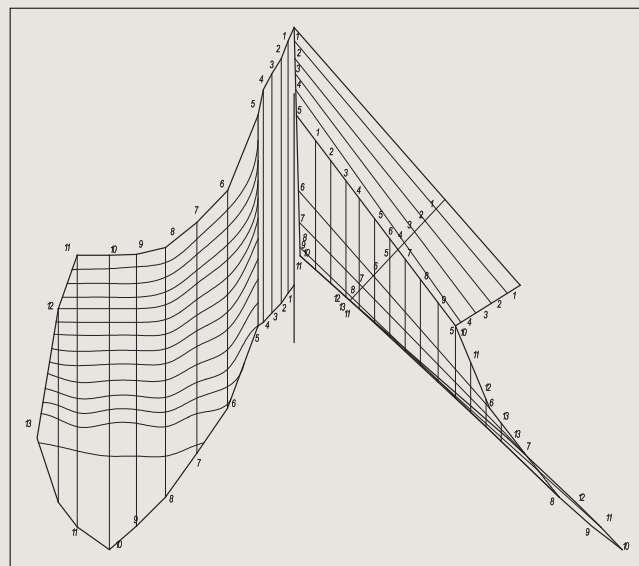


Рис. Горизонтальная и продольно-вертикальная проекция цилиндрической лемешно-отвальной поверхности

В таблице представлены значения a_1, b_1 и x_0 кривых секущих плоскостей продольно-вертикаль-

ЗНАЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КРИВЫХ СЕКУЩИХ ПЛОСКОСТЕЙ										
Показатели	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a_1	-0,004	-0,004	-0,004	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,002	-0,002
b_1	1,84	1,75	1,88	1,58	1,46	1,38	1,31	1,26	1,12	1,02
x_0	0,30	0,31	0,32	0,32	0,33	0,33	0,33	0,33	0,34	0,34

поверхности отвала к стенке борозды, рад.

Для определения сопротивления на отбрасывание пласта используем следующие значения: $a = 0,20$ м, $b = 0,35$ м, $v = 1,98$ м/с, $\rho = 1554$ кг/м³, $\gamma_{cp} = 48,5^\circ$.

ной плоскости лемешно-отвальной поверхности.

Почвенный пласт, который уже частично разрушился после прохождения лемеха, на отвале испытывает сложные виды нагружения.

С учетом этого величину нормального давления целесообразно представить коэффициентом деформации.

Условия проведения испытаний следующие: гранулометрический состав – суглинок [8], фон – стерня зерновых, абсолютная влажность почвы – 20,73%, твердость – 3,3 МПа, скорость движения пахотного агрегата – 7,14 км/ч. При этих условиях величина коэффициента деформации составила 45190 Н [9]. С учетом полученного расчетного значения коэффициента сопротивления деформации обрабатываемая суглинистая почва относится к категории «средних» по трудности обработки.

Составляющая сопротивления на отбрасывание пласта равна:

$$R_{отб} = a \cdot b \cdot v^2 \cdot \rho \cdot \sin\left(\frac{\gamma_{cp}}{2}\right) \cdot \cos \gamma_{cp},$$

где a – глубина вспашки, м;

b – ширина захвата плужного корпуса, м;

v – скорость пахотного агрегата, м/с;

ρ – плотность почвы, кг/м³;

γ_{cp} – среднее значение угла наклона образующих

При абсолютной влажности суглинистой почвы 20,73% составляющая тягового усилия поверхности отвала равна $R_{пов} = 920$ Н; составляющая тягового усилия на отбрасывание пласта $R_{отб} = 115$ Н; горизонтальная составляющая тягового усилия отвала плужного корпуса $R_x = 1035$ Н.

Выводы

1. Разработана методика определения горизонтальной составляющей тягового сопротивления отвала плужного корпуса, учитывающая особенности его пространственной конфигурации с помощью кривых крошения продольно-вертикальной проекции.

2. Почва как объект обработки описывается коэффициентом деформации и углом внешнего трения почвы, которые зависят от величины абсолютной влажности почвы.

3. При абсолютной влажности суглинистой почвы около 21%, глубине вспашки 0,20 м тяговое сопротивление отвала плужного корпуса шириной захвата 0,35 м составит 1035 Н.

Таким образом, экспериментальные данные по величине нормального давления на поверхности отвала позволят в полной мере учитывать его пространственную конфигурацию при определении горизонтальной составляющей сопротивления на отбрасывание почвы.

Литература

1. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Сизов О.А. Перспективные пути применения энерго- и экологически эффективных машинных технологий и технических средств // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2013. – № 4. – С. 8-12.
2. Лобачевский Я.П. Современные почвообрабатывающие технологии. – М.: МГАУ им. В.П. Горячкина, 1999. – 39 с.
3. Лобачевский Я.П. Новые почвообрабатывающие технологии и технические средства // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. – 2000. – № 8. – С. 30-32.
4. Лобачевский Я.П., Панов А.И., Панов И.М. Перспективные направления совершенствования конструкций лемешно-отвальных плугов // *Тракторы и сельхозмашины*. – 2000. – № 5. – С. 12-18.
5. Старовойтов С.И. Исследование процесса и разработка чизельного культиватора для работы

в плодово-ягодных насаждениях: Дисс. канд. техн. наук. – М.: ВТИИСП, 1994. – С. 82.

6. Старовойтов С.И., Комогорцев В.Ф., Старовойтов С.И. Обоснование передней поверхности рабочего органа чизельного культиватора // *Достижения науки и передовой опыт в производстве и учебно-воспитательный процесс*: Матер. X межвуз. науч.-практ. конф. – Брянск: Брянская ГСХА, 1997. – С. 37.

7. Пат. 78626 РФ. Рабочий орган почвообрабатывающей машины // Ларионов М.А., Педай Н.П., Поляков А.Г., Игошин Н.Н., Сизов О.А., Лобачевский Я.П., Заикин В.А. // Бюл. 2008. № 34.

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

9. Старовойтов С.И., Старовойтова Н.П., Чемисов Н.Н. Коэффициент сопротивления дефор-

мации // Актуальные вопросы эксплуатации современных систем энергообеспечения и природо-

пользования. Матер. IX междунар. науч.-техн. конф. – Брянск: Брянский ГАУ, 2015. – С. 249.

ANALYSIS OF TRACTIVE RESISTANCE OF GENERAL PLOW BODY ELEMENTS

Ya.P. Lobachevskiy¹, V.F. Komogortsev², S.I. Starovoytov², K.A. Khramovskikh²

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

²Bryansk State Agrarian University, Sovetskaya St., 2a, vil. Kokino, Vygonichi district, Bryansk region, 142660, Russian Federation, e-mail: starovoytov.si@mail.ru.

One of the directions of decrease in power consumption of soil cultivation is change of a form and parameters of elements of a plow body like a plough share and a moldboard. Known mathematical expressions for determination of traction resistance of plows do not allow to consider various degree of loading of different parts of moldboard. The offered technique of definition of a horizontal component of traction resistance of a moldboard considers this difference in loading of a plow body surface. The component of surface resistance was determined due to summation of resistances of elementary horizontal components of a moldboard, with use of crumbling curves of a longitudinally vertical projection of the plow body. These curves are formed owing to horizontal transfer of points of intersection of secants of cutting planes parallel to a furrow wall. If the deformer is completely digged in the soil, but there is no its turn and movement, then an expression for determination of work intensity of the active working element at penetration to the soil allows to calculate traction effort of an elementary horizontal component of moldboard resistance. The received expression can be used at approximation of curves of a longitudinally vertical projection of the plow body where the breast and median part of a moldboard are most loaded. Degree of loading of an elementary horizontal component of a moldboard is formed by the normal tension value which is comparable to deformation coefficient. The resistance component for soil layer ejecting considers the plowing depth, furrow width, speed of the plowing unit, density of the deformable soil, average value of a tilt angle of generators of a moldboard surface to a furrow wall. If moisture content in loamy soil is about 21 percent, plowing depth equals 0.20 m then the traction resistance of a 0.35 m wide moldboard will amount 1035 N.

Keywords: Soil resistance; Moldboard; Plow body; Soil layer; Deformation coefficient.

References

1. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Sizov O.A. *Perspektivnye puti primeneniya energo- i ekologicheskikh effektivnykh mashinnykh tekhnologiy i tekhnicheskikh sredstv* [Long-term ways of use of energy and environmentally efficient machine technologies and techniques], *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2013. No. 4. pp. 8-11 (Russian).

2. Lobachevskiy Ya.P. *Sovremennye pochvoobrabatyvayushchie tekhnologii* [Modern soil-cultivating technologies]. Moscow: MGAU, 1999. 39 pp. (Russian).

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

4. Lobachevskiy Ya.P., Panov A.I., Panov I.M. *Perspektivnye napravleniya sovershenstvovaniya konstruktivnykh lemeshno-otval'nykh plugov* [Perspective directions of improvement of moldboard share ploughs design]. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2000. No. 5. pp. 12-18 (Russian).

5. Starovoytov S.I. *Issledovanie protsessa i razrabotka chizel'nogo kul'tivatora dlya raboty v plodovo-yagodnykh nasazhdeniyakh* [Research of process and development of chisel cultivator for

operation in fruit and berry plantations]: Diss. kand. tekhn. nauk. Moscow: VTISP, 1994. pp. 82 (Russian).

6. Starovoytov S.I., Komogortsev V.F., Starovoytov S.I. *Obosnovanie peredney poverkhnosti rabocheho organa chizel'nogo kul'tivatora* [Justification of a forward surface of working element of chisel cultivator]. *Dostizheniya nauki i peredovoy opyt v proizvodstvo i uchebno-vospitatel'nyy protsess*: Mater. X mezhvuz. nauch.-prakt. konf. Bryansk: Bryanskaya GSKhA, 1997. pp. 37 (Russian).

7. Patent 78626 RF. *Rabochiy organ pochvoobrabatyvayushchey mashiny* [Working tool of soil-cultivating machine]. Larionov M.A., Peday N.P., Polyakov A.G., Igoshin N.N., Sizov O.A., Lobachevskiy Ya.P., Zaikin V.A. Byul. 2008. No 34 (Russian).

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

9. Starovoytov S.I., Starovoytova N.P., Chemisov N.N. *Koeffitsient soprotivleniya deformatsii* [Deformation resistance coefficient]. *Aktual'nye voprosy ekspluatatsii sovremennykh sistem energoobespecheniya i prirodopol'zovaniya*. Mater. IX mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Bryansk: Bryanskiy GAU, 2015. pp. 249 (Russian).

УДК 631.35:633(574.54)

НИЗКОЧАСТОТНОЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ОБЛУЧЕНИЕ ЗЕРНА В ЗЕРНОУБОРОЧНОМ КОМБАЙНЕ

ЖАЛНИН Э.В.¹,
докт. техн. наук,
профессор,

ШИБРЯЕВА Л.С.^{1,2},
докт. хим. наук,
профессор,

САДЫКОВ Ж.С.³,
докт. техн. наук,
профессор

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

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

³Казахский национальный аграрный университет, пр. Абая, 8, г. Алматы, 050010, Республика Казахстан, e-mail: info@kaznau.kz

Обработка семян культурных растений низкочастотным электромагнитным полем способствует получению высоких и устойчивых урожаев. Установили, что после такой обработки в лабораторных условиях прирост урожайности растений может составить 15-40 процентов. Проведены исследования по изучению воздействия магнитного поля на семенной материал в полевых условиях. С этой целью разработали технологическую конструкцию, обеспечивающую обработку семян в зерноуборочном комбайне «Енисей-1200 НМ». В конструкции транспортирующих рабочих органов от молотильного аппарата до зернового бункера были вмонтированы 3 модуля источника низкочастотных электромагнитных колебаний для воздействия ими на порцию перемещающегося свежееобмолоченного зерна. Условия омагничивания семян варьировали. Провели исследование влияния режимов обработки зерна в процессе обмолота яровой пшеницы в зерноуборочном комбайне на эффективность стимуляции. Сравнительный лабораторный анализ качества зерна, омагниченого непосредственно в комбайне, а также через 3 месяца после обмолота показал, что предложенная новая технология позволяет повысить его посевные характеристики. Установили, что электромагнитное облучение зернового вороха в зерноуборочном комбайне повышает всхожесть семян на 6-20 процентов, энергию прорастания семян – приблизительно на 30 процентов, увеличивает массу растительной части, а также качественнее очищает семена от шелухи, что способствует лучшему его хранению. Выяснили, что всхожесть и энергия прорастания семян определяются режимом омагничивания. Наиболее явно выраженный эффект омагничивания зерна наблюдается при продолжительности облучения более 9 минут. Это означает, что более эффективно облучать зерно, собранное в бункер комбайна. Выявили оптимальные параметры электромагнитного облучения: частота – 16 Гц, величина магнитной индукции – 6 мТл. Предложили распространить полевую технологию стимуляции семян низкочастотным магнитным полем с целью увеличения их всхожести и повышения урожайности растений на разные виды зерновых культур и расширить применение конструкции электромагнитного модуля для любой модификации и типоразмера современных видов зерно- и рисоуборочных машин.

Ключевые слова: магнитная стимуляция семян, низкочастотное электромагнитное поле, обмолот зерна, обработка магнитным полем, магнитотерапевтический аппарат АЛМАГ-02.

Получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур – актуальная задача агропромышленного комплекса страны. Достижению наибольшего урожая растений способствует не только потенциальная продуктивность сорта, качество семенного материала и условия его выращивания в полевых условиях, но

и применение различных методов стимуляции генетических возможностей зерна (семян) [1].

В последние годы отмечен положительный эффект при использовании плазменно-пучковых, микро- и радиоволновых методов стимуляции различных растительных объектов. Установлена также высокая чувствительность биологических си-

стем к воздействию электромагнитных полей (ЭМП) слабой интенсивности низкочастотного диапазона. Увеличение интенсивности роста и развития высших растений достигало 40% и более по отношению к контрольным необработанным образцам [2-7]. Этот факт послужил предпосылкой для создания новой технологии стимулирующей обработки электромагнитным полем зерна в полевых условиях [8, 9]. Такая технология включает способ обмолота сельскохозяйственных культур, совмещенный с магнитной обработкой свежесобранного зерна. При этом предполагается, что изобретенный метод омагничивания семян пшеницы в процессе обмолота в поле при уборке может быть использован в сельском хозяйстве для разных видов сельскохозяйственных культур.

Технология стимуляции роста и развития семян пшеницы в полевых условиях с применением низкочастотного источника электромагнитного воздействия на продукты обмолота непосредственно в зерноуборочном комбайне позволяет решить комплекс проблем. Она высокоэффективна и может повысить не только всхожесть семян, но и стойкость зерна к хранению, причем без существенных материальных и энергетических затрат и загрязнения окружающей среды.

Цель работы – создание опытного образца устройства для электромагнитного стимулирования продуктов обмолота в комбайне, а также исследование влияния магнитного поля на свежесобранное зерно пшеницы непосредственно в зерноуборочном комбайне в зависимости от режимов облучения.

Материалы и методы. Полевые испытания проведены в сезон уборки урожая 2015 г. на полях ТОО «Уланская МТС» (п. Айыртау в Уланском районе Восточно-Казахстанской области). Использован зерноуборочный комбайн «Енисей-1200 НМ», оборудованный магнитотерапевтическим аппаратом «АЛМАГ-02» (рис. 1, 2). Аппарат обеспечивает формирование непрерывных и импульсных магнитных полей (бегущих, неподвижных), различающихся по конфигурации, интенсивности, направлению и скорости перемещения потока магнитной индукции в пространстве. Аппарат обладает простым пользовательским интерфейсом. Его можно эксплуатировать при температуре окружающего воздуха от +10°C до +35°C и относительной влажности воздуха до 80% (при +25°C).

Аппарат состоит из блока питания и управления и излучателей трех типов. Поверхность основного излучателя состоит из 4 гибких пластин – линеек по 4 индуктора в каждой. Излучатель в виде отдельной гибкой излучающей пластины содержит 6 индукторов; локальный излучатель – 2 индуктора.

Конструктивное исполнение излучателей в ви-



Рис. 1. Магнитотерапевтический аппарат «АЛМАГ-02», установленный в кабине зерноуборочного комбайна «Енисей-1200 НМ»



Рис. 2. Пакет излучателей аппарата «АЛМАГ-02» в развернутом положении

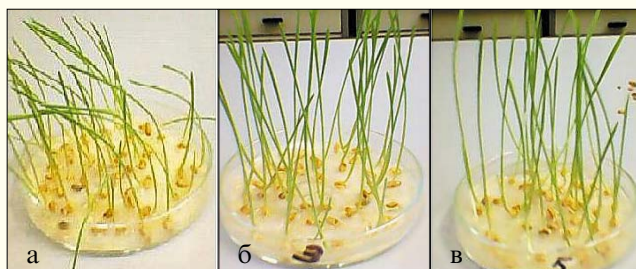


Рис. 3. Образцы проростков семян в чашках Петри: а – контрольный образец без омагничивания; б – зерно обработано в статике по программе № 23, время омагничивания 9 мин; в – то же, время омагничивания 20 мин

де гибкой излучающей поверхности и гибкой излучающей пластины позволяет обернуть их вокруг рабочего органа, транспортирующего зерновую массу, или развернуть при воздействии на неподвижный слой зерноматериала. Локальный излучатель в виде «шайбы» обеспечивает узконаправленное воздействие. Импульсное магнитное поле, формируемое локальным излучателем, имеет большую глубину проникновения, чем поле, формируемое пластинчатыми излучателями (рис. 2).

Результаты и обсуждение. В задачи исследования входило определение влияния электромагнитного поля в полевых условиях на всхожесть, рост и развитие зернового материала, собираемого в бункере комбайна в ходе обмолота. Обработка зерна яровой пшеницы Омская 18 магнитным полем была проведена с использованием трех программ: № 7, № 22 (магнитная индукция $B = 6 \text{ мТс}$, частота $f = 3 \text{ Гц}$) и № 23 ($B = 6 \text{ мТс}$, $f = 16 \text{ Гц}$). При этом изменяли режимы: в движущемся потоке зерна, в бункере в условиях неподвижной зерновой массы, а также при варьировании времени воздействия магнитного поля (табл. 1).

Пробы «в потоке» отбирали из-под верхней части норрии, подающей зерно от зернового шнека в бункер. Пробы «в статике» брали из облученного бункерного зернового вороха, насыпанного тонким

Таблица 1

МАТРИЦА ОПЫТОВ (ОМАГНИЧИВАНИЕ НА АППАРАТЕ АЛМАГ-02)

Номер пробы зерна	Номер программы	Состояние зерна во время отбора проб	Продолжительность облучения, мин
1	-	в потоке	0
2	7	в потоке	2-3
3	22	в потоке	2-3
4	23	в потоке	2-3
5	22	в статике	3
6	22	в статике	6
7	22	в статике	9
8	23	в статике	3
9	23	в статике	6
10	23	в статике	9
11	23	в статике	20

слоем на неподвижную поверхность. Пластинки излучателя укладывали на этот неподвижный слой зерна и обрабатывали его ЭМП. Параметры семян, используемых в эксперименте, необработанных (проба 1) и после их обработки магнитным полем в соответствии с режимами, приведенными в *таблице 1*, представлены в *таблице 2*. Как видим, магнитное поле не оказывает существенного влияния на размеры зерен, массу одного зерна и 1000 семян.

Таблица 2

ПАРАМЕТРЫ ЗЕРНОВОГО МАТЕРИАЛА ПОСЛЕ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ

Номер пробы зерна	Размер зерен, мм	Масса одного зерна, мг	Масса 1000 зерен, г	Загрязненность, %
1	(6,6±0,5)×(2,5±0,5)	30,0±5,0	31,7±9,0	13,0±5,0
2	(6,5±0,5)×(2,3±0,5)	33,1±5,0	29,7±8,0	9,0±7,0
7	(7,0±0,5)×(2,7±0,5)	32,5±5,0	31,5±6,0	5,0±3,0
10	(6,5±0,5)×(2,4±0,5)	28,8±8,0	30,1±8,0	3,0±2,0
11	(6,5±0,5)×(2,4±0,4)	28,75±7,1	26,8±8,0	3,0±2,5

Однако заметно уменьшается загрязненность семян, то есть явно видно, что обработка магнитным полем очищает семена от шелухи. Таким образом, вероятность семенной инфекции уменьшается, и зерно будет храниться лучше. Причем при облучении в статическом режиме воздействие ЭМП на семена значительно больше, чем в потоке. Наибольшее влияние оказывает обработка в условиях более длительного воздействия по программе № 23 с частотой 16 Гц.

Всхожесть и энергию прорастания неомагнитных и омагнитных зерен определяли путем их проращивания в чашках Петри (*рис. 3*). Семена по 50 или 100 штук укладывали на фильтровальную бумагу, предварительно замоченную в дистиллированной воде при температуре 20-22°C. Ежедневно в течение 7 суток определяли количество проросших семян. За базовую всхожесть семян принимали количество всходов, проросших после 7 су-

Таблица 3

ВСХОЖЕСТЬ И ЭНЕРГИЯ ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН*

Номер пробы зерна	Всхожесть семян, %	Индекс всхожести
1	70,0	0,57
2	75,9	0,63
3	78,0	0,63
4	68,0	0,63
5	78,0	0,67
6	76,0	0,67
7	68,0	0,67
8	60,0	0,59
9	90,0	0,59
10	82,0	0,72
11	86,0	0,74

*Приведены среднестатистические данные, полученные из трех серий опытов для 50 семян

ток, выраженное в процентах по отношению к общему количеству высеванных семян (*табл. 3*).

Наряду со всхожестью рассчитывали индекс прорастания GI , который указывает на жизнеспособность зародышей, выросших из семян, и проросших до стабильных ростков длиной более 10 мм.

Этот параметр определяли по формуле [10]:

$$GI = (7n_1 + 6n_2 + 5n_3 + 4n_4 + 3n_5 + 2n_6 + 1n_7) / m \cdot n_i,$$

где $n_1, n_2, n_3, n_4, n_5, n_6, n_7$ – количество ростков, появившихся из семян с 1-го по 7-й день, и прорастающих в течение 7-ми, 6-ти, 5-ти, 4-х, 3-х, 2-х и 1-х суток соответственно, m – общее количество дней проращивания семян,

n_i – общее количество посеянных семян.

Как видно из *таблицы 3*, всхожесть семян свежеемолоченной пшеницы зависит от условий обработки магнитным полем. Лучшие показатели получены при омагничивании семян в статическом режиме; всхожесть увеличивается с ростом времени обработки, достигая максимума при частоте 16 Гц (программа 23).

Как видно из *рисунка 3*, у семян, обработанных магнитным полем, длиннее ростки и лучше их стойкость к полеганию, по сравнению с контрольными,

Таблица 4

ПАРАМЕТРЫ РАСТЕНИЙ, ВЫРОСШИХ В ЧАШКАХ ПЕТРИ

Номер пробы зерна	Вес растения, мг	Длина ростка, см	Вес ростка, мг	Длина корешка, см	Вес корешка, мг	Количество зерен, покрытых плесенью, шт.
1*	59,8-97,3	14,0-16,5	40,3-65,0	6,0-9,5	19,5-32,0	14-16
2	50,2-80,5	9,0-17,5	28,2-41,6	3,5-6,5	19,0	12-16
3	53,3-70,5	10,5-11,0	30,0-42,8	6,0-8,0	20,7-27,5	10-14
4	55,3-80,5	12,5-13,0	29,0-43,5	7,0-9,0	21,0-36,0	6-12
5	56,5-106,6	13,5-17,5	43,6-64,9	6,5-9,0	13,0-32,0	4-8
6	54,0-97,5	15,0-16,0	32,0-50,9	8,0-9,5	25-40	6-8
7	63,0-107,5	13,0-19,0	34,0-65,5	10,0-10,5	30,0-41,0	8-9
8	85,0-97,3	14,0-16,0	53,0-60,0	9,0-12,0	32,0-37,0	4-7
9	72,3-90,6	16,0-22,0	58,1-65,0	6,0-8,5	12,4-25,1	4-6
10	92,3-100,8	15,0-15,5	72,6-75,9	5,0-10,0	19,1-23,3	2-8
11	75,2-104,6	13,0-15,5	52,8-65,5	6,0-9,0	21,6-38,2	3-4

* – контрольный опыт. Приведенные данные получены для 100 семян

не подвергнутыми обработке. Важно отметить, что среди проросшей массы семян на отдельных зернах появилась плесень. Причем этом количество семян, покрытых плесенью, у омагниченных образцов заметно меньше, чем у контрольных образцов. У образцов, обработанных в режиме программ № 22 и № 23, особенно при более длительном времени омагничивания, количество семян, покрытых плесенью, резко снижается.

Через 10 суток после определения всхожести были измерены параметры проростков семян (табл. 4). В образцах зерен, обработанных магнитным полем в стационарных условиях, четко веден рост массы растения, его проростков и корней с увеличением продолжительности обработки. В том же ряду улучшается чистота прорастающих семян, снижается количество зерен, покрытых плесенью.

Литература

1. Лачуга А.М., Измайлов А.Ю., Зюлин А.Н. Разработка и внедрение высокоэффективных, ресурсо- и энергосберегающих технологий и технических средств послеуборочной обработки зерна и подготовки семян // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2009. – № 1. – С. 2-9.
2. Шибряева Л.С., Садыков Ж.С., Есполов Т.И., Жалнин Э.В., Садыкова С.Ж. Влияние воздействия разных видов излучений на зерновой материал. – Алматы: Москва, 2015. – 118 с.
3. Кузьмин Н.А., Бордукова В.А. Влияние обработки семян физическими полями на урожайность различных сортов яровой пшеницы // *Лазерное облучение и обработка магнитным полем:*

Выводы

1. Электромагнитное облучение зернового вороха в зерноуборочном комбайне повышает всхожесть семян на 6-20%, энергию прорастания семян – приблизительно на 30%, снижая загрязненность, что способствует лучшему хранению зерна.

2. Электромагнитное облучение в пределах 10-20 мин оказывает наибольшее влияние на семенные качества зерна, то есть достаточно облучать зерно, собираемое в бункере комбайна.

3. Влияние электромагнитного облучения на геометрические параметры зерна, его форму и массу 1000 зерен не-

значительно. При этом наблюдается увеличение массы растений, выросших из омагниченных семян.

4. При облучении зерна с применением аппарата «АЛМАГ-02» оптимальный режим соответствует программе № 23 с параметрами: магнитная индукция $B = 6$ мТс, частота – 16 Гц.

5. Целесообразно продолжить полевые исследования по изучению влияния облучения на зерно с применением зерноуборочных комбайнов других моделей на уборке разных сортов и типов сельскохозяйственных культур.

6. В ходе модернизации магнитотерапевтического аппарата «АЛМАГ-02» можно сделать его более портативным, удобным для применения на любых моделях комбайнов, коммерчески привлекательным и поставляемым заказчику в виде опции.

Сб. науч. тр. аспирантов, соискателей и сотрудников Ряз. гос. с.-х. акад. им. проф. П.А. Костычева. – Рязань, 1998. – С. 16-17.

4. Левин В.А., Фирсов В.Ф., Чекмарев В.В., Верченков А.В. Электромагнитная обработка семян – влияние времени экспозиции на урожайность озимой пшеницы и ярового ячменя // *Вопросы современной науки и практики: Сб. Университет им. В.И. Вернадского*. – 2006. – № 3 (5) – С. 16-20.

5. Патент № 96117660 РФ. Способ предпосевной обработки материала и устройство для его осуществления / Морозов Н.Ф., Морозов Н.Н., Четвериков А.Г. – Бюл. 1997. № 5.

6. Морозов О.А., Каргин А.Н., Морозов А.О. и др. Микроволновая установка большой произво-

дительности для обработки злаковых культур // *Альтернативная энергетика и экология*. – 2013. – № 3. – Ч. 1. – С. 178-183.

7. Шибряева Л.С., Тертышина Ю.В., Подзорова М.В. Влияние низкочастотного электромагнитного излучения на процессы роста и развития зерновых культур // *V Съезд биофизиков России 4-10 октября 2015 г.: Сб. докл.* – Ростов-н/Д. 2015. – С. 47.

8. Патент № 25203 Респ. Казахстан. Садыков Ж., Есполов Т., Жалнин Э. и др. / Зерноуборочный комбайн. – Бюл. 2011, № 12.

9. Патент № 25204 Респ. Казахстан. Садыков Ж., Есполов Т., Жалнин Э. и др. / Способ обмолота сельскохозяйственных культур. – Бюл. 2013, № 13.

10. Метод определения всхожести. Введен 01.07.86. – М.: Стандартиформ. – 2011. – 30 с.

LOW-FREQUENCY ELECTROMAGNETIC IRRADIATION TREATMENT OF GRAIN IN HARVESTER

E.V. Zhalnin¹, L.S. Shibryaeva^{1,2}, Zh.S. Sadykov³

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

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

³Kazakh national agrarian University, Abai Ave, 8, Almaty, 050010, Republic of Kazakhstan

Treatment of crop seeds by low-frequency electromagnetic field contributes to obtaining high and stable yields. After this treatment in a laboratory environment crop production can increase from 15 to 40 percent. To research an effect of magnetic field on a seed material in the field we developed technological design for a seeds treatment in a combine harvester «Enisey-1200 NM». Three modules of low frequency electromagnetic waves source were mounted in the design of transporting working elements from the threshing apparatus to the grain tank for the impact they have on the moving of freshly threshed grain portion. Conditions of magnetization of seeds were varied. Influence of modes of grain treatment at threshing of spring wheat in a harvester on the effectiveness of the stimulation were researched. A comparative laboratory analysis of quality of grain, magnetic directly in the harvester, and 3 months after thrashing showed that the new technology allows to increase sowing qualities of grain. Electromagnetic irradiation of grain in a harvester increases the germination of seeds from 6 to 20 percent, germination energy about 30 percent, also raises the weight of the plant parts and more qualitatively clears seeds of a peel that promotes best storage. Regime of magnetization determines a germination ability and readiness of seeds. The most pronounced effect of the grain magnetization is observed under irradiation becomes apparent for more than 9 minutes. Irradiation of grain placed in the hopper of the combine is more effective. The optimum parameters of electromagnetic radiation is a frequency equalled to 16 Hz, the value of magnetic induction of 6 mT. We proposed to extend the technology field stimulation of seeds with low-frequency magnetic field in order to increase germination and yield of different crops. An application of the proposed design of the electromagnetic module for any model and size of modern types of grain and rice harvesters can be extended.

Keywords: Magnetic stimulation of seeds; Low frequency electromagnetic field; Grain threshing; Treatment by magnetic field; Magnetotherapy apparatus ALMAG-02.

References

1. Lachuga A.M., Izmaylov A.Yu., Zyulin A.N. *Razrabotka i vnedrenie vysokoeffektivnykh, resurso- i energosberegayushchikh tekhnologiy i tekhnicheskikh sredstv posleuborochnoy obrabotki zerna i podgotovki semyan [Development and deployment of highly effective, resource-energy saving technologies and techniques for postharvest grain processing and seeds preparation]. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2009. No. 1, pp. 2-9 (Russian).

2. Shibryaeva L.S., Sadykov Zh.S., Espolov T.I., Zhalnin E.V., Sadykova S.Zh. *Vliyanie vozdeystviya raznykh vidov izlucheniya na zernovoy material [Effect*

of different types of radiation on the grain material]. Almaty: Moskva, 2015. 118 pp. (Russian).

3. Kuz'min N.A., Bordukova V.A. *Vliyanie obrabotki semyan fizicheskimi pol'yami na urozhaynost' razlichnykh sortov yarovoy pshenitsy [Influence of seed treatment by physical fields on the yield of different varieties of spring wheat]. Lazernoe obluchenie i obrabotka magnitnym polem: Sb. nauch. tr. aspirantov, soiskateley i sotrudnikov Ryaz. gos. s.-kh. akad. im. prof. P.A. Kostycheva. Ryazan', 1998. pp. 16-17 (Russian).*

4. Levin V.A., Firsov V.F., Chekmarev V.V., Verchenov A.V. *Elektromagnitnaya obrabotka semyan*

– vliyanie vremeni ekspozitsii na urozhaynost' ozimoy pshenitsy i yarovogo yachmenya [Electromagnetic treatment of seeds – effect of exposure time on the yield of winter wheat and spring barley]. *Voprosy sovremennoy nauki i praktiki: Sb. Universitet im. V.I. Vernadskogo*. 2006. No. 3 (5) pp. 16-20 (Russian).

5. Patent № 96117660 RF. *Sposob predposevnoy obrabotki materiala i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya* [Method of pre-sowing treatment of material and device for its implementation]. Morozov N.F., Morozov N.N., Chetverikov A.G. *Byul.* 1997. No. 5 (Russian).

6. Morozov O.A., Kargin A.N., Morozov A.O. i dr. *Mikrovolnovaya ustanovka bol'shoy proizvoditel'nosti dlya obrabotki zlakovykh kul'tur* [High capacity microwave unit for grain crops treatment]. *Al'ternativnaya energetika i ekologiya*. 2013. No. 3. Ch. 1. pp. 178-183 (Russian).

7. Shibryaeva L.S., Tertyshnaya Yu.V., Podzorova M.V. *Vliyanie nizkочастотного электромагнитного излучения na protsessy rosta i razvitiya zernovykh kul'tur* [Low frequency electromagnetic radiation influence on processes of growth and development of crops]. *V S"ezd biofizikov Rossii 4-10 oktyabrya 2015 g.: Sb. dokl. Rostov-n/D*. 2015. pp. 47 (Russian).

8. Patent № 25203 Resp. Kazakhstan. Sadykov Zh., Espolov T., Zhalnin E., et al. *Zernouborochnyy kombayn* [Grain harvester]. *Byul.* 2011, No. 12 (Russian).

9. Patent № 25204 Resp. Kazakhstan. Sadykov Zh., Espolov T., Zhalnin E., et al. *Sposob obmolota sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Method of crops threshing]. *Byul.* 2013, No. 13 (Russian).

10. *Metod opredeleniya vskhozhesti* [Method for determination of germination]. *Vveden 01.07.86. Moscow: Standartinform*. 2011. 30 pp. (Russian)

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

в аспирантуру на бюджетные и платные места

на 2016-2017 учебный год

Лицензия №1376 от 10.04.2016

Государственная аккредитация

(приказ Рособнадзора № 63 от 21 января 2016 года)

По направлению подготовки 35.06.04

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

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

Профиль: технологии и средства механизации сельского хозяйства.

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

Телефон для справок: 8 (499) 709-33-68.

УДК 631.3:631.8

АВТОЖИР ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ЖИДКИХ СРЕДСТВ ХИМИЗАЦИИ И ОБОСНОВАНИЕ ЕГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

ГОДЖАЕВ З.А.¹,
докт. техн. наук,

МАРЧЕНКО Л.А.²,
канд. техн. наук,

СТЕПАНОВ Б.Е.¹,
науч. сотр.,

КОЗЛОВА А.И.¹,
науч. сотр.

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

²Клинский филиал Всероссийского научно-исследовательского института механизации сельского хозяйства, ул. Майданова, 85, г. Клин, Московская обл., 141603, Российская Федерация

Авиационный способ обработки сельскохозяйственных и лесных угодий имеет преимущества перед наземным по производительности, возможности обрабатывать поле с увлажненной почвой, отсутствию механических повреждений растений. Обоснована целесообразность применения легкого летательного аппарата для авиационно-химических работ. Отметили, что автожир – перспективный легкий винтокрылый летательный аппарат для внесения жидких средств химизации. Он сочетает в себе свойства самолета и вертолета. Разработали автожир с модульной конструкцией устройства, обеспечивающего автоматизированное внесение жидких средств химизации с рабочей скоростью полета 70-100 км/ч, шириной распределения 8 м, высотой обработки 1,0-1,5 м, нормой внесения 10-20 л/га. Установлены параметры эффективности применения автожира: продолжительность одного полета-цикла в зависимости от длины гона и расстояния подлета к обрабатываемому участку поля; полезную грузоподъемность и норму внесения. Определили, что площадь поля, обрабатываемого автожиром, возрастает с уменьшением нормы внесения, рациональные значения которой составляют 10-20 л/га. С увеличением полезной грузоподъемности со 100 до 350 кг производительность автожира в летный час возрастает в 3 раза и более. Однако грузоподъемность ограничивается мощностью силовой установки автожира. Установили, что наименьшее время полета автожира 14-46 мин и наибольшая производительность обработки сельскохозяйственных культур 37-43 га/ч обеспечиваются при рациональных значениях длины гона участков поля 1,0-2,6 км в пределах расстояния подлета к полю 0,6-1,5 км. Так, для автожиров с мощностью двигателя силовой установки 150, 200 и 300 л.с. полезная грузоподъемность обычно составляет 120, 200 и 350 л соответственно.

Ключевые слова: автожир, внесение средств химизации, грузоподъемность, эффективность.

Применение авиации для внесения жидких средств химизации (ЖСХ) стало перспективным направлением механизации сельскохозяйственного производства. Авиационно-химические работы все более востребованы сельхозпредприятиями всех форм собственности.

Авиационный способ обработки сельскохозяйственных и лесных угодий при прочих равных ус-

ловиях имеет определенные преимущества по сравнению с наземными способами: производительность летательных аппаратов (ЛА) в несколько раз выше, чем опрыскивателей; возможность обработки больших площадей агроценозов в минимально сжатые агротехнические сроки, в том числе полей, имеющих сильно увлажненную почву; отсутствие технологической колеи исключает механические повреж-

дения растений и вредные воздействия на почву ходовых систем. При этом стоимость аренды и использования ЛА практически сравнялась со стоимостью опрыскивателей, особенно самоходных [1-4].

Основу парка сельскохозяйственных самолетов и вертолетов в России составляют устаревшие конструкции, серийное производство которых прекращено: самолет АН-2, вертолеты МИ-2 и КА-26, оборудованные спецаппаратурой. В то же время сертифицированных «Авиатика-МАИ-890СХ», АН-3Т и несертифицированных самолетов нового типа СУ-38Л и ИЛ-103 недостаточно, так же как и запущенных в производство вертолетов Ка-226 и «Ансат».

В последние годы для авиационного внесения пестицидов в России, Беларуси, Украине, Казахстане и странах Западной Европы стали применять сверхлегкие и легкие летательные аппараты: легкие самолеты и вертолеты, мотодельтапланы, автожиры с возможностью обработки посевов с высоты полета над полем – 1-3 м при норме расхода рабочего раствора 5-15 л/га. При соответствующей сертификации каждого воздушного судна в целях использования его для авиационно-химических работ в соответствии с воздушным кодексом РФ применение малой авиации в сельском хозяйстве оправдано и эффективно [5, 6].

Одним из перспективных легких винтокрылых летательных аппаратов для внесения ЖСХ считается автожир тянущей или толкающей схемы, сочетающий в себе свойства самолета и вертолета. Автожиры можно задействовать в условиях безаэродромного базирования, когда использование самолетов невозможно из-за отсутствия подготовленной взлетно-посадочной полосы, а применение вертолетов нерентабельно.

Цель исследования – разработка автожира для внесения жидких средств химизации и обоснование его технологических параметров.

Материалы и методы. Технологический процесс авиационно-химических работ, выполняемых летательными аппаратами, состоит из циклически чередующихся технологических операций: загрузки бака пестицидами или удобрениями; запуска двигателя; выруливания на старт; взлета; перелета от аэродрома до обрабатываемого участка поля и подлета к участку; полета над сельскохозяйственным полем с внесением ЖСХ и разворота на очередной гон; перелета от обрабатываемого участка до аэродромной площадки; посадки; подруливания для загрузки бака и далее следующего цикла обработки поля [7].

Обработка полей автожиром, как и вертолетом, отличается от цикла работы самолета сокращением времени на взлет и посадку или отсутствием этих

элементов при «вертолетном» взлете вертолета и «прыжковом» – автожира, их точечной посадкой.

Расчет производительности ЛА в летный час осуществляется в соответствии с указаниями по технологии авиационно-химических работ [8]:

$$W = 60 \cdot G / (H \cdot T_{\text{п}}), \quad (1)$$

где W – производительность ЛА в летный час на внесении жидких средств химизации, га/ч;

G – разовая загрузка емкости летательного аппарата, кг(л);

H – норма расхода рабочего раствора средства химизации, кг/га (л/га);

$T_{\text{п}}$ – продолжительность полета – летное время, затрачиваемое ЛА на один производственный полет, мин.

На основании формулы (1) проводят оценку производительности полета при заданных значениях емкости бака для ЖСХ, их норм внесения и установленной продолжительности полета.

Время полета – цикл, который складывается из времени элементов полета:

$$T_{\text{п}} = T_0 + T_p + T_{\text{пп}} + T_{\text{зп}} = \\ = 600G / (HB_p \cdot V_p) + (10G t_p) / (HL_T B_p) + 120L / V_{\text{п}} + T_4, \quad (2)$$

где T_0 – время основной работы ЛА над обрабатываемым участком, мин;

T_p – время на развороты для захода на очередной гон, мин;

$T_{\text{пп}}$ – время полета от взлетно-посадочной площадки и обратно, мин;

$T_{\text{зп}}$ – время на взлет и посадку ЛА, мин;

B_p – рабочая ширина полосы обработки, м;

V_p – рабочая скорость полета над обрабатываемым участком, км/ч;

t_p – время одного разворота ЛА при заходе на обработку очередной полосы, мин;

L_T – длина гона обрабатываемого поля, км;

$L_{\text{п}}$ – расстояние от взлетно-посадочной площадки до обрабатываемого участка поля, км;

$V_{\text{п}}$ – скорость полета ЛА от взлетно-посадочной площадки и обратно, км/ч;

На основании формулы (2) производится оценка продолжительности полета-цикла в зависимости от агротехнических параметров обрабатываемого участка и летно-технических характеристик ЛА.

Автожиру для взлета и посадки не нужна специальная аэродромная площадка, поэтому расстояние подлета от посадочной площадки автожира до обрабатываемого участка поля принято равным расстоянию переезда с участка на участок, которое является функцией длины гона и нормировано [9].



Рис. 1. Автожир для внесения жидких средств химизации

Время взлета и посадки автожира составляет примерно 5 мин и состоит из времени предварительной раскрутки несущего винта, времени проезда на взлет, времени на разбежку при длине разбежки 100-200 м и набора заданной высоты. Время разворота автожира при заходе на очередной гон находит в пределах 0,1-0,2 мин.

Результаты и обсуждение. ВИМ и ООО «Гироплань-РОСС» разработали легкий летательный аппарат автожир для внесения жидких средств химизации (рис. 1). Данный автожир получил золотую медаль на московской выставке «Золотая осень-2014» в номинации инновационная техника для села.

Основные компоненты автожира и их летно-технические характеристики: силовая установка мощностью 150 л.с., приводящая во вращение толкающий винт диаметром 1,82 м; несущий винт качельного типа диаметром 8 м, создающий подъемную силу, вращающийся вследствие действия аэродинамических сил набегающего потока воздуха; топливные баки емкостью 84 л; приборы управления полетом; модуль для внесения жидких средств химизации, содержащий бак для рабочих растворов пестицидов и минеральных удобрений емкостью 120 л, технологическую трубопроводную и запорную арматуру; гидравлический насос производительностью 35 л/мин и приводом от электромотора и напряжением питания 12 В постоянного тока; штанга длиной 8 м, в виде центральной части и двух крайних с форсунками щелевого типа (в комплекте 16 шт.); при обработке сельскохозяйственных культур рабочая скорость полета автожира составляет 70-100 км/ч, минимальная высота полета – 1-1,5 м, минимальная норма внесения рабочего раствора ЖСХ – 10-20 л/га.

Получены основные зависимости, характеризующие технологическую эффективность применения автожира при внесении ЖСХ: продолжительность одного полета-цикла автожира в зависимости от длины гона $T_{\text{п}} = f(L_{\text{г}})$ (рис. 2) и от расстояния подлета к обрабатываемому участку $T_{\text{п}} = f(L_{\text{р}})$ (рис. 3); площадь обрабатываемой поверхности по-

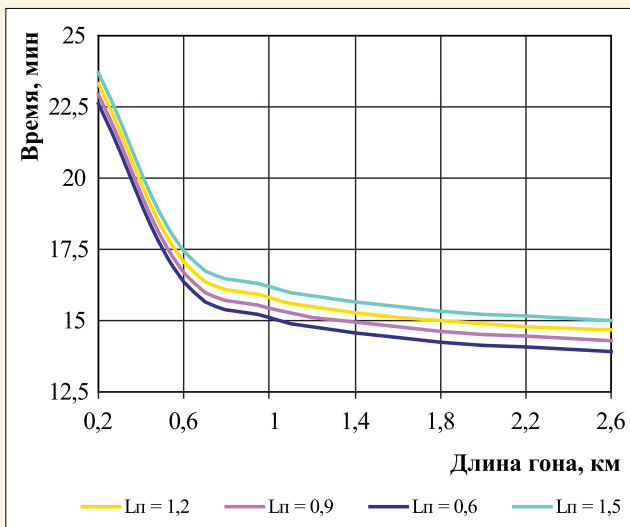


Рис. 2. Продолжительность одного полета автожира в зависимости от длины гона

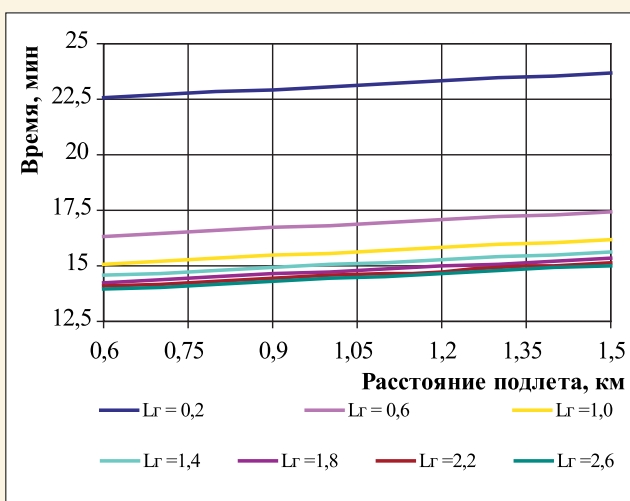


Рис. 3. Продолжительность полета автожира в зависимости от расстояния подлета к обрабатываемому участку

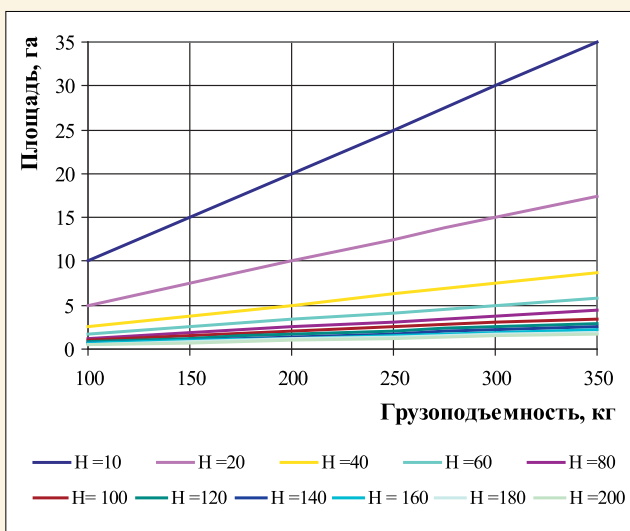


Рис. 4. Площадь обрабатываемого поля за один полет в зависимости от полезной грузоподъемности автожира

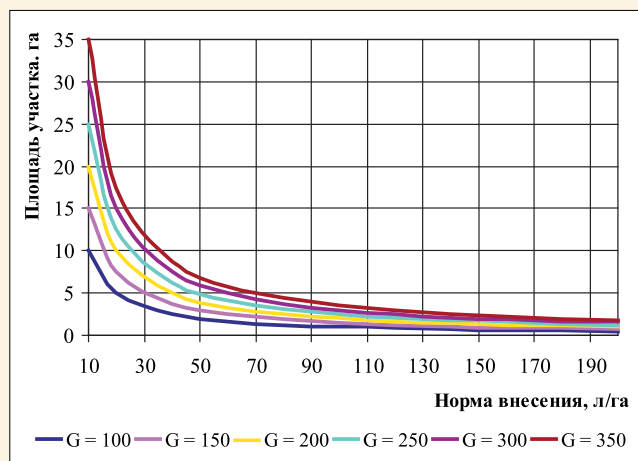


Рис. 5. Площадь обрабатываемого поля автожиром за один полет в зависимости от нормы внесения жидкого средства химизации

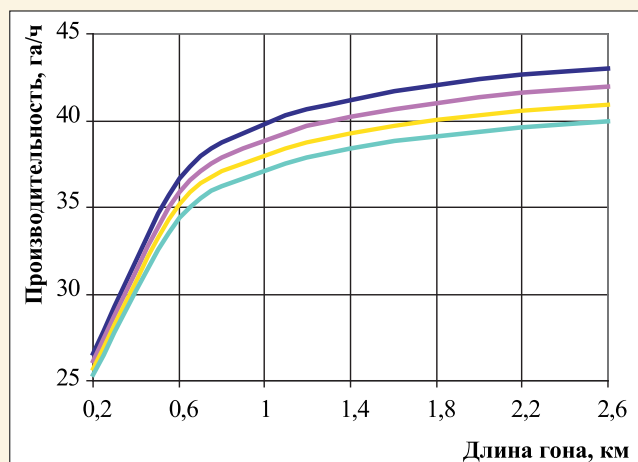


Рис. 6. Производительность автожира в зависимости от длины гона

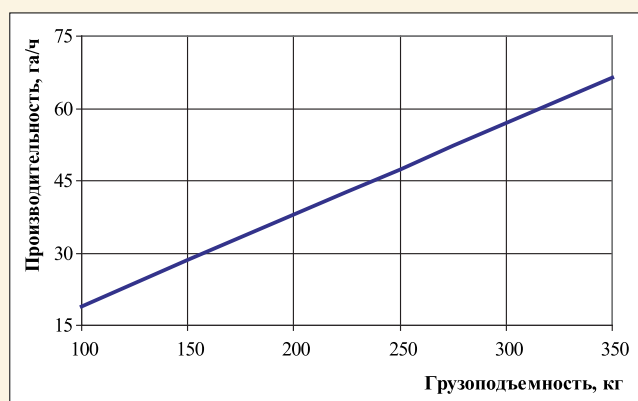


Рис. 7. Производительность автожира в зависимости от полезной грузоподъемности

ля в зависимости от полезной грузоподъемности $S = f(G)$ и нормы внесения $S = f(H)$ (рис. 5); производительность автожира за 1 летный ч от полезной грузоподъемности $W = f(G)$ (рис. 6) и от длины гона $W = f(L_r)$ (рис. 7).

Анализ зависимостей $T_n = f(L_r)$ (рис. 2) показывает, что с увеличением длины гона сельскохозяйственного поля время полета автожира и, соответственно, время обработки сокращается независимо от расстояния L_n подлета к обрабатываемому участку. Рациональные значения длины гона, обеспечивающие незначительные изменения времени полета автожира в пределах 1,16 мин составляют 1-2,6 км. При длине гона менее 0,6 км происходит резкое увеличение времени полета автожира и, как следствие, снижение технологической эффективности его использования. Время полета $T_n = f(L_n)$ (рис. 3) с изменением расстояния подлета к сельскохозяйственному полю L_n от 0,6 до 1,5 км возрастает примерно до 1 мин. Необходимо стремиться к уменьшению времени подлета автожира, как одной из составляющих, минимизирующих время обработки сельскохозяйственного поля.

Таким образом, с увеличением длины гона и уменьшением расстояния подлета автожира к участкам поля продолжительность полета будет сокращаться, а обрабатываемая площадь возрастать.

Зависимость фактической площади поля, обработанной за один полет от полезной грузоподъемности автожира $S = f(G)$ (рис. 4) носит линейный характер и возрастает с увеличением грузоподъемности. Однако последняя ограничивается мощностью силовой установки автожира. Площадь обрабатываемого поля автожиром за один полет зависит также от нормы внесения $S = f(H)$ (рис. 5) и возрастает с уменьшением нормы ЖСХ. Рациональные значения норм внесения, независимо от грузоподъемности автожира, составляют 10-20 л/га.

Таким образом, величина обрабатываемой площади поля зависит только от массы загруженного в бак автожира средства химизации и нормы его внесения. Длина гона и расстояние подлета не влияют на величину обработанной площади.

Производительность обработки сельскохозяйственных полей автожиром $W = f(L_r)$ (рис. 6) зависит от длины гона. При длине гона менее 1 км производительность резко снижается. В пределах длины гона от 1 до 2,6 км изменение производительности не превышает 10%. При работе автожира рациональные значения длины гона в исследуемых пределах составляют 1,0-2,6 км.

Производительность автожира в летный час в зависимости от его грузоподъемности $W = f(G)$ (рис. 7) характеризуется линейной зависимостью и возрастает с увеличением грузоподъемности, которая в свою очередь лимитируется мощностью силовой установки. Так, для автожиров с мощностью двигателя силовой установки 150, 200 и 300 л.с. полезная грузоподъемность обычно составляет 120, 200 и 350 л.

Выводы. Обоснована целесообразность применения легкого летательного аппарата – автожира для авиационно-химических работ, не требующего аэродромного базирования, обладающего коротким разбегом по грунтовой дороге от 100 до 200 м для взлета и точечной посадкой.

Разработан автожир с устройством, обеспечивающим автоматизированный процесс внесения жидких средств химизации модульной конструкции с нормой внесения ЖСХ 10-20 л/га, рабочей скоростью полета 70-100 км/ч, шириной распределения ЖСХ 8 м, высотой полета при обработке 1,0-1,5 м.

Установлено, что наименьшее время полета ав-

тожира от 14 до 46 мин и наибольшая производительность обработки сельскохозяйственных культур от 37 до 43 га/ч обеспечивается при рациональных значениях длины гона участков поля от 1,0 до 2,6 км в пределах расстояния подлета к полю 0,6-1,5 км.

Показано, что площадь обрабатываемого поля автожиром за один полет возрастает с уменьшением нормы внесения жидкого средства химизации, рациональные значения которой составляют 10-20 л/га.

Определено, что производительность автожира в летный час с увеличением полезной грузоподъемности от 100 до 350 кг возрастает более чем в три раза с 19 до 66 га/ч, однако последняя ограничивается мощностью силовой установки автожира.

Литература

1. Годжаев З.А., Русанов А.В., Прядкин В.И. Научно-техническое решение проблемы переуплотнения почвы сельхозмашинами // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2014. – № 6. – С. 32-35.

2. Баширова Т.Н., Колесникова В.А. Экологизация технологий применения гербицидов // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2013. – № 4. – С. 12-14.

3. Марченко Л.А., Мочкова Т.В., Колесникова В.А., Козлова А.И. Состояние производства и применения жидких минеральных удобрений в сельском хозяйстве // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2015. – № 6. – С. 36-41.

4. Огородников П.И., Усик В.В. Экономическое обоснование эффективного применения летательных аппаратов в отрасли растениеводства // *Известия Оренбургского ГАУ*. – 2011, вып. № 31 1, Т. 3. – С. 264-268.

5. Асовский В.П. Актуальные вопросы авиационной защиты растений // *Защита растений*. – 2008. – № 3. – С. 3-5.

6. Измайлов А.Ю., Елизаров В.П., Бейлис В.М. Система технологий, типажей и параметров машин для комплексной механизации растениеводства: разработка и развитие в рыночных условиях. – М.: ВИМ, 2010. – С. 9-15.

7. Назаров В.А., Старостин С.Г., Попов С.Д. и др. Применение авиации в сельском и лесном хозяйстве. – М.: Транспорт, 1975. – 312 с.

8. Указания по технологии авиационно-химических работ в сельском и лесном хозяйстве СССР. – 1982. – М.: Воздушный транспорт. – С. 113-115.

9. Типовые нормы выработки и расхода топлива на механизированные полевые работы в сельском хозяйстве. Ч. II (Посев, посадка сельскохозяйственных культур, уход за посевами). – Л.: Колос, 1976. – С. 10.

GYROPLANE FOR APPLICATION OF LIQUID PRODUCTS OF CHEMICALIZATION AND ITS TECHNOLOGICAL PARAMETERS JUSTIFICATION

Z.A. Godzhaev¹, L.A. Marchenko², B.E. Stepanov¹, A.I. Kozlova¹

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

²Klin branch of the All-Russian Research Institute of Mechanization for Agriculture, Maydanov St., 85, Klin, Moscow region, 141603, Russian Federation

An aviation treatment of agricultural and forest lands has advantages as against at-ground one on productivity, opportunity to cultivate a field with the humidified soil, to lack of mechanical damages of plants. The authors proved expediency of use of a light aircraft for chemical operations. A gyroplan is perspective easy rotary-wing aircraft for application of liquid products of chemicalization. It has properties of a plane and a helicopter. Developed by authors gyroplan has a modular design of the apparatus providing the automated application of liquid products of chemicalization with a operating speed of 70-100 km/h and spreading width of 8 m, high of 1.0-1.5 m, application rate of 10-20 l/ha. Parameters of efficiency of use of the autogyro were established: duration of one flight cycle depending on length of furrow and distance of approach to the cultivated field site; useful loading capacity and

application rate. The field area processed by the gyroplan increases with reduction of norm of application which rational values make 10-20 l/ha. With increase in useful loading capacity from 100 to 350 kg gyroplan productivity in flight hour increases by 3 times and more. However, loading capacity is limited by the power of the plantpropulsion unit of an autogyro. The shottest time of flight of an autogyro is 14-46 min and the maximum efficiency of treatment of crops is 37-43 ha/h. These parameters are provided at rational values of length of furrow of 1.0-2.6 km within approach distance to a field of 0.6-1.5 km. For example, if an engine capacity of the plantpropulsion unit of an autogyro equals 150, 200 and 300 h.p., so useful loading capacity usually makes 120, 200 and 350 l respectively.

Keywords: Gyroplan; Application of products of chemicalization; Loading capacity; Efficiency.

References

1. Godzhaev Z.A., Rusanov A.V., Pryadkin V.I. Nauchno-tehnicheskoe reshenie problemy pereuplotneniya pochvy sel'khoz mashinami [Scientific and technical solution of problem of soil overconsolidation by agricultural machines]. Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii. 2014. No. 6. pp. 32-35 (Russian).

2. Bashkirova T.N., Kolesnikova V.A. Ekologizatsiya tekhnologii primeneniya gerbitsidov [Ecologization of technologies of herbicides application]. Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii. 2013. No. 4. pp. 12-14 (Russian).

3. Marchenko L.A., Mochkova T.V., Kolesnikova V.A., Kozlova A.I. Sostoyaniye proizvodstva i primeneniya zhidkikh mineral'nykh udobreniy v sel'skom khozyaystve [Condition of production and application of liquid mineral fertilizers in agriculture]. Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii. 2015. No. 6. pp. 36-41 (Russian).

4. Ogorodnikov P.I., Usik V.V. Ekonomicheskoe obosnovaniye effektivnogo primeneniya letatel'nykh apparatov v otrasli rasteniyevodstva [Economic justification of effective use of aircraft in plant growing]. Izvestiya Orenburgskogo GAU. 2011, vyp. No. 31 1, T. 3. pp. 264-268 (Russian).

5. Asovskiy V.P. Aktual'nye voprosy aviatsionnoy

zashchity rasteniy [Topical questions of aviation crop protection]. Zashchita rasteniy. 2008. No. 3. pp. 3-5 (Russian).

6. Izmaylov A.Yu., Elizarov V.P., Antyshev N.M., Beylis V.M. Sistema tekhnologiy, tipazhey i parametry mashin dlya kompleksnoy mekhanizatsii rasteniyevodstva: razrabotka i razvitiye v rynochnykh usloviyakh [System of technologies, ranges and parameters of machines for complex mechanization of plant growing: working out and development in market conditions]. Moscow: VIM, 2010, pp. 9-15 (Russian).

7. Nazarov V.A., Starostin S.G., Popov S.D., et al. Primeneniye aviatsii v sel'skom i lesnom khozyaystve [Aircraft use in agriculture and forestry]. Moscow.: Transport, 1975. 312 pp. (Russian).

8. Ukazaniya po tekhnologii aviatsionno-khimicheskikh rabot v sel'skom i lesnom khozyaystve SSSR [Instructions on technology of aviation and chemical works in agriculture and forestry of the USSR]. 1982. Moscow: Vozdushnyy transport. pp. 113-115 (Russian).

9. Tipovye normy vyrabotki i raskhoda topliva na mekhanizirovannye polevye raboty v sel'skom khozyaystve [Standards of output rate and fuel consumption for mechanized field works in agriculture]. Ch. II (Posev, posadka sel'skokhozyaystvennykh kul'tur, ukhod za posevami). Leningrad: Kolos, 1976. pp. 10 (Russian).

ОБЪЯВЛЕНИЕ

**Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт механизации
сельского хозяйства»
(ФГБНУ ВИМ)**

открывает вакансию на позицию заведующего сектором издательской деятельности.

Направленность деятельности – сельское хозяйство, сельскохозяйственные машины и технологии.

Опыт работы кандидата – не менее 3 лет в сфере профессиональной издательской деятельности на позиции руководителя или заместителя руководителя редакционно-издательского отдела (сектора), или же редактора (заместителя редактора) периодического научно-технического издания.

Контактный телефон отдела кадров: 8 (499) 174-83-71

УДК 631.354.2



К ОБОСНОВАНИЮ ПАРАМЕТРОВ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ

МАСЛОВ Г.Г.,
докт. техн. наук,

ТРУБИЛИН Е.И.,
докт. техн. наук

Кубанский государственный аграрный университет, ул. Калинина, 13, г. Краснодар, 350044, Российская Федерация, trubilinei@mail.ru

Исследовали влияние урожайности зерновых колосовых культур на фактическую соломистость хлебной массы. Установлен интервал ее распределения 0,6-1,2 в диапазоне урожайности 3-12 т/га. Отметили, что закономерность снижения соломистости с повышением урожайности подтверждается критерием Кохрена (его расчетное значение 0,56 меньше табличного 0,62). Снижение соломистости облегчает рабочий процесс комбайнов. Установлена зависимость потребной на процесс работы комбайна мощности двигателя для различных технологических схем молотильно-сепарирующих устройств с билльным и роторным молотильными барабанами. Доказали адекватность полученных математических моделей зависимости мощности двигателя комбайна от его пропускной способности. Для комбайнов классической технологической схемы расчетное значение критерия Фишера 0,75 меньше табличного 0,77. Для комбайнов с аксиально-роторным молотильно-сепарирующим устройством табличное значение критерия 0,8 также превышает расчетное 0,66. Результаты расчетов потребной мощности двигателя по различным методическим подходам авторов показали близкую сходимость результатов, не превышающую 10 процентов, что подтверждает их объективность. Подтвердили, что технологическая и экономическая эффективность роторных зерноуборочных комбайнов лучше, по сравнению с комбайнами классической схемы, вследствие более высокой удельной пропускной способности комбайна, меньшей доле дробления и микроповреждения зерна. Установили, что у зерноуборочных комбайнов с аксиально-роторной схемой молотильно-сепарирующих устройств дробление зерна составляет не более 0,5-0,6 процента, что улучшает их экономические показатели. В то же время у комбайнов с классической схемой доля дробленого зерна составляет 4-6 процентов, что резко повышает долю косвенных потерь урожая. Показали, что при обновлении комбайнового парка сельхозпредприятий целесообразно внедрять высокопроизводительные комбайны с аксиально-роторной схемой.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, потери зерна, пропускная способность, молотильно-сепарирующее устройство, дробление зерна, эффективность.

Совершенствование комбайновой уборки зерна в современных условиях направлено на повышение их производительности и качества работы, снижение затрат, прямых и косвенных потерь урожая, экономию топлива. Оно способствует своевременному выполнению уборочных работ, оснащению сельхозпредприятий комбайнами нового поколения, обеспечивающими полноту сбора выращенного урожая с минимальным его повреждением.

В структуре комбайнового парка подавляющее большинство машин имеет классическую схему мо-

лотильно-сепарирующего устройства (МСУ). При этом комбайны с аксиально-роторными МСУ более производительны и меньше травмируют зерно, обеспечивая дополнительный сбор урожая.

Цель исследований – установить зависимости потребной мощности двигателя современных зерноуборочных комбайнов с классической схемой и роторным МСУ и преимущества роторных схем.

Материалы и методы. Важнейшей паспортной характеристикой комбайна служит пропускная способность q_k его молотилки (кг/с). Это «количество зерносоломистой массы в килограммах, которое

обмолочено в комбайне за 1 с при суммарных потерях недомолотом, невытрясом и распылом в количестве 1,5% от всего обмолоченного зерна и отношении массы соломы к массе зерна 1,5» [1]. Пропускная способность q_k определяет производительность комбайна, класс, размерно-массовые и стоимостные параметры.

Производительность комбайна W_0 в тоннах зерна за час основного времени, без учета потерь и времени на остановки по различным причинам, можно определить по формуле профессора Э.В. Жалнина [2]:

$$W_0 = \frac{3,6}{1 + \alpha_\phi} \cdot q_\phi, \quad (1)$$

где q_ϕ – фактическая подача хлебной массы в комбайн при фактической соломистости α_ϕ .

Фактическую соломистость определяли по методике Б.А. Доспехова [3]. Она существенно зависит от урожайности зерна на поле.

Для условий Кубани нами на основе аппроксимации опытных данных установлена следующая зависимость фактической соломистости α_ϕ хлебной массы от урожайности зерна U :

$$\alpha_\phi = -5,1 \cdot 10^{-5} \cdot U^4 + 9,18 \cdot 10^{-4} \cdot U^3 + 1,58 \cdot 10^{-3} \cdot U^2 - 0,148 \cdot U + 1,61, \quad (2)$$

где α_ϕ – фактическая соломистость хлебной массы;
 U – урожайность зерна озимой пшеницы, т/га.

Исследования проводили в 2013 г. на полях ООО «Прогресс» (Лабинский район Краснодарского края) на озимой пшенице сорта Васса селекции Краснодарского НИИСХ.

Адекватность полученной зависимости (2) проверена по критерию Кохрена.

При этом его расчетное значение 0,56 меньше табличного 0,62. Как следует из рисунка 1, соломистость α_ϕ заметно снижается с ростом урожайности U . Это характерно и для зарубежных высокоурожайных сортов [3].

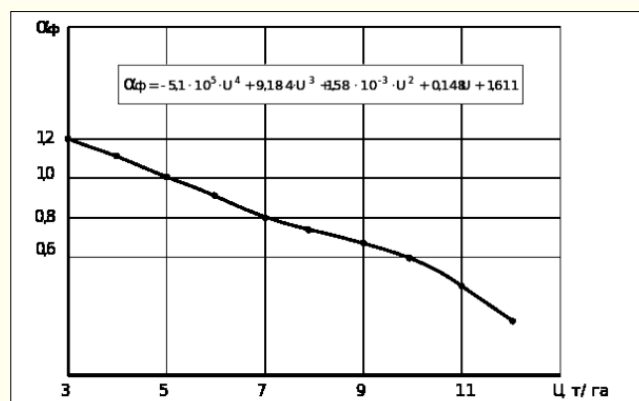


Рис. 1. Влияние урожайности зерна озимой пшеницы на соломистость хлебной массы

Результаты и обсуждение. Задачей наших исследований стало определение влияния мощности двигателя на работу комбайна и его пропускной способностью. Ее следует решать во взаимосвязи трех элементов: двигатель – машина – обрабатываемый материал [4, 5].

Очень важно знать комплексную оценку влияния мощности двигателя комбайна N_e на пропускную способность молотилки q_m . Такая зависимость была установлена К.С. Орманджи для отечественных и зарубежных комбайнов производства 1960–1980 гг.:

$$N_e = 24,8 \cdot q_m^{0,97}, \quad (3)$$

где N_e – мощность двигателя комбайна, л.с.;

q_m – пропускная способность молотилки, кг/с.

Профессором Э.В. Жалниным в 2001 г. была получена зависимость [1]:

$$N_e = 18,1 \cdot q_m^{1,15}. \quad (4)$$

Нами получены эти зависимости для различных типов МСУ – для классической схемы и аксиально-роторной (рис. 2 и 3).

Зависимость N_e от q для зерноуборочных ком-

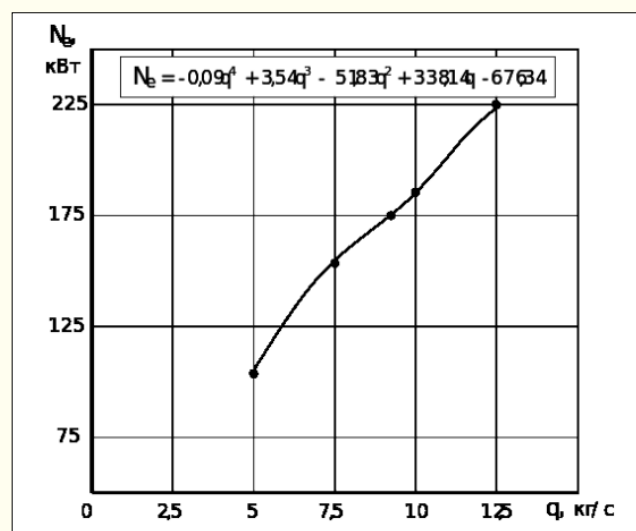


Рис. 2. Зависимость мощности двигателя комбайна от пропускной способности его молотилки с аксиально-роторным МСУ

байнов с аксиально-роторным МСУ выражается полиномом четвертой степени: с увеличением q потребная мощность двигателя комбайна возрастает (рис. 2). Адекватность модели подтверждена критерием Фишера: расчетное значение 0,75 меньше табличного 0,80.

Зависимость мощности двигателя N_e от q для зерноуборочных комбайнов с классической схемой

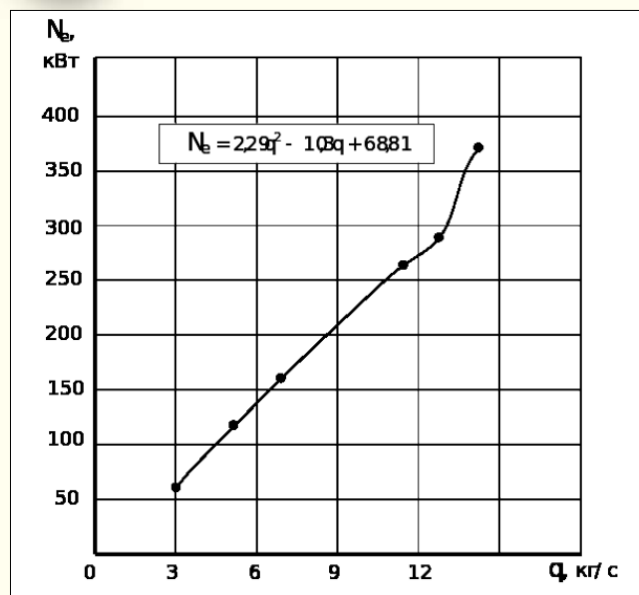


Рис. 3. Зависимость мощности двигателя зерноуборочного комбайна с классической схемой МСУ

МСУ выражается полиномом второй степени (рис. 3).

Адекватность полученной модели подтверждена критерием Фишера: его расчетное значение 0,75 меньше табличного 0,77.

Процесс работы МСУ характеризуется тремя факторами: мощностью двигателя N_e как источника энергии, конструкцией молотильного барабана, сопротивлением обрабатываемой среды. Как известно, основное уравнение молотильного барабана, увязывающее между собой характеристики двигателя N_e , барабана и хлебной массы, можно записать в виде:

$$N_e = N_q + N_x + N_p, \quad (5)$$

где N_q – мощность, затраченная на передвижение комбайна, кВт;

N_x – мощность, затраченная на холостой режим работы комбайна, кВт;

N_p – мощность, затраченная на выполнение рабочего процесса, кВт.

Анализ расчетных данных мощности двигателя по различным формам (таблица) показал близкую сходимость результатов.

Высокая эффективность роторных комбайнов, по сравнению с комбайнами классической схемы,

Таблица		
Потребная мощность двигателя при различных МСУ ($q = 10$ кг/с), кВт		
Методики	Роторные	Классические
Кубанского ГАУ	220	195
проф. Жалнина Э.В.	174	164
канд. техн. наук Орманджи К.С.	-	170,2
Общепринятая	192,6	170,7

вследствие возросшей (на 27%) удельной пропускной способности молотилки отмечена в работе М.И. Липовского [6]. Так, у роторных молотилок *TORUM 740* она составляет 8, а у классических – 6,3 кг/м·с (комбайн *Acros 530*). Улучшат экономические показатели роторных комбайнов и меньшее дробление зерна, не превышающее 0,6%, большая полнота сбора выращенного урожая (1,5-2,5 ц/га) [7], в связи с чем рекомендуется при обновлении комбайнового парка сельхозтоваропроизводителей использовать новое поколение комбайнов с аксиально-роторной схемой. Оснащение АПК отечественными комбайнами роторной модификации перекликается с задачами импортозамещения в машиностроении и указаниями в Стратегии машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России [8, 9].

Выводы. Установлены зависимости фактической соломистости хлебной массы от урожайности высокопродуктивных сортов зерновых колосовых культур, а также потребной мощности двигателя зерноуборочных комбайнов – от схем МСУ (классической и аксиально-роторной).

Все полученные зависимости адекватно описывают процессы, что подтверждается критериями Фишера и Кохрена.

Полученная по различным методическим подходам авторов расчетная мощность двигателя зерноуборочных комбайнов имеет близкую сходимость результатов. Подтверждена технологическая и экономическая эффективность роторных зерноуборочных комбайнов, по сравнению с комбайнами классической схемы, благодаря более высокой удельной пропускной способности молотилки, меньшему дроблению зерна, не превышающему 0,6%, и большей на 1,5-2,5 ц/га полноты сбора выращенного урожая.

Литература

1. Жалнин Э.В. Расчет основных параметров зерноуборочных комбайнов. – М.: ВИМ, 2001. – С. 10.
2. Жалнин Э.В. Расчет основных параметров зерноуборочных комбайнов с использованием принципа гармоничности их конструкции. – М.:

ВИМ, 2011. – 104 с.

3. Кравченко В.С., Трубилин Е.И., Курцов В.С., Куцеев В.В., Труфляк Е.В. Основы научных исследований: Учебное пособие. – Краснодар: КГАУ, 2005. – 136 с.
4. Жалнин Э.В. Аксиоматизация земледель-

ческой механики. – М.: ВИМ, 2002. – 204 с.

5. Маслов Г.Г., Трубилин Е.И., Абаев Е.В. Совершенствование комбайновой уборки зерновых колосовых культур // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – № 8. – С. 4-5.

6. Липовский М.И. Улучшение качества работы роторных комбайнов // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2014. – № 2. – С. 43.

7. Труфляк Е.В., Трубилин Е.И. Современные

зерноуборочные комбайны: Учебное пособие. – Краснодар: КГАУ, 2013. – 322 с.

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

9. Жалнин Э.В. Стратегия перспективного развития механизации уборки зерновых культур // Тракторы и сельхозмашины. – 2004. – № 9. – С. 3-16.

REVISITED GRAIN HARVESTERS PARAMETERS SUBSTANTIATION AND EFFECTIVENESS OF THEM

G.G. Maslov, E.I. Trubilin

Kuban State Agrarian University, Kalinin St., 13, Krasnodar, 350044, Russian Federation, trubilinei@mail.ru

Impact of cereal crops yield on the actual strow content in heap mass was studied. Its distribution interval is from 0.6 to 1.2 in the range of yields from 3 to 12 t/ha. Regularity of strow content decline and productivity increase at the same time is confirmed by the Cochran criterion (its estimated value of 0.56 is less than the table one of 0.62). A strow content low facilitates the harvesters' operation. The required for the operation process harvesters engine power is different depending on schemes of threshing-separating machine with the rotary and beater threshing drums. The authors proved adequacy of the obtained mathematical models of dependence of the engine power from harvester delivery capacity. For the combines with classical technological scheme the calculated value of Fisher criterion is 0.75. For combines with an axial rotary threshing-separating device the table value of 0.8 criterion is also higher than the estimated one of 0.66. The obtained results of the required power calculations at various methodological approaches were close to results convergence exceeding 10 percent, which confirms objectivity of them. The technological and economic efficiency of the rotary harvesters compared with classical scheme is better. It is obtained due to the higher specific bandwidth, low grain crushing and micro damage. If a harvester has the threshing-separating device with axial rotor scheme, so grain crushing is much less (no more than 0.5-0.6 percent), which also improves economic parameters. But at operation of combines with the classical scheme the share of broken grain makes 4-6 percent that sharply raises indirect losses of a harvest. We recommend when the combine fleet renovation um agricultural enterprises to introduce 1.5-2 times high-performance harvesters with axial rotor scheme.

Keywords: Combine harvester; Grain losses; Estimated capacity; Threshing-separating machine; Power; Crushing; Efficiency.

References

1. Zhalnin E.V. Raschet osnovnykh parametrov zernoubochnykh kombaynov [Combine harvesters main parameters calculation]. Moscow: VIM, 2001. pp. 10 (Russian).

2. Zhalnin E.V. Raschet osnovnykh parametrov zernoubochnykh kombaynov s ispol'zovaniem printsipa garmonichnosti ikh konstruktssii [Combine harvesters main parameters calculation using principle of design harmony]. Moscow: VIM, 2011. 104 pp. (Russian).

3. Kravchenko V.S., Trubilin E.I., Kurosov V.S., Kutseev V.V., Truflyak E.V. Osnovy naychnykh issledovaniy [Bases of scientific researches]: Uchebnoe posobie. Krasnodar: KGAU, 2005. 136 pp. (Russian).

4. Aksiomatizatsiya zemledel'cheskoy mekhaniki [Axiomatization of agricultural mechanics]. Moscow: VIM, 2002. 204 pp. (Russian).

5. Maslov G.G., Trubilin E.I., Abaev E.V. Sovershenstvovanie kombaynovoy uborki zernovykh kolosovykh kul'tur [Improvement of combine harvesting of grain crops]. Mekhanizatsiya i elektri-

fikatsiya sel'skogo khozyaystva. – 2007. No. 8. pp. 4-5 (Russian).

6. Lipovskiy M.I. Uluchshenie kachestva raboty rotornykh kombaynov [Improvement of quality of rotor combines operation]. Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii. 2014. No. 2. pp. 43 (Russian).

7. Truflyak E.V., Trubilin E.I. Sovremennye zernoubochnye kombayny [Modern combine harvesters]: Uchebnoe posobie. Krasnodar: KGAU, 2013. 322 pp. (Russian).

8. Izmaylov A.Yu., Elizarov V.P., Antyshev N.M., Beylis V.M. Sistema tekhnologii, tipazhey i parametry mashin dlya kompleksnoy mekhanizatsii rastenievodstva [System of technologies, ranges and parameters of machines for complex mechanization of plant growing: working out and development in market conditions]. Moscow: VIM, 2010. 264 pp. (Russian).

9. Zhalnin E.V. Strategiya perspektivnogo razvitiya mekhanizatsii uborki zernovykh kul'tur [Strategy of perspective development of mechanization of grain crops harvesting]. Traktory i sel'khoz mashiny. 2004. No. 9. pp. 3-16 (Russian).

УДК 631.243

МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ ФАКЕЛЬНО-ВИХРЕВОГО РЕЖИМА В ТОПКЕ ДЛЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ

ДАДЫКО А.Н.,
аспирант

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

При эксплуатации топок необходимо контролировать количество воздуха, расходуемого при горении топлива, для чего исследуют аэродинамику топки. На холодной модели изучены аэродинамические параметры топки для растительных материалов, в том числе три варианта организации вторичного дутья: со стороны ввода топлива, с противоположной стороны и с обеих сторон. Выявили их влияние на устойчивость воспламенения и горения топлива. Установили условия образования вихревых циркуляционных контуров, их количество при различной подаче в модель воздуха, интенсивность их вращения и зависимость расположения контуров от величины расходной концентрации. В качестве модельных тел использовали реальные объекты сжигания: лузгу подсолнечника и сечку соломы. Критериями оптимизации сжигания служили степень заполненности топочной камеры материалом, вращающимся в циркуляционных камерах, и интенсивность вращения вихрей. При этом обращали внимание на минимальную величину скорости воздуха, подаваемого в модель в качестве первичного, вторичного и третичного дутья, ограничивая ее условием невыпадения частиц из вихрей. Оптимизация расхода подаваемого воздуха обусловлена снижением коэффициента избытка при сжигании (1,2-1,5). Определили, что оптимальная структура течения двухфазного потока в камере модели предусматривает один или два циркуляционных вихря со скоростью вращения 4; 6 и 8 м/с при расходной концентрации 0,2-0,3 кг материала на 1 кг воздуха. Таким параметрам соответствуют максимальное заполнение камеры и минимальное выпадение частиц из вихрей.

Ключевые слова: топка, сжигание растительных отходов, моделирование, факельно-вихревой режим.

Актуальность использования биотоплива для сушки зерна все более очевидна [1-6]. В частности, в топках зерносушилок сжигают растительные отходы [7-9]. Однако эффективность сжигания частиц в факельно-вихревом режиме недостаточна.

При эксплуатации и настройке их по режимным графикам, в том числе топок, агрегируемых с зерносушилками, важное значение придается контролю воздуха, расходуемого на горение топлива. Расход воздуха зависит от совершенства структуры течения двухфазного потока в камере топки, которое должно обеспечивать полное сгорание, равномерное распределение теплоты по объему, минимальный унос.

Важное значение имеет контроль температуры

горения, так как температура топочных газов (подогретого воздуха, подаваемого в зерносушилку) ограничена регламентом в зависимости от условий сушки.

Цель исследований – обоснование аэродинамических условий осуществления факельно-вихревого режима сжигания растительных материалов в топке.

Материалы и методы. Исследования проводили на плоской холодной модели, толщиной 0,1 и высотой 1,5 м, со стеклянными вставками. Снизу модели была установлена наклонная секционированная решетка, через которую подавали первичный воздух. В качестве объектов сжигания использовали лузгу подсолнечника и сечку соломы, которые в камеру модели подавали пневматически (рис. 1).

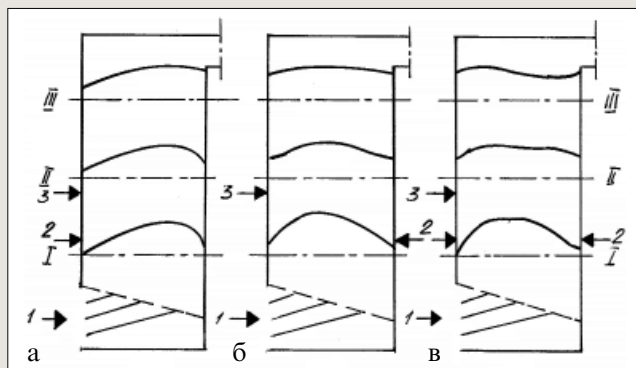


Рис. 1. Поля скоростей воздуха при различной организации подачи вторичного дутья от стенок модели:

а – от фронтальной; б – от задней; в – от двух стенок; избыток первичного воздуха $\alpha_1=1,3-1,4$; суммарный избыток $\alpha_{\text{сум}}=1,6-1,8$; I, II, III – первичное, вторичное дутье и подача топлива соответственно

Лузгу и сечку соломы смешивали с продуктами их сгорания в отношении 1:1 ($K = 1$).

Исследована структура двухфазного потока для трех случаев организации вторичного дутья, которое играет определяющую роль для устойчивого воспламенения и горения топлива: подача со стороны ввода топлива, с противоположной стороны и с обеих сторон (рис. 1). Сравнение полученных полей скоростей показало, что в зависимости от направления дутья изменяется их профиль в той части топочной камеры, в которой происходит воспламенение частиц топлива.

При подаче дутья по варианту (а) происходит смещение максимума составляющей скорости потока первичного дутья к противоположной стене, в котором взвешиваются частицы загружаемого топлива. При подаче дутья по варианту (б) установлен симметричный профиль скоростей по всем сечениям камеры, а при подаче по варианту (в) – максимум смещается в сторону ввода топлива. При оценке эффективности того или иного варианта организации дутья необходимо принять во внимание следующее. Температура топочных газов на входе в воздухоподогреватель из углеродистой стали не должна превышать $800-850^\circ\text{C}$, а при сжигании сухой лузги при избытке воздуха ($\alpha_1=1,3-1,4$) температура топочных газов в топке достигает 1100°C и выше. Следовательно, для разбавления топочных газов доли вторичного и третичного дутья должны быть достаточно весомы (60-80%) относительно первичного, и при большой начальной скорости вторичного (третичного) дутья может проходить «наброс» факела на стенку топки, что нежелательно, то есть целесообразно иметь симметричный профиль скоростей и работать по варианту (б).

При сжигании влажного топлива ($W \geq 14\%$), когда температура горения снижается и на входе в воз-

духоподогреватель не превышает 800°C , оптимален вариант (в), так как в этом случае скоростной профиль осевых составляющих струй более симметричен.

Интенсивная циркуляция частиц в вихрях, которая обусловлена вводом струй воздуха от противоположных сторон камеры, благоприятна для создания однородного температурного поля и предопределяет эффективность факельно-вихревого режима. За счет действия гравитационных сил происходит разделение потоков и формирование как циркуляционных вихрей, так и перемещающегося по решетке слоя частиц. Материал удерживается в циркуляционных вихрях, практически полностью заполняет объем камеры и запитывает слой на решетке, если он образуется.

Структура вихрей в нижней части камеры следующая: частицы прижимаются к противоположным стенкам камеры с образованием тора. При избыточной подаче твердой фазы и переполнении камеры наблюдалось «захлебывание» вращающегося потока. Вследствие этого стабильная структура вихревого течения нарушалась, материал выпадал на решетку и начинал фонтанировать при образовании слоя. Интенсивный вынос частиц из камеры приводил к самоочистке решетки и последующему возобновлению вихревого течения. Зона двухфазного течения потока ограничивалась частью камеры ниже сечения плоскости ввода вторичного дутья. В целом удержание частиц без подачи вторичного воздуха оказалось малоэффективным, а их концентрация была незначительной.

Наиболее крупные частицы не взвешиваются и не увлекаются воздушным потоком, но осаждаются на решетку и смещаются по ней в крайнюю секцию. При повышении скорости воздуха они взвешивались, и через некоторое время весь материал с решетки выносился и вовлекался в циркуляционные контуры.

Оптимальное отношение площадей секционированной решетки для устойчивого факельно-вихревого цикла: 0,23; 0,6; 0,17, начиная от верхней секции. При этом обратные токи циркуляционных вихрей устойчиво подавали частицы к устью струи. При подаче воздуха через одну крайнюю секцию решетки установлено образование одного циркуляционного вихря и повышенная скорость воздуха в вихре. При средней скорости по сечению камеры приблизительно $1,2 \text{ м/с}$ величина осевой скорости потока в вихре достигала $V_0=8 \text{ м/с}$, тогда как при подаче воздуха через две крайние секции не превышала $4-6 \text{ м/с}$.

Для устранения залегания материала на решетке угол ее наклона изменяли от 15 до 40° . Уже при минимальной подаче материала для $\alpha_p = 20^\circ$ части-

цы лузги устойчиво вовлекались восходящим потоком, для сечки соломы минимальный угол наклона решетки составил $\alpha_p = 30^\circ$. При подаче дутья в одну секцию возвратные токи более интенсивны, чем при подаче в две, поэтому, несмотря на большую массу частиц, осаждающихся на решетке, происходит устойчивое увлечение их струей в циркуляционный контур.

Вихревые течения, образующиеся при факельно-вихревом режиме, существенно повышают степень заполненности камеры частицами, по сравнению с факельным, и тем самым создают более благоприятные условия для повышения теплонпряженности топочного объема. Интенсивность внутрикамерной циркуляции существенно выше при факельно-вихревом режиме, по сравнению с факельным, а если учитывать кратность циркуляции, то предпочтение следует отдать двухвихревому варианту.

Формирование вихрей в топочной камере, в верхней части которой размещены тепловоспламеняющие поверхности, например, воздухоподогреватель, требуют большего импульса вторичного дутья, чем достигаемого вводом вторичного воздуха при факельном режиме. Для этого была предусмотрена организация вторичного дутья из участков набегающего потока в сторону застойных зон по траекториям сепарирующихся частиц тангенциально к условному телу вращения.

Подача вторичного дутья из участков набегающего через сопла тангенциально в сторону застойных зон усиливает вихревое течение, улучшает перемешивание, выгорание, теплообмен, сепарацию и удерживание в надслоевом объеме частиц, выносимых из слоя.

Доля вторичного дутья определяется прежде всего из условий организации высокоэффективного топочного процесса. Необходимо, чтобы струи вторичного дутья проникали в вихревой объем, за-

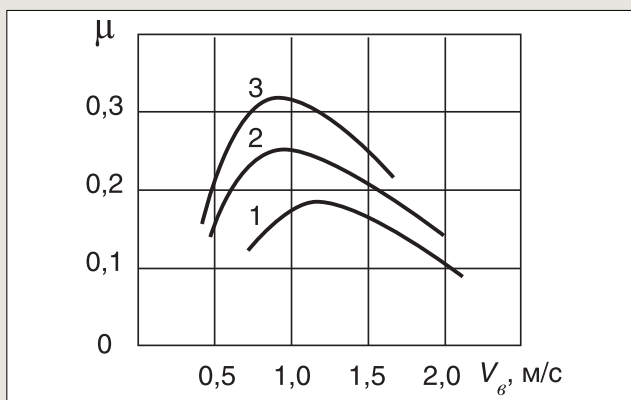


Рис. 2. Удерживающая способность вихрей для факельно-вихревого режима: 1, 2 – организация двух вихрей при $V_0 = 4$ и 6 м/с соответственно; 3 – одного вихря при $V_0 = 8$ м/с; ($=15$ кг/ч; $K=1$; μ – расходная концентрация)

стойные зоны и в корень восходящего потока.

Структура течения двухфазного потока в камере модели в зависимости от средней скорости первичного дутья V_v и расходной концентрации лузги приведена на рисунке 2. Очевидно, что лучшее заполнение частицами объема камеры реализуется при организации двух вихрей, что будет способствовать более равномерному тепловому напряжению топочной камеры.

Выводы. Удерживающая способность вихревых течений зависит в большей степени от скорости первичного и вторичного дутья и в меньшей степени – от количества вихрей в камере, причем эта способность имеет четко выраженный экстремум от скорости первичного дутья. Целесообразна организация двух вихрей со средней скоростью вращения в них воздуха 4–6 м/с.

Рекомендуется на лузге среднюю скорость первичного воздуха по сечению камеры поддерживать в пределах 1,0–1,2 м/с, что обеспечит коэффициент избытка воздуха 1,3–1,5.

Литература

1. Бельская Л.И., Голубкович А.В., Дадыко А.Н., Марин Н.А. Альтернативные источники тепловой энергии для зерносушилок // Система технологий и машин для инновационного развития АПК России: Сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. Ч. 2. – М.: ВИМ, 2013. – С. 35–39.
2. Голубкович А.В. Топки на растительных отходах: процессы, конструкции, режимы, расчеты. – М.: ВИМ, 2011. – 172 с.
3. Пат. № 2236643 РФ. Способ и устройство для сжигания твердого топлива, преимущественно растительных отходов / Анискин В.И., Голубкович А.В., Чижиков А.Г., Курбанов К.К. // Бюл. 2004. – № 26.

4. Пат. № 2237834 РФ. Способ сжигания твердого топлива и устройство для его осуществления / Голубкович А.В., Анискин В.И., Курбанов К.К. // Бюл. 2004. – № 28.

5. Анискин В.И., Голубкович А.В., Сотников В.И. Сжигание растительных отходов в псевдооживленном слое // Теплоэнергетика. – 2004. – № 6. – С. 49–53.

6. Анискин В.И., Голубкович А.В. Перспективы использования растительных отходов в качестве биотоплива // Теплоэнергетика. – 2004. – № 5. – С. 60–65.

7. Пат. № 2266468 РФ. Способ сжигания отходов в псевдооживленном слое и устройство для его осуществления / Голубкович А.В., Чижиков А.В. // Бюл. 2004. – № 26.

ков А.Г., Курбанов К.К. // Бюл. 2005. – № 35.

8. Голубкович А.В., Дадько А.Н., Марин Р.А. Моделирование подсушки влажных частиц растительных отходов в топке зерносушилки // Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий: Сб. до-

кл. Междунар. науч.-техн. конф. – М.: ВИМ, 2014. – С. 258-261.

9. Голубкович А.В. Растительные отходы для сельскохозяйственной энергетики // Энергия: экономика, техника, экология. – 2005. – № 7. – С. 24-29.

MODELING OF AERODYNAMICS OF FLARE AND VORTEX MODE IN A FIRE CHAMBER FOR VEGETABLE WASTE

A.N. Dadyko

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

At operation of fire chambers it is necessary to control amount of the air spent when fuel burning. For for this purpose scientist investigate aerodynamics of a fire chamber. On cold model we studied aerodynamic parameters of a fire chamber for plant materials, including three options of the organization of secondary blasting: from fuel input, from the opposite side and from both parties. Their influence on stability of ignition and burning of fuel was revealed. Conditions of formation of vortex circulating contours, their quantity at various giving of air in model, intensity of their rotation and dependence of an arrangement of contours from consumed concentration amount were established. As model bodies we used real objects of burning: sunflower hull and straw shreds. As criteria of optimization of burning were degree of fullness of the chamber with a material rotating in circulating cameras and vortex rotation intensity. The minimum speed of the air given to model as primary, secondary and tertiary blasting, was limited by a constraint of not drop-out of particles from vortexes. Optimization of a given air consumption is caused by decrease in coefficient of surplus when burning (1.2-1.5). The optimum structure of a two-phase blast provides one or two circulating vortexes in the camera of model with a speed of rotation of 4; 6 and 8 meters per second at consumed concentration of 0.2-0.3 kg of material per 1 kg of air. The maximum filling of the camera and the minimum loss of particles from vortex correspond to such parameters.

Keywords: Fire chamber; Burning of vegetable waste; Modeling; Flare and vortex mode.

References

1. Belen'kaya L.I., Golubkovich A.V., Dadyko A.N., Marin N.A. *Alternativnye istochniki teplovoy energii dlya zernosushilok* [Alternative sources of heat energy for grain dryers] *Sistema tekhnologiy i mashin dlya innovatsionnogo razvitiya APK Rossii: Sb. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Ch. 2.* Moscow: VIM, 2013. pp. 35-39 (Russian).

2. Golubkovich A.V. *Topki na rastitel'nykh otkhodakh: protsessy, konstruksii, rezhimy, raschety* [Fire chambers on vegetable waste: processes, designs, modes, calculations]. Moscow: VIM, 2011. 172 pp. (Russian).

3. Pat. № 2236643 RF. *Sposob i ustroystvo dlya szhiganiya tverdogo topliva, preimushchestvenno rastitel'nykh otkhodov* [Way and apparatus for burning of solid fuel, mainly vegetable waste]. Aniskin V.I., Golubkovich A.V., Chizhikov A.G., Kurbanov K.K. // *Byul.* 2004. No 26 (Russian).

4. Pat. № 2237834 RF. *Sposob szhiganiya tverdogo topliva i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya* [Way of burning of solid fuel and apparatus for its implementation]. Golubkovich A.V., Aniskin V.I., Kurbanov K.K. // *Byul.* 2004. No 28 (Russian).

5. Aniskin V.I., Golubkovich A.V., Sotnikov V.I.

Szhiganie rastitel'nykh otkhodov v psevdoozhizhennom sloe [Burning of vegetable waste in a fluidized bed]. *Teploenergetika.* – 2004. No 6. – S. 49-53.

6. Aniskin V.I., Golubkovich A.V. *Perspektivy ispol'zovaniya rastitel'nykh otkhodov v kachestve biotopliva* [Prospects of use of vegetable waste as biofuels] *Teploenergetika.* 2004. No 5. pp. 60-65 (Russian).

7. Pat. № 2266468 RF. *Sposob szhiganiya otkhodov v psevdoozhizhennom sloe i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya* [Way of burning of waste in a fluidized bed and apparatus for its implementation]. Golubkovich A.V., Chizhikov A.G., Kurbanov K.K. // *Byul.* 2005. No 35 (Russian).

8. Golubkovich A.V., Dadyko A.N., Marin R.A. *Modelirovanie podsushki vlazhnykh chastits rastitel'nykh otkhodov v topke zernosushilki* [Modeling of subdrying of humid particles of vegetable waste in fire chamber of grain dryer]. *Innovatsionnoe razvitie APK Rossii na baze intellektual'nykh mashinnykh tekhnologiy: Sb. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.* Moscow: VIM, 2014. pp. 258-261 (Russian).

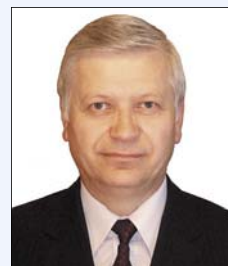
9. Golubkovich A.V. *Rastitel'nye otkhody dlya sel'skokhozyaystvennoy energetiki* [Vegetable waste for agricultural power economy]. *Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya.* 2005. No 7. pp. 24-29 (Russian).

УДК 621.436.2; 621.4-1/-3

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДОБАВОК ВОДЫ В КАМЕРУ СГОРАНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ



БИЖАЕВ А.В.,
аспирант,



ДЕВЯНИН С.Н.,
ДОКТ. ТЕХН. НАУК

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

Актуальную проблему для сельскохозяйственного сектора представляет токсичность дизельных двигателей, а также их высокая теплонапряженность. Основные токсичные компоненты, свойственные дизельным двигателям, – это оксиды азота и твердые частицы. Установлено, что добавка воды в топливо снижает теплонапряженность и токсичность двигателей. При подаче воды в камеру сгорания происходит охлаждение заряда, поступающего в цилиндр. Определили, что от способа подачи воды в камеру сгорания зависят показатели работы двигателя. Для проведения исследований выбрали два распространенных рациональных способа подачи воды в цилиндр: с воздухом и в виде водотопливной эмульсии. Предложен методике экспериментального исследования, которая заключается в сопоставлении выбранных способов по экологической безопасности двигателя внутреннего сгорания, его температурных режимов и регистрации предельного количества воды до нарушения нормальной работы дизеля. Проанализировали характеристики дизельного двигателя по токсичности отработанных газов, эффективности работы и температурному режиму в зависимости от способа подачи воды в цилиндры. Провели испытания на нагрузочных характеристиках при номинальной частоте вращения коленчатого вала дизеля, что соответствует режиму работы двигателя при проведении сельскохозяйственных операций на тракторе или комбайне. Показали, что подача 70 процентов воды с воздухом уменьшает температуру огневой поверхности головки на 27 процентов при средних значениях мощности 11-13 кВт. А при малых и максимальных нагрузках это снижение составляет около 20 процентов. При подаче воды с водотопливной эмульсией этот эффект меньше и на малых нагрузках составляет около 5 процентов, а при мощности 12-14 кВт доходит до 20 процентов.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, отработанные газы, добавка воды в двигатель, водотопливная эмульсия, оксиды азота.

Добавка воды в камеру сгорания (КС) дизелей служит эффективным методом снижения токсичных выбросов отработанных газов (ОГ) [1, 2]. В связи с этим возникает проблема выбора способа подачи воды в цилиндр.

Цель исследования – экспериментальный анализ двух наиболее распространенных и рациональных по трудозатратам способов подачи воды:

- через штатные форсунки с топливом;
- через специальную систему с воздухом.

Подача воды с топливом осуществлялась в виде

водотопливной эмульсии (ВТЭ) через топливную форсунку топливным насосом высокого давления (ТНВД). Принцип работы данной системы на ВТЭ такой же, как и с дизельным топливом (ДТ) в обычном режиме, но требуется установить дополнительное приспособление для приготовления эмульсии.

Подача воды с воздухом осуществляется посредством специальной системы, дозирующей количество воды и впрыскивающей ее во впускной тракт двигателя через электроуправляемые форсунки. Расходом воды и частотой открытия управляет

специально разработанная электронная система. Форсунка совершает впрыск воды во впускной коллектор до открытия впускного клапана каждого цилиндра. Угол подачи воды относительно оси коленчатого вала двигателя в положении нижней мертвой точки в начальный момент регулируется и может иметь как положительное, так и отрицательное значение.

Материалы и методы. Исследования проводили на дизельном двигателе Д-120 номинальной мощностью 20 кВт. Тормозной стенд мощностью 125 кВт содержит индикаторы частоты вращения вала и крутящего момента двигателя. Для индикации расхода топлива или ВТЭ использовали расходомер DFM50. Расход воды на впуск определяли по периоду открытия форсунки осциллографом С1-117. Для замеров токсичности ОГ использовали пятикомпонентный газоанализатор «Инфракар 5М-2.02». Количество сажи измеряли с помощью дымомера Bosch фильтрацией порции ОГ через фильтровальную бумагу марки «Ф». Теплонапряженность головки цилиндра оценивали термопарой типа «ХК» заводского исполнения.

В экспериментах на ДТ, ВТЭ, а также при подаче воды с воздухом на впуске расход воды изменяли от 0 до 100% от массы поданного топлива. Установили, что при подаче ВТЭ с концентрацией воды 100% двигатель прекращает работать при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ и выше, на меньших оборотах он работает, но с перебоями. Этого эффекта не наблюдалось при подаче воды в цилиндр с воздухом даже при повышении ее концентрации до 200%. Однако такое количество воды не способно полностью испариться в подаваемом воздухе, и, поступая в цилиндр в жидкой фазе, вода могла попадать в смазку, что было установлено ранее [3].

Результаты и обсуждение. Результаты испытаний двигателя в виде нагрузочных характеристик при частоте вращения 1800 мин^{-1} с подачей воды в количестве 80% с ВТЭ и с воздухом на впуске, а также без подачи воды представлены на рисунке 1. Как следует из полученных результатов, при подаче воды в виде эмульсии на высоких нагрузках отмечается рост эффективного КПД двигателя с 0,36 до 0,38 (рис. 1а), однако без регулировки ТНВД максимальная мощность снижается с 19,0 до 13,5 кВт. При добавке такого же количества воды с воздухом наблюдается снижение КПД с 0,26 до 0,24 на низких нагрузках.

Более существенное влияние способ подачи воды оказывает на показатели токсичности. При подаче воды с воздухом содержание монооксида углерода CO выше на 0,01-0,02% (рис. 1а), чем при работе на ДТ во всем диапазоне нагрузок. При подаче воды с ВТЭ увеличение CO существенно выше, и при мощности 13,5 кВт оно составляет 0,06%, что

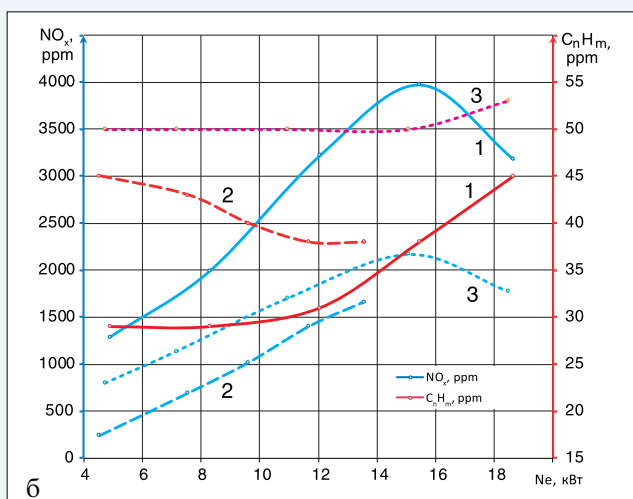
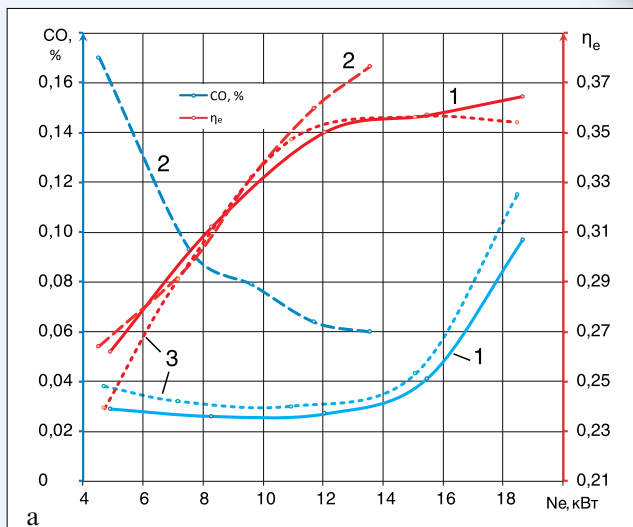


Рис. 1. Зависимость токсичности показателей и КПД от нагрузки ДВС:

а) η_e (эффективный КПД) и CO (монооксид углерода);
б) NO_x (оксиды азота) и C_nH_m (суммарные углеводороды);
1 – ДТ; 2 – ВТЭ; 3 – добавка воды с воздухом

выше почти в 2 раза, а на малых нагрузках выбросы CO достигают 0,16%, что превышает выбросы на ДТ почти в 5 раз. Такое различие можно объяснить более существенным снижением температуры в зоне горения топлива при подаче воды с ВТЭ, как следствие – замедление процесса сгорания, увеличение объема продуктов неполного сгорания, что и подтверждается другим исследованием [4].

Выбросы углеводородов появляются также в результате неполного сгорания топлива, и при подаче воды их количество увеличивается из-за снижения температуры сгорания (рис. 1б). При подаче воды с воздухом на участке 5-12 кВт концентрация C_nH_m составляет 50 ppm, то есть больше, чем при работе на ДТ, на 20 ppm. Дальнейшее увеличение мощности приводит к сокращению разницы до 8 ppm при мощности 19 кВт.

При подаче воды с ВТЭ при мощности 5-8 кВт концентрация углеводородов C_xH_y составляет 43-45 ppm, что выше на 13-15 ppm. При дальнейшем повышении мощности до 13,5 кВт этот показатель снижается до 38 ppm, превышение выбросов сокращается до 4 ppm, что меньше практически на 20%, чем при подаче воды с воздухом. Такое увеличение выбросов углеводородов при подаче воды с воздухом можно объяснить более низкой температурой воздушного заряда в цилиндре, что замедляет химические реакции окисления в пристеночных зонах камеры сгорания.

Снижение температуры сгорания негативно влияет на продукты неполного сгорания, но способствует образованию оксидов азота NO_x (рис. 1б). При подаче воды с ВТЭ выбросы оксидов азота в 3-4 раза меньше, чем при работе на ДТ, во всем диапазоне нагрузок. Так, при мощности 4,5 кВт, выбросы NO_x составляют 240 ppm вместо 1300 ppm, при нагрузках 13,5 кВт – 1660 ppm вместо 3700 ppm. При подаче воды с воздухом выбросы NO_x снижаются не так значительно, как при подаче с ВТЭ. Например, при мощности 5 кВт наблюдается снижение с 1300 до 800 ppm, а при мощности 15,5 кВт выбросы оксида азота сокращаются с 4000 до 2170 ppm, и общее падение при этом составляет 1830 ppm. На максимальной мощности 19 кВт окислы азота снижаются, по сравнению с работой на ДТ, с 3180 до 1780 ppm. Падение концентрации оксидов азота вызвана зависимостью интенсивности их образования от температуры сгорания смеси [5-7]. Концентрация оксидов азота уменьшается в связи со снижением температуры, особенно в зоне сгорания топлива.

Как и следовало ожидать, выбросы сажи имеют тенденцию к увеличению с ростом нагрузки на ДВС (рис. 2). При этом разница по выбросам сажи между способами подачи воды незначительна. При подаче воды с воздухом на малых нагрузках выбросы сажи снижаются на 0,2-0,3 ед. Bosch, а на больших нагрузках увеличиваются на 0,2-0,3 ед. Bosch, достигая значения 2,3 ед. Bosch. С подачей воды в виде ВТЭ тенденция неоднозначная, в пределах погрешности измерений. Можно наблюдать рост выбросов сажи в области повышенных нагрузок до 1,3 ед. Bosch. При этом же значении нагрузки выброс сажи при подаче воды с воздухом меньше и составляет 0,8 ед. Bosch, что ниже почти в 1,5 раза.

Оценка теплонапряженности деталей камеры сгорания может быть проведена по температуре го-

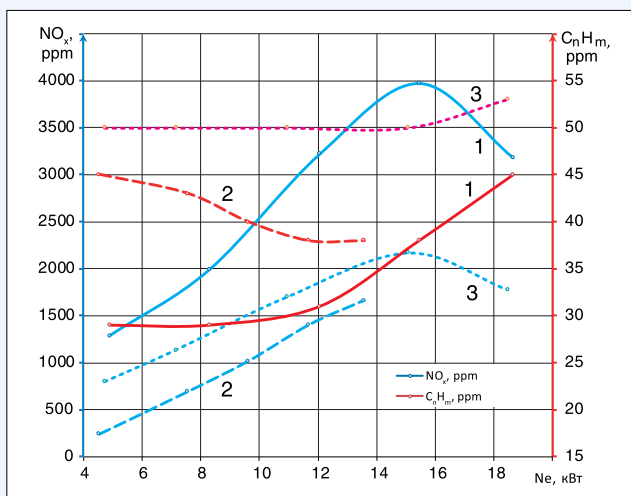


Рис. 2. Относительное изменение температуры головки (T_u/T_{u0}) и выбросов сажи с ОГ (ТЧ) от нагрузки на ДВС: 1 – ДТ; 2 – ВТЭ; 3 – добавка воды с воздухом

ловки на огневой поверхности, измеренной термодарами каждого цилиндра. Результаты измерений представлены на рисунке 2 в виде относительных величин и в сравнении с работой на ДТ. Подача 80% воды с воздухом уменьшает на 27% температуру огневой поверхности головки при средних значениях мощности (11-13 кВт), а при малых и максимальных нагрузках это снижение составляет около 20%. При подаче воды с ВТЭ эффект меньше и на малых нагрузках составляет около 5%, а при мощности 12-14 кВт доходит до 20%.

Выводы. Добавка воды в цилиндры двигателя влияет на выбросы токсичных компонентов и уровень тепловой напряженности, причем это влияние зависит от способа подачи воды. При подаче 80% воды от количества топлива в цилиндры дизеля Д-120 повышаются выбросы продуктов неполного сгорания (CO и C_xH_y). Причем выбросы CO увеличиваются при подаче воды с ВТЭ больше, чем при подаче ее с воздухом. Выбросы углеводородов, наоборот, активнее возрастают при подаче воды с воздухом, чем с ВТЭ. Выбросы оксидов азота снижаются интенсивнее при подаче воды с ВТЭ, чем с воздухом.

Теплонапряженность деталей камеры сгорания уменьшается при подаче воды в цилиндры двигателя, особенно при подаче с воздухом.

Добавка воды с ВТЭ без дополнительной регулировки ТНВД приводит к снижению максимальной мощности, а при подаче 100% воды – к прекращению нормальной работы двигателя.

наук. – М., 1987. – 272 с.

2. Савельев Г.С. Выбор технологии конвертации тракторных дизелей при работе на компримированном природном газе // Инновационные технологии и техника нового поколения – основа модернизации

Литература

1. Конев А.Ф. Использование добавок воды и бензина на впуске тракторных двигателей в условиях жаркого климата: Дисс. ... канд. техн.

сельского хозяйства: Сб. науч. докл. Междунар. науч.-техн. конф. Ч. 2. – М.: ВИМ, 2011. – С. 105-109.

3. Андросчук В.С. Совершенствование технологии безразборной очистки от нагара деталей цилиндра-поршневой группы путем подачи воды на впуске в цилиндры дизеля: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – СПб.: С.-Петербург. гос. аграр. ун-т, 1996. – 17 с.

4. Звонов В.А. Токсичность двигателей внутреннего сгорания. – М.: Машиностроение, 1981. – 160 с.

5. Зельдович Я.Б., Садовников П.Я., Франк-Ка-

менецкий Д.А. Окисление азота при горении. – М.: АН СССР, 1947. – 147 с.

6. Сапьян Ю.Н., Колос В.А., Кабакова В.Н. Проблемы использования оксигенатов как компонентов моторных топлив // Система технологий и машин для инновационного развития АПК России: Сб. науч. докл. Междунар. науч.-техн. конф. Ч. 2. – М.: ВИМ, 2013. – С. 144-148.

7. Бижаяев А.В. Исследование методов добавок воды в топливо в поршневой двигатель внутреннего сгорания // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2015. – № 1. – С. 16-19.

EXPERIMENTAL RESULTS OF WATER ADDITIVES IN DIESEL ENGINE COMBUSTION CHAMBER

A.V. Bizhaev, S.N. Devyanin

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

An agricultural sector has an actual problem. It means toxicity of diesel engines, and also their high heat density. The main toxic components such as nitrogen oxides and firm particles are typical for diesel engines. The water additive in fuel reduces heat density and toxicity of engines. At water supply in the combustion chamber there is a cooling of the charge coming to the cylinder. Indicators of engine operation depend on a way of water supply in the combustion chamber. The authors chose for researches two widespread rational ways of water supply in the cylinder: with air and in the form of a water fuel emulsion. A technique of an experimental study consists in comparison of the chosen ways on ecological safety of an internal-combustion engine, its temperature conditions and registration of a limit amount of water before violation of normal operation of the diesel. The authors analysed characteristics of the diesel engine on toxicity of exhaust gases, engine efficiency and temperature condition depending on a way of water supply in cylinders. They carried out tests on load characteristics with a nominal frequency of rotation of a cranked shaft of the diesel that corresponds to power at agricultural operations on a tractor or a harvester. Water supply of 70 percent with air reduces temperature of a piston crown fire surface by 27 percent at average values of the power of 11-13 kW. But at low and maximum loadings this decrease makes about 20 percent. At water supply with a water fuel emulsion this effect is less and on low loadings makes about 5 percent, and at the power of 12-14 kW it reaches 20 percent.

Keywords: Internal combustion engine; Exhaust gases; Water fuel emulsion; Water additive in an engine; Nitrogen oxides.

References

1. Konev A.F. Ispol'zovanie dobavok vody i benzina na vpuske traktornykh dvigateley v usloviyakh zharkogo klimata [Use of intake additives of water and benzine in tractor engines at hot climate conditions]: Diss. ... kand. tekhn. nauk. Moscow, 1987. 272 pp. (Russian).

2. Savel'ev G.S. Vybora tekhnologii konvertatsii traktornykh dizeley pri rabote na komprimirovannom prirodnom gaze [Choice of tractor diesels converting technology when compressed natural gas operate]. Innovatsionnye tekhnologii i tekhnika novogo pokoleniya – osnova modernizatsii sel'skogo khozyaystva: Sb. nauch. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Ch. 2. M.: VIM, 2011. pp. 105-109 (Russian).

3. Androschuk V.S. Sovershenstvovanie tekhnologii bezrazbornoy ochistki ot nagara detaley tsilindro-porshnevoy gruppy putem podachi vody na vpuske v tsilindry dizelya [Improvement of technology of in-place cleaning of a deposit of components of cylinder-piston group by intake water supply in diesel cylinders]:

Avto-ref. diss. ... kand. tekhn. nauk. SPb.: S.-Peterb. gos. agrar. un-t, 1996. 17 pp. (Russian).

4. Zvonov V.A. Toksichnost' dvigateley vnutrennego sgoraniya [Toxicity of internal combustion engines]. Moscow: Mashinostroenie, 1981. 160 pp. (Russian).

5. Zel'dovich Ya.B., Sadovnikov P.Ya., Frank-Kamenetskiy D.A. Okislenie azota pri gorenii [Oxidation of nitrogen when burning]. Moscow: AN SSSR, 1947. 147 pp. (Russian).

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

7. Bizhaev A.V. Issledovanie metodov dobavok vody v toplivo v porshnevoy dvigatel' vnutrennego sgoraniya [Research of methods of water additives to fuel in conventional engine]. Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii. 2015. No. 1. pp. 16-19 (Russian).

УДК 631.356.02

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЧИСТИТЕЛЯ ГОЛОВОК КОРНЕПЛОДОВ

АДАМЧУК В.В.¹,
академик НААНУ,
докт. техн. наук,

БУЛГАКОВ В.М.²,
академик НААНУ,
докт. техн. наук

¹Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства» НААН Украины, ул. Вокзальная, 11, пос. Глеваха, Васильковский район, Киевская обл., 08631, Украина, adamchukvv@mail.ru,

²Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, ул. Героев Оборона, 15, г. Киев, 03041, Украина, e-mail: vbulgakov@meta.ua

При модернизации свеклоуборочных машин необходима разработка новых конструкций барабанного очистителя головок корнеплода. Показали, что барабанный очиститель, контактируя с головкой корнеплода, очищает ее от ботвы вследствие принудительного вращения барабана вокруг горизонтальной оси и его поступательного движения по головке корнеплода. Установили, что эффективное счесывание остатков ботвы с головки корнеплода без ее повреждения происходит под действием максимально допустимой силы прижима барабана к головке корнеплода в зависимости от силы реакции корнеплода, направленной по нормали по отношению к поверхности головки. Выявлено, что при этом сила реакции корнеплода зависит от допустимого для корнеплода статического напряжения и площади пятна контакта поверхности барабана и корнеплода. Определена необходимая сила контакта барабана с головкой в любой точке контакта для обеспечения процесса счесывания остатков ботвы с головки корнеплода. Предложили дифференциальное уравнение движения барабана при полном обкатывании головки корнеплода. Получены формулы для определения площади пятна контакта, массы барабана и силы прижима пружины, учитывающие неотрывность контакта барабана и корнеплода. Разработали новую математическую модель взаимодействия очистителя барабанного типа с головкой корнеплода в процессе счесывания остатков ботвы. Привели математические зависимости, обосновывающие параметры очистителя.

Ключевые слова: свеклоуборочная машина, головка корнеплода, ботва, копирный ботвосрезающий аппарат.

Процесс очистки головок корнеплодов от остатков ботвы на корню барабанным очистителем осуществляется в результате контакта поверхности барабана с головкой корнеплода. Вследствие принудительного вращения барабана вокруг горизонтальной оси и его поступательного движения по головке корнеплода происходит ее очистка. Сетчатая поверхность барабана, которая счесывает остатки, образована перекрестным размещением металлических прутков определенного диаметра [1-7].

Цель исследований – определение новых математических зависимостей, необходимых при расчете оптимальных параметров барабанного очистителя головок корнеплодов.

Материалы и методы. Считаем, что барабан очистителя радиусом R во время поступательного движения справа налево со скоростью $\bar{V}_D$ и вращения с угловой скоростью ω наезжает на головку корнеплода, который размещен (фактически жестко закреплен) в почве (рис. 1). При этом головка кор-

неплода аппроксимируется полукругом радиусом r , который выступает над уровнем поверхности почвы на высоту h . Центр полукруга головки обозначен точкой O , ось барабана – O_1 .

Для составления дифференциальных уравнений движения барабана принята неподвижная система координат xAy , которая связана с поверхностью почвы. Ее начало находится в точке A , то есть в точке контакта барабана с поверхностью почвы в момент его наезда на головку корнеплода (момент начала контакта барабана с головкой корнеплода в точке K_1). Поверхность почвы принята ровной и недеформируемой. При этом ось Ax направлена горизонтально в сторону поступательного движения очистителя, ось Ay – вертикально вверх.

Подвижная система координат $\bar{x}K_i\bar{y}$ в любой момент времени будет иметь начало в подвижной точке K_i контакта барабана с головкой корнеплода. Ось $K_i\bar{x}$ в каждом рассматриваемом положении барабана направлена по касательной к поверхности го-

ловки корнеплода, ось $K_i\bar{n}$ – по нормали к этой поверхности.

Во время контакта барабана с головкой корнеплода в произвольной ее точке к барабану приложены следующие силы: $\bar{G}$ – вес барабана, $\bar{P}$ – сила прижима пружины, $\bar{T}$ – сила тяги, $\bar{F}_B$ – центробежная сила инерции, $\bar{F}_{mp}$ – сила трения скольжения, $\bar{S}$ – окружное усилие на барабане, $\bar{N}$ – сила реакции со стороны почвы, $\bar{N}_K$ – сила реакции корнеплода, направленная по нормали к поверхности головки.

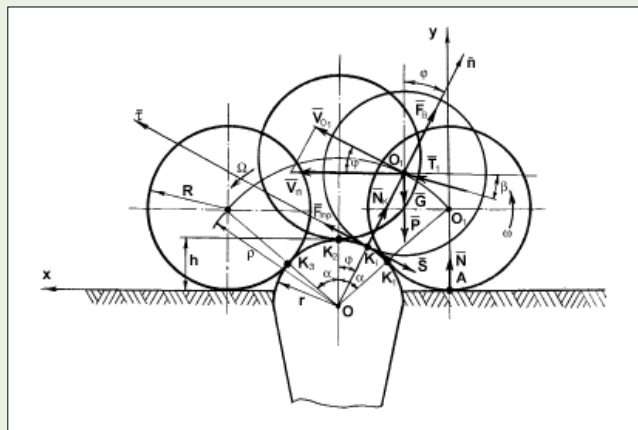


Рис. 1. Эквивалентная схема движения барабана по головке корнеплода

Очевидно, что до первоначального соприкосновения барабана с головкой корнеплода, которое осуществляется в точке контакта K_1 , силы $\bar{G}$ и $\bar{P}$ уравновешиваются силой реакции $\bar{N}$ со стороны поверхности почвы. Кроме того, до точки контакта K_1 вектор скорости $\bar{V}_{O_i}$ оси O_i барабана совпадает с вектором скорости $\bar{V}_H$ поступательного движения очистителя, то есть $\bar{V}_{O_i} = \bar{V}_H$.

В произвольной точке K_i контакта барабана с головкой корнеплода вектор $\bar{V}_{O_i}$ будет равен:

$$\bar{V}_{O_i} = \bar{V}_H \cos \varphi,$$

где φ – угол между векторами $\bar{V}_H$ и $\bar{V}_{O_i}$.

При движении барабана от точки K_1 до точки K_2 угол φ изменяется от α до нуля, а от точки K_2 до точки K_3 – от нуля до минус α . Мгновенно после последней точки контакта K_3 скорость будет равной $\bar{V}_{O_i} = \bar{V}_H$. Траекторией движения оси барабана O_i от точки K_1 до точки K_3 служит дуга окружности радиусом ρ , причем:

$$\rho = r + R,$$

где $r = OK_1$ – радиус головки корнеплода;

$$R = K_1O_i \text{ – радиус барабана.}$$

Траекторией движения оси барабана O_i до и после контакта с головкой корнеплода будет прямая линия.

Центробежная сила инерции $\bar{F}_B$ в произвольной точке контакта K_i равна:

$$F_B = \frac{mV_{O_i}^2}{\rho} = \frac{mV_H^2 \cos^2 \varphi}{\rho}. \quad (1)$$

Соответственно, в точках K_1 и K_3 ее значение будет определяться таким выражением:

$$F_B = \frac{mV_H^2 \cos^2 \alpha}{\rho}. \quad (2)$$

В точке K_2 значение этой силы равно:

$$F_B = F_{B \max} = \frac{mV_H^2}{\rho}. \quad (3)$$

Рассмотрим более подробно начало взаимодействия барабана с головкой корнеплода, для чего составим отдельную силовую схему, которая представлена на рисунке 2.

Поскольку в точке контакта K_1 будет иметь место равенство $\bar{G} + \bar{P} + \bar{N} = 0$, то условие столкновения барабана с головкой корнеплода в точке K_1 в проекции на нормаль $\bar{n}$, учитывая (2), будет иметь вид:

$$N_1 = [\sigma_d] A_K = T \sin(\alpha - \beta) - \frac{mV_H^2 \cdot \cos^2 \alpha}{\rho}, \quad (4)$$

где $[\sigma_d]$ – допустимое динамическое напряжение для корнеплодов;

A_K – площадь пятна контакта поверхностей барабана и корнеплода при их взаимодействии.

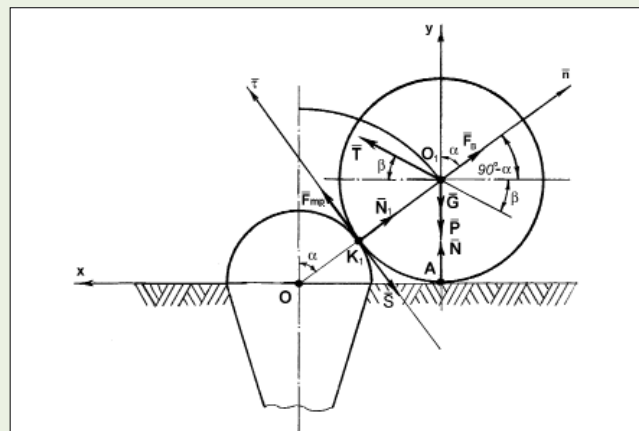


Рис. 2. Схема начала взаимодействия барабана с головкой корнеплода

Для обеспечения процесса счесывания остатков с головки корнеплода надо подобрать необходимую силу контакта барабана с головкой $\bar{N}_K \neq 0$ в любой точке K_i контакта. Очевидно, что этому условию будет соответствовать аналитическое выражение:

$$N_k = G \cos \varphi + P \cos \varphi - F_B + T \sin(\varphi - \beta) \neq 0. \quad (5)$$

Уравнение представляет собой сумму проекций всех сил, которые приложены к барабану, на нор-

маль $\bar{n}$, проведенную через точку контакта K_i .

При заданных весе $\bar{G}$ и радиусе R барабана, а также поступательной скорости его движения $\bar{V}_\Pi$ необходимое значение $\bar{N}_K$ может обеспечить лишь усилие прижима пружины $\bar{P}$.

Отрыв барабана от головки корнеплода возможен лишь при условии, когда $N_K = 0$.

Однако условие неотрывности фактически еще не обеспечивает требуемого уровня качества выполнения технологического процесса барабанным очистителем. Нужно за счет усилия прижима пружины $\bar{P}$ подобрать такое значение $\bar{N}_K$, чтобы выполнялось условие:

$$N_K = [\sigma_{CT}] A_K, \quad (6)$$

где $[\sigma_{CT}]$ – допустимое статическое напряжение для корнеплодов.

Необходимо учитывать то обстоятельство, что при условии $N_K > [\sigma_{CT}] A_K$ будет иметь место повреждение корнеплодов.

Результаты и обсуждение. Таким образом, технологический процесс работы барабанного очистителя (качественное счесывание остатков ботвы) возможен при условии:

$$[\sigma_{CT}] A_K + \left(\frac{V_\Pi^2 \cos \varphi}{\rho} - g \right) m \cdot \cos \varphi - P \cos \varphi - T \sin(\varphi - \beta) = 0 \quad (7)$$

для любой точки контакта K_i барабана с головкой корнеплода.

Для самой верхней точки K_2 ($\varphi = 0$) контакта барабана с головкой корнеплода из уравнений (3) и (7) получим:

$$[\sigma_{CT}] A_K + \left(\frac{V_\Pi^2}{\rho} - g \right) m - P + T \sin \beta = 0. \quad (8)$$

Поскольку на участке $K_1 K_2$ барабан вследствие поступательного движения наезжает на головку корнеплода, то условие неотрывности барабана на участке $K_1 K_2$ будет гарантированно обеспеченным.

На участке $K_2 K_3$ барабан, наоборот, съезжает с головки корнеплода, поэтому возможен его отрыв от нее. Чтобы этого не произошло, необходимо подобрать величину силы прижима пружины $\bar{P}$, которая обеспечит контакт барабана с головкой корнеплода на протяжении всего участка. Совершенно очевидно, что если указанный контакт будет обеспечен в точке K_3 , то он будет сохраняться и на всем участке $K_2 K_3$.

С этой целью необходимо составить дифференциальное уравнение движения барабана (его оси O_1) при полном обкатывании головки корнеплода. С учетом всех сил, которые действуют на барабан

в любой точке K_i его контакта с головкой корнеплода, данное уравнение в векторной форме будет иметь вид:

$$m\bar{a} = \bar{N}_K + \bar{F}_B + \bar{P} + \bar{G} + \bar{F} + \bar{S} + \bar{T}, \quad (9)$$

где m – масса барабана; $\bar{a}$ – ускорение барабана.

Если спроецировать данное дифференциальное уравнение на оси x и y выбранной неподвижной системы координат, то получим систему дифференциальных уравнений, которая описывает в общем виде движение барабана очистителя по поверхности головки корнеплода:

$$\left. \begin{aligned} \ddot{x} &= \frac{1}{m} \left[-N_K \sin(\alpha - \Omega t) - \frac{mV_\Pi^2 \cdot \cos^2(\alpha - \Omega t)}{\rho} \sin(\alpha - \Omega t) + \right. \\ &\quad \left. + fN_K \cos(\alpha - \Omega t) - S \cos(\alpha - \Omega t) + T \cos \beta \right], \\ \ddot{y} &= \frac{1}{m} \left[N_K \cos(\alpha - \Omega t) + \frac{mV_\Pi^2 \cdot \cos^3(\alpha - \Omega t)}{\rho} - P - mg + \right. \\ &\quad \left. + fN_K \sin(\alpha - \Omega t) - S \sin(\alpha - \Omega t) + T \sin \beta \right], \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

где Ω – угловая скорость перекачивания барабана по головке корнеплода.

После интегрирования системы уравнений (10) и сложных математических выкладок, учитывающих неотрывность контакта барабана и корнеплода на участке $K_2 K_3$, получим формулы для определения площади пятна контакта A_K , массы барабана m и силы прижима пружины $\bar{P}$.

Так, из уравнения (4) найдем площадь пятна контакта барабана с головкой корнеплода:

$$A_K = \frac{T \cdot \rho \cdot \sin(\alpha - \beta) - mV_\Pi^2 \cdot \cos^2 \alpha}{[\sigma_d] \rho}.$$

А затем рассчитаем силу прижима пружины $\bar{P}$:

$$\begin{aligned} P &= m \left[-g - \frac{[\sigma_{CT}]}{[\sigma_d]} \frac{V_\Pi^2 \cos^2 \alpha}{\rho} \left(\frac{f \sin \alpha}{\alpha^2} + \frac{\sin \alpha}{\alpha} - \frac{f \cos \alpha}{\alpha} \right) + \right. \\ &\quad \left. + \frac{V_\Pi^2 \cos \alpha}{\rho} + \frac{V_\Pi^2 \sin \alpha}{\alpha \rho} - \frac{V_\Pi^2 \sin^3 \alpha}{3\alpha \rho} \right] - \frac{S \sin \alpha}{\alpha^2} + \\ &\quad + \frac{[\sigma_{CT}]}{[\sigma_d]} T \sin(\alpha - \beta) \left(\frac{f \sin \alpha}{\alpha^2} + \frac{\sin \alpha}{\alpha} - \frac{f \cos \alpha}{\alpha} \right) + \\ &\quad + T \sin \beta + \frac{S \cos \alpha}{\alpha}. \end{aligned}$$

Поскольку сила $\bar{P}$ определена с учетом N_K , то это как раз и есть максимально допустимая сила прижима барабана к головке корнеплода, при которой будет обеспечено эффективное счесывание остатков ботвы с головки корнеплода без ее повреждения.

Выводы. Получены новые математические зависимости, которые дают возможность только на основе конструктивных и технологических параметров рассчитать оптимальные критерии барабанного очистителя головок корнеплодов.

Литература:

1. Погорель Л.В., Татьяна Н.В. Свеклоуборочные машины: История, конструкция, прогноз. – К.: Феникс, 2004. – 232 с.
2. Булгаков В.М. Буракозбиральні машини. – К.: Аграрна наука, 2011. – 352 с.
3. Зуев Н.М., Топоровский С.А. Бескопирный срез головок корнеплодов // Сахарная свекла. – 1988. – № 6. – С. 42-45.
4. Роїк М.В., Зуєв М.М., Курило В.Л., Гуменник М.Я. Науково-методичні рекомендації щодо збирання цукрових буряків. – К.: Аграрна наука, 2002. – 40 с.
5. Булгаков В.М., Борис А.М. Методика та за-

соби лабораторних досліджень процесу відокремлення гички експериментальними робочими органами // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. – 2011, В. 107, Т. 1. – С. 175-188.

6. Борис А.М. Моделювання технологічного процесу видалення гички комбінованим способом // Вісник аграрної науки: – Київ. 2011. – № 7. – С. 66-68.

7. Борис А.М. Обґрунтування раціонального діапазону копирного зрізу гички цукрових буряків. Збірник наукових статей Луцького національного технічного університету. – Луцьк, 2011. – № 21(1). – С. 26-30.

MATHEMATICAL MODEL OF ROOT CROPS HEADS CLEANER

V.V. Adamchuk¹, V.M. Bulgakov²

¹National Research Centre «Institute for Mechanization and Electrification of Agriculture» of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Vokzal'naya St., 11, set. Glevakha, Vasil'kovskiy district, Kiev region, 08631, Ukraine

²National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Geroev Oborony St., 15, Kiev, 03041, Ukraine, e-mail: vbulgakov@meta.ua

Working out of new designs of a drum cleaner of root crop heads is necessary at modernization of beet-harvesters. A drum cleaner, contacting to a root crop head, clears it of a leafy tops owing to compulsory drum rotation round a horizontal axis and its forward motion on a surface of a root crop head. An effective doffing of tops remains from a root crop head without its damage occurs under an influence of a maximum allowed force of a hold-down of a drum to a root crop head depending on force of the reaction of a root crop directed on a normal to a head surface. Thus, force of reaction of a root crop depends on a static stress, admissible for a root crop, and the area of contact of a drum and a root crop surfaces. The authors determined a necessary force of contact of a drum with a head in any point for ensuring process of a doffing of the top remains from a root crop head. A differential equation of the movement of a drum at full copying of a root crop head was offered. Due to received formulas it is possible to determinate an area of a contact spot, mass of a drum and hold-down force of a spring considering a stability of contact of a drum and a root crop. The authors worked out new mathematical model of interaction of a drum cleaner with a root crop head during doffing of leafy tops remains and gave mathematical dependences proving cleaner parameters.

Keywords: Beet-harvester; Root crop head; Leafy tops; Template-controlled vine cutter.

References

1. Pogorelyy L.V., Tat'yanko N.V. Sveklouborochnye mashiny: Istoriya, konstruktziya, prognoz [Beet harvesters]. Kiev: Feniks, 2004. 232 pp. (Russian)
2. Bulgakov V.M. Buryakozbiral'ni mashini [Beet harvesters]. Kiev: Agrarna nauka, 2011. 352 pp. (Ukrainian).
3. Zuev N.M., Toporovskiy S.A. Beskopirnyy srez golovok korneplodov [Untemplate-controlled cut of root crop heads]. Sakharnaya svekla. 1988. No. 6. pp. 42-45 (Russian).
4. Roik M.V., Zuev M.M., Kurilo V.L., Gumentik M.Ya. Naukovo-metodichni rekomendatsii shchodo zbirannya tsukrovikh buryakiv [Scientific and methodical recommendations for sugar beet harvesting]. Kiev: Agrarna nauka, 2002. 40 pp. (Ukrainian).
5. Bulgakov V.M., Boris A.M. Metodika ta zasobi

laboratornikh doslidzhen' protsesu vidokremlennya gichki eksperimental'nimi robochimi organami [Technique of laboratory researches of leafy tops doffing by experimental working elements]. Visnik Kharkivs'kogo natsional'nogo tekhnichnogo universitetu sil's'kogo gospodarstva im. P. Vasilenka. 2011, V. 107, T. 1. pp. 175-188 (Ukrainian).

6. Boris A.M. Modelyuvannya tekhnologichnogo protsesu vidalennya gichki kombinovanim sposobom [Modeling of technological process of leafy tops doffing by combined way]. Visnik agrarnoi nauki: Kiev, 2011. No. 7. pp. 66-68 (Ukrainian).

7. Boris A.M. Obgruntuvannya ratsional'nogo diapazonu kopirного zrizu gichki tsukrovikh buryakiv. Zbirnik naukovikh statey Luts'kogo natsional'nogo tekhnichnogo universitetu [Justification of rational range of a template-controlled cut of leafy tops of sugar beet]. Lutsk, 2011. No. 21(1). pp. 26-30 (Ukrainian).

УДК 631.171:621.865.8



РУНОВ Б.А.,
академик РАН,
профессор

Каждый луч солнца, не уловленный зеленой поверхностью листа, луга или леса – богатство, потерянное навсегда, за растрату которого более просвещенный потомок когда-нибудь осудит своего невежественного предка.

К.А. Тимирязев

В мире продолжаются концентрация, специализация и интеграция производства, широкое использование электроники, генной инженерии. Проведен анализ новейшей информационной техники. Представлены машины и оборудование робототехники различных стран.

Ключевые слова: робототехника, дистанционное управление, автоматизированные агрегаты, экология, энергосберегающие технологии, производительность труда.

Сельскохозяйственная отрасль имеет свои отличительные особенности от всех остальных отраслей, а именно: разбросанность площадей, сезонность, необходимость работать в жару и холод, при дождливой и снежной погоде, зависимость от климатических условий, взаимодействие с живыми организмами, с живой природой, обеспечение человечества пищей и одеждой. Это самая древняя отрасль народного хозяйства на земле.

Рассматривая тенденции развития мирового АПК, необходимо отметить, что в мире продолжают концентрация, специализация и интеграция производства, широкое использование электроники, генной инженерии, информационных технологий, увеличение инвестиций в науку и образование. Прошлый век – это время применения радио, телевидения, открытия лазера, полета в космос, создания Интернета, мобильного телефона. XXI век – это эпоха генной инженерии, широкого применения ИТ во всех сферах деятельности человека, глобализации, роботизации и широкого использования нетрадиционных источников энергии.

Цель исследования – представить роботизированные и автоматизированные агрегаты, успешно применяемые в различных отраслях с целью совершенствования технологии точно земледелия, повышения производительности труда, снижения энергозатрат на единицу производимой продукции.

Материалы и методы. Преимущества применения робототехнических средств (РТС) заключаются в следующем:

- большая точность и скорость выполнения операций;
- отсутствие усталости;
- выполнение монотонных и тяжелых работ;
- функционирование в агрессивных, вредных и опасных местах, недоступных человеку;
- отсутствие потребности в социальных расходах и ряд других преимуществ.

Как видно из всех перечисленных преимуществ РТС, все они могут использоваться в АПК. В первую очередь АПК – энергозатратная отрасль, где еще широко используется ручной труд.

Поэтому применение РТС позволит решать ос-

новную цель в сельском хозяйстве и в АПК – это увеличение производства продовольствия, снижение энергозатрат на единицу производимой продукции при одновременном повышении урожайности сельскохозяйственных культур и продуктивности животных.

Результаты и обсуждение. На современном уровне развития мирового общества роботизацией охвачены практически все отрасли – от производства военной техники и детских игрушек до применения различных роботов в промышленности и АПК. Технический прогресс наращается быстрыми темпами, и то, что вчера казалось несбыточным, сегодня реализуется, и в первую очередь с использованием РТС.

Изобретатель и футуролог Рэй Курцвейл, автор технологических прогнозов, опубликовал предсказания в книге «Эпоха мыслящих машин», вышедшей в 1990 г. Последний раз он озвучил свое видение будущего на международном конгрессе SAE 2015 в Детройте, сформулировав подробный прогноз развития ключевых отраслей до конца XXI века.

Постоянные разработки ведут к новым поколениям роботов – «машин», достаточно умных для того, чтобы изобретать технологии самостоятельно. Черта между творцом и творением становится в будущем все более размытой благодаря компьютерному зрению, машинному обучению. Человечество подходит к точке, где следующим шагом «машин» будет проектирование своих собственных алгоритмов: «лучше, быстрее, умнее».

Вопрос разработки боевых роботов уже обсуждается в ООН. На данный момент международная организация рассматривает варианты запрета выпуска определенных видов автономных боевых систем. Предсказывают, что через 15-20 лет появятся люди, которые добровольно захотят стать киборгами, а из-за обилия имплантатов будет переосмыслен и сам термин «человеческое существо». Машины смогут изготавливать органы.

Появятся компьютерные имплантаты, способные наделять человека сверхспособностями: усилить восприятие, улучшить память, увеличить скорость реакции и сократить время обучения.

Уже сейчас принтер 3D начал печатать человеческие органы, быстро возводить дома, и это не выглядит фантастикой. В США в институте Ренсселера был проведен эксперимент, который закончился неожиданным результатом. Машины продемонстрировали способность логически мыслить.

В КНР открывается первый в мире супермаркет роботов. В магазине можно приобрести робота, как обычно мы покупаем продукты питания. Площадь супермаркета составит 20 тыс. м². Только в

2014 г. в Китае было продано 56 тыс. промышленных роботов, что на 54% больше, чем в предыдущем году. В Шанхае прошла крупнейшая выставка роботов, на которой были представлены около 300 экспонентов из 18 стран мира.

Австралийский инженер Марк Пивак разработал робот-укладчик, способный построить жилой дом в рекордно короткие сроки.

В интернет-издании *The Robot Report* приводится информация о результатах научных разработок в области роботизации.

На практике уже можно встретить робота-охранника и много других роботов, которые заменяют человека. Японский семейный робот запоминает до 7 членов семьи и распознает их по лицам или голосу. Словарный запас – 65 тыс. фраз и 1000 отдельных слов.

Появился для обсуждения Закон о роботах, некогда сформулированный американским фантастом Айзеком Азимовым, который гласит:

1. Робот не может причинить вред человеку или своим бездействием допустить, чтобы человеку был причинен вред.

2. Робот должен повиноваться всем приказам, которые дает человек, кроме тех случаев, когда эти приказы противоречат Первому Закону.

3. Робот должен заботиться о своей безопасности в той мере, в которой это не противоречит первому и второму пунктам.

Что касается непосредственно АПК, то наиболее роботизирована в настоящее время сфера переработки и упаковки продовольствия. Различные автоматизированные линии производства продовольствия, разливные и упаковочные автоматы применяют в мире несколько десятков лет.

Появились автоматы-теплицы, автоматы-птичники, а производство доильных роботов в молочном животноводстве поставлено на поток.

Роботы-дроны следят за поведением животных на пастбищах, ведут мониторинг выращивания растений, отслеживают перемещение вредных насекомых, позволяют составлять электронные карты для сельского хозяйства. Выпускаются самоуправляемые машины для опрыскивания в садах, различные сеялки и культиваторы, комбайны для сбора ягод и другие РТС.

Представляет интерес недавно опубликованная в Интернете информация на примере работ 25 компаний, которые пытаются создавать и использовать робототехнику для решения проблем сельского хозяйства. На вебсайтах этих компаний можно найти более подробную характеристику роботов, а также сведения о том, чем эти компании занимаются, какие их продукты будут доступны (или уже доступны) и сколько они будут стоить.

Например, компании *ISO Group, FlierSystems* (Нидерланды) роботизировали процессы выращивания цветов в теплицах с системой их посадки. Продуктом *Autonomous Tractor* (США) стал роботизированный трактор без кабины. Робот компании *Blue River Technology* (США) работает как культиватор. Фирма *Agrobot* (Испания) выпускает гидропонную систему выращивания и сбора урожая клубники: *Agrobot SW6010* и *AGSHydro*. Компания *Agrobotix* сдает дроны в аренду кооперативам, агрономам, консультантам, руководителям хозяйств и крупным промышленным сельскохозяйственным корпорациям. Эти аппараты позволяют получать снимки и карты с высоким разрешением с помощью разнообразных датчиков, обрабатывать их, а также составлять карты, чтобы выявить, какие участки поля больше нуждаются в применении удобрений. Компания предлагает услуги по обработке изображений с оплатой за единицу площади для разработки карт в рамках годового контракта. Это лишь несколько примеров применения робототехнических средств в сельском хозяйстве.

РТС находит все более широкое применение в технологиях точного земледелия (ТТЗ), широко распространившихся в последние 10-15 лет. ТТЗ позволили совершенно по-иному и на другом уровне рассматривать многочисленные факторы, влияющие на рост растений, сокращать затраты на семена, удобрения, ядохимикаты, воду, снижая себестоимость производимой продукции. Все большее значение в мире придается энергосберегающим технологиям, когда пахота плугом заменяется минимальной или нулевой обработкой, что снижает энергозатраты на производство, предотвращает эрозию почвы.

Успешно работают автоматизированные агрегаты, которые за один проход делают три-пять операций. Появилась робототехника на уборке овощных и садовых культур. Во всех конструкциях новой техники просматриваются элементы автоматизации и роботизации. Автоматизированные тележки с дистанционным управлением могут передвигаться по полям, замеряя и передавая, с учетом пространства и времени, различную информацию о растениях. Технология движения нескольких машин без водителей получила первую премию на международной выставке сельхозтехники в Гренобле в 2013 г. Ученые обсуждают проблемы предела мощностей тракторных агрегатов. Маломощный, автоматически работающий агрегат дешевле, и его легче заменить, он более гибкий для выполнения различных работ, работает в рациональном режиме с полной загрузкой и может быть задействован большее количество часов в году, оказывает меньшее разрушительное действие на поч-



Робот в садах



Робот в ресторане



Робот-газонокосилка

ву, успешнее работает на влажной почве, что очень важно при посеве растений, и имеет ряд других преимуществ по сравнению с мощной техникой.

Выводы

1. Темпы роста производства и применения робототехнических средств в военной и гражданских отраслях очень высокие. Автономно работающий робот нуждается в постоянном надежном и длительном электропитании. Только энергоемкие быстрозаряжающиеся аккумуляторы и солнечные батареи смогут обеспечить это в ближайшем будущем.

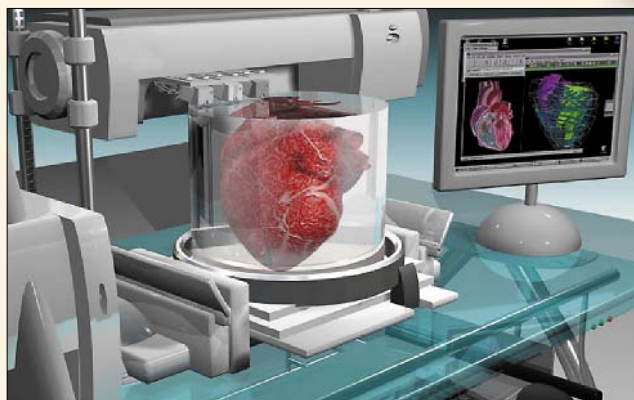
2. Тематика научных институтов и вузов должна отражать мировой опыт исследований, включая направления: разработка технологий с применением РТС и «умных» машин; совершенствование технологий точного сельского хозяйства; разработка технологий с применением альтернативных источников энергии в АПК.

3. Необходимо при вузах и НИИ в разных зонах страны создавать научно-производственные центры с набором РТС и технологиями точного земледелия.

4. Следует быстрее совершенствовать отечественное производство электронного оборудования и сельскохозяйственное машиностроение, без которых невозможно выпускать и применять робототехнические средства в АПК страны.



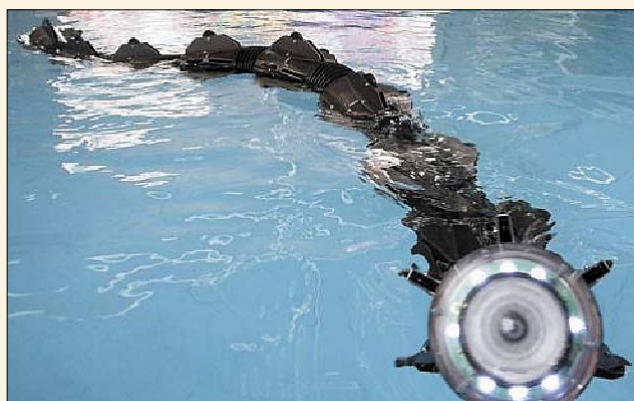
Робот-культиватор



Робот-сканер 3D



Робот-перевозчик грузов



Робот-морская змея



Робот-видеонаблюдатель



Робот-раздатчик корма



Электростанция на солнечных сегментах



Робот для сбора ягод

Липковичу Эдуарду Иосифовичу – 80 лет!



5 февраля 2016 года исполнилось 80 лет доктору технических наук, профессору, академику РАН, лауреату Государственной премии Эдуарду Иосифовичу Липковичу.

**Уважаемый
Эдуард Иосифович!**

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

После окончания Ростовского института сельскохозяйственного машиностроения Вы, Эдуард Иосифович, всю свою трудовую деятельность посвятили делу развития сельскохозяйственного машиностроения. Вы стали видным ученым в области механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства.

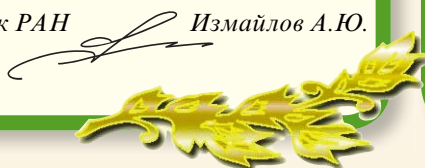
Известна Ваша деятельность по организации точного проведения работ уборочно-транспортными комплексами на уборке сельхозкультур. Возглавляемый Вами институт ВНИПТИМЭСХ на рубеже XX-XXI веков, в непростых условиях перехода к рыночной экономике, не сдал позиций, подтвердил свою высокую репутацию, внес весомый вклад в развитие аграрного сектора экономики страны.

Работая в течение последних трех лет в АЧГАА, Вы обосновали и разработали Черноградский агро-технопарк, заложили основы проектирования сверхкрупных многоотраслевых сельхозпредприятий (мегаагросистем). За многолетний и добросовестный труд Вы удостоены Государственной премии СССР, награждены орденом «Знак почета», почетными грамотами Россельхозакадемии, дипломами, медалями ВДНХ и ВВЦ.

В день Вашего Юбилея, разрешите пожелать Вам, дорогой Эдуард Иосифович, крепкого здоровья, счастья, благополучия, неиссякаемой жизненной энергии. Пусть этот Юбилей, как и многие последующие знаменательные даты, подарит Вам тепло и радость общения с друзьями, уверенность в завтрашнем дне.

От имени сотрудников ВИМ
директор, академик РАН

Измайлов А.Ю.



Цою Юрию Алексеевичу – 75 лет!



5 апреля 2016 года исполнилось 75 лет доктору технических наук, профессору, члену-корреспонденту РАН, заслуженному деятелю науки и техники Российской Федерации Юрию Алексеевичу Цою.

**Уважаемый
Юрий Алексеевич!**

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

Вы, Юрий Алексеевич, внесли крупный вклад в теорию и практику комплексной электромеханизации и автоматизации животноводства.

При Вашем непосредственном участии и руководстве разработаны: методы оптимизации параметров отдельных процессов и видов оборудования молочных ферм, рациональные технологические и планировочные фермы, включенные в типовые проекты; методы функционального анализа и синтеза машин для животноводства и разработка на их основе элементарно-агрегатной базы.

Стратегия и принципы поэтапного обновления и модернизации технической базы молочного скотоводства, предложенные и развитые в Ваших работах, легли в основу «Стратегии машинно-технологического обеспечения производства продукции животноводства на период до 2020 г.».

Вы, Юрий Алексеевич, являетесь автором более 300 научных работ, около 90 авторских свидетельств и патентов на изобретения в области электромеханизации и автоматизации животноводства.

Вы с успехом продолжаете напряженную работу по электромеханизации и автоматизации животноводства совместно со своими учениками и коллективом возглавляемого Вами научного отдела.

В этот знаменательный для Вас день, уважаемый Юрий Алексеевич, от всей души желаем Вам крепкого здоровья, семейного благополучия и успехов в дальнейшей творческой деятельности по претворению в жизнь новых идей на благо нашей страны.

От имени сотрудников ВИМ
директор, академик РАН

Измайлов А.Ю.



Альту Виктору Валентиновичу – 70 лет!



22 марта 2016 года исполнилось 70 лет члену-корреспонденту РАН, доктору технических наук, профессору, Заслуженному деятелю науки и техники Российской Федерации, Заслуженному работнику сельского хозяйства Якутии Виктору Валентиновичу Альту.

Уважаемый Виктор Валентинович!

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

Вы, Виктор Валентинович – известный ученый, внесший существенный вклад в развитие информационных технологий в сельскохозяйственной науке и производстве, промышленности и образовании.

Вы принимали участие и руководили творческим коллективом ученых и специалистов по разработке программы «Сибирское аграрное машиностроение», определившей субсидирование приобретения сельскохозяйственной техники региональными бюджетами субъектов Федерации, входящих в Сибир-

ский федеральный округ.

Вами опубликовано более 280 научных работ и проведено свыше 70 научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, в которых реализованы 66 авторских свидетельств, изобретений и патентов.

Научная, педагогическая, общественная деятельность и жизненная позиция характеризуют Вас как активного, инициативного, авторитетного ученого, воспитателя научных, профессиональных кадров и хорошего организатора науки.

Ваша научная и производственная деятельность отмечена правительственными и ведомственными наградами.

Желаем Вам, Виктор Валентинович, крепкого здоровья, благополучия, дальнейших творческих успехов и претворения в жизнь новых идей и разработок на благо нашей Родины.

От имени сотрудников института,

директор ВИМ
академик РАН

А. Измайлов

НОВЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ

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

Редакция принимает к публикации рукописи и электронные версии статей, набранные в Word шрифтом 14 пт. через 1,5 интервала, не более 8 страниц.

Необходимо приложить рецензию на статью.

Статьи направлять с письмом руководителя предприятия, где выполнялась работа.

Аспиранты должны предоставить отзыв научного руководителя.

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

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

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

- УДК;
- название статьи;
- фамилия и инициалы автора(ов);
- e-mail автора, контактный телефон;
- место работы автора (аббревиатуры не допускаются), почтовый адрес;
- ученая степень, звание автора;
- реферат (объем 200-250 слов);

- ключевые слова;

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

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

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

Если у статьи более 4 авторов, то в русском варианте указываем трех и затем пишем «и др.»; в транслитерированном – обязательно всех авторов.

Реферат

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

Допускается введение сокращений в пределах реферата (понятие из 2-3 слов заменяется на аббревиатуру, в первый раз дается полностью, сокращение – в скобках, далее используется только сокращение). Числительные, если не являются первым словом, передаются цифрами. Нельзя использовать аббревиатуры и сложные элементы форматирования (например, верхние и нижние индексы).

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

ПОДПИСКА 2016

**КАК
подписаться
на журнал?**



ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!

Подписку на второе полугодие 2016 г. можно оформить
до 20 июня включительно
в почтовых отделениях связи
по каталогу агентства «РОСПЕЧАТЬ»
Подписной индекс **35825**

ЖУРНАЛ

**«СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ МАШИНЫ И ТЕХНОЛОГИИ»
ВКЛЮЧЕН В ПЕРЕЧЕНЬ ВАК**

Редакция журнала:

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

E-mail: smit@vim.ru