

Сельскохозяйственные МАШИНЫ и ТЕХНОЛОГИИ

AGRICULTURAL MACHINERY AND TECHNOLOGIES

Том 12 № 1 2018

Vol. 12 № 1 2018

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

SCIENTIFIC-THEORETICAL JOURNAL

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ МТА
AUTOMATED CONTROL OF MACHINE AND TRACTOR UNITS

УБОРОЧНО-ТРАНСПОРТНЫЕ ПРОЦЕССЫ
HARVESTING-TRANSPORTATION PROCESSES

УПЛОТНЕНИЕ ПОЧВ ХОДОВЫМИ СИСТЕМАМИ МТА
SOIL COMPACTION BY RUNNING SYSTEMS
OF MACHINE-TRACTOR UNITS





ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ АГРОИНЖЕНЕРНЫЙ ЦЕНТР ВИМ НОВЕЙШАЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНИКА

Многоцелевое автоматизированное высококлиренсное энергосредство
с интеллектуальной системой управления



Высоклиренсное энергетическое средство с гидрофицированным ротационным рыхлителем для междурядной обработки почвы



Высоклиренсное энергетическое средство с пропашным культиватором для междурядной обработки почвы



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



Сельскохозяйственные МАШИНЫ и ТЕХНОЛОГИИ

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

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Журнал зарегистрирован
Федеральной службой по надзору
в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций
(РОСКОМНАДЗОР)
Свидетельство ПИ № ФС77-68608
от 3 февраля 2017 г.

Журнал включен
в Российский индекс
научного цитирования (РИНЦ)

Полные тексты статей
размещены на сайте электронной
научной библиотеки: elibrary.ru

НАД НОМЕРОМ РАБОТАЛИ:

В.В.Бижаев,
Р.М.Нурбагандова

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

109428, Москва,
1-й Институтский проезд, 5
Телефоны: (499) 174-88-11
(499) 174-89-01

www.vimsmit.com
e-mail: smit@vim.ru

Отпечатано в ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
Формат 205 x 290 мм
Подписано в печать 15.01.2018
Тираж 500 экз.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Измайлов Андрей Юрьевич

доктор технических наук, член Президиума Российской академии наук, академик Российской академии наук, директор Федерального научного агроинженерного центра ВИМ, Scopus ID 57195240294;

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Альт Виктор Валентинович

доктор технических наук, профессор, академик Российской академии наук, Заслуженный деятель науки Российской Федерации, академик НАН Монголии, руководитель научного направления Сибирского физико-технического института, Scopus ID 56543087800;

Белоев Христо Иванов

доктор технических наук, профессор, член-корреспондент Болгарской академии наук, Русенский университет, г. Русе, Республика Болгария, Scopus ID 35931803700;

Ерохин Михаил Никитьевич

доктор технических наук, профессор, академик Российской академии наук, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева;

Иванов Юрий Анатольевич

доктор сельскохозяйственных наук, академик Российской академии наук, директор Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства;

Куликов Иван Михайлович

доктор экономических наук, профессор, академик Российской академии наук, директор Всероссийского селекционно-технологического института садоводства и питомниководства, Scopus ID 57193561233;

Лобачевский Яков Петрович

доктор технических наук, профессор, член-корреспондент Российской академии наук, первый заместитель директора Федерального научного агроинженерного центра ВИМ, Scopus ID 56523182600;

Лачуга Юрий Федорович

доктор технических наук, профессор, академик Российской академии наук, академик-секретарь Отделения сельскохозяйственных наук Российской академии наук;

Махалек Антонин

кандидат технических наук, директор Научно-исследовательского института сельскохозяйственной техники, г. Прага, Чешская Республика;

Павловски Тадеуш

доктор технических наук, профессор, директор Промышленного института сельскохозяйственной техники, г. Познань, Республика Польша;

Попов Владимир Дмитриевич

доктор технических наук, профессор, академик Российской академии наук;

Садыков Жарылкасын Сарсембекович

доктор технических наук, профессор, Научно-исследовательский институт агроинженерных проблем и новых технологий Казахского национального агроуниверситета, г. Алматы, Республика Казахстан;

Стребков Дмитрий Семенович

доктор технических наук, академик Российской академии наук, научный руководитель, Scopus ID 7004652438;

Ценч Юлия Сергеевна

кандидат педагогических наук, начальник отдела образования, научно-технической информации и редакционно-издательской деятельности Федерального научного агроинженерного центра ВИМ;

Черноиванов Вячеслав Иванович

доктор технических наук, профессор, академик Российской академии наук, научный консультант, Scopus ID 6602682232;

Яковчик Сергей Григорьевич

кандидат сельскохозяйственных наук, Генеральный директор Научно-практического центра Национальной академии наук Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь.



SCIENTIFIC-TEORETICAL
JOURNAL

The journal is registered by
Federal Agency of supervision of
legislation observance of mass
communications sphere and
cultural heritage protection
Certificate ПИ № ФС77-68608
from February, 3rd, 2017

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

THEY WORKED
WITH JOURNAL ISSUE:

Bizhaev V.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

www.vimsmit.com
e-mail: smit@vim.ru

Printed by FSAC VIM
Russian Academy of Science

The format is 205 × 290 mm
Passed for printing 15.02.2018
The circulation is 500 copies

[SEL'SKOKHOZYAYSTVENNYE MASHINY I TEKHOLOGII]

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

EDITOR-IN-CHIEF

Izmaylov Andrey Yu.,

Dr. Sc. (Eng.), member of the Bureau of the Russian Academy of Sciences, member of the Russian Academy of Sciences, director of the Federal Scientific Agricultural Engineering Center VIM, Scopus ID 57195240294;

EDITORIAL BOARD

Al't Viktor V.,

Dr. Sc. (Eng.), professor, member of the Russian Academy of Sciences, honoured worker of science of the RF, member of NAS of Mongolia, head of scientific division of Siberian Physical Technikal Institute, Scopus ID 56543087800;

Beloev Hristo. I.,

Dr. Sc. (Eng.), professor, member of the Bulgarian Academy of Sciences, University of Ruse, Republic of Bulgaria, Scopus ID 35931803700;

Erokhin Mikhail N.,

Dr. Sc. (Eng.), professor, member of the Russian Academy of Sciences, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy;

Ivanov Yuriy A.,

Dr. Sc. (Eng.), member of the Russian Academy of Sciences; director of the All Russian scientific and research institute of livestock mechanization

Kulikov Ivan M.,

Dr. Sc. (Economics), professor, member of the Russian Academy of Sciences, director of the All Russian Horticultural Institute for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Scopus ID 57193561233;

Lobachevskiy Yakov P.,

Dr. Sc. (Eng.), professor, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, first deputy director of the Federal Scientific Agricultural Engineering Center VIM, Scopus ID 5652318260;

Lachuga Yuriy F.,

Dr. Sc. (Eng.), professor, member of the Russian Academy of Sciences, academician secretary of Department of Agricultural Sciences at the Russian Academy of Sciences;

Makhalek Antonin,

PhD (Eng.), deputy director for science and development of Research Institute of Agricultural Machinery, Prague, Czech Republic;

Pavlovsky Tadeush,

Dr. Sc. (Eng.), professor, director of the Industrial Institute of Agricultural Machines, Paznan, Republic of Poland;

Popov Vladimir D.,

Dr. Sc. (Eng.), professor, member of the Russian Academy of Sciences;

Sadykov Zharylkasyn S.,

Dr. Sc. (Eng.), professor, Scientific Research Institute «Agroengineering problems and new technologies», Kazakh National Agrarian University, Almaty, Republic of Kazakhstan;

Strebkov Dmitriy S.,

Dr. Sc. (Eng.), member of the Russian Academy of Sciences, research adviser, Scopus ID 7004652438;

Tsench Yulia S.,

PhD (Ped.), head of publishing activity, education and technical information Department of the Federal Scientific Agricultural Engineering Center VIM;

Chernoivanov Vyacheslav I.,

Dr. Sc. (Eng.), professor, member of the Russian Academy of Sciences, academic adviser, Scopus ID 6602682232;

Yakovchik Sergey G.,

PhD (Agri.), general director of the Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

**НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ**

- Измайлов А.Ю., Рожин В.Ф., Шилова Е.П.,
Иванов М.В., Кынев Д.Н.**
Обоснование уборочно-транспортных
процессов в селекционных технологиях.4

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАТИКА

- Альт В.В.**
Совокупность информационных технологий
и их роль в автоматизации сельско-
хозяйственного производства9
- Кутырёв А.И., Хорт Д.О., Филиппов Р.А.,
Смирнов И.Г., Вершинин Р.В.**
Система автоматизированного управления
параметрами агрегата магнитно-
импульсной обработки растений
в садоводстве16

РАСТЕНИЕВОДСТВО

- Павлов С.А., Левина Н.С., Лукин И.Д.**
Исследование сушки селекционных семян
в плотном слое.22

ИННОВАЦИИ

- Jević P., Šedivá Z.**
Test of used certified biofuels and their blends
with diesel fuel of tractors in conditions
of agricultural practice27
- Шило И.Н., Романюк Н.Н., Орда А.Н.,
Нукешев С.О., Кушнир В.Г.**
Влияние многоосной ходовой системы
машинно-тракторных агрегатов
на плотность почвы31

РОБОТОТЕХНИКА

- Рубцов И.В., Русанова О.Г., Годжаев З.А.**
Использование технологий специального
назначения в сельскохозяйственной
робототехнике37

ПОЧВООБРАБОТКА

- Савельев Ю.А., Кухарев О.Н.,
Ларюшин Н.П., Ишкин П.А.,
Добрынин Ю.М.**
Снижение потерь почвенной влаги
на испарение42

NEW TECHNICS AND TECHNOLOGIES

- Izmailov A.Y., Rozhin V.F., Shilova E.P., Ivanov
M.V., Kynev D.N.**
Substantiation of harvesting and
transportation processes in selection
technologies.4

AUTOMATION AND INFORMATICS

- Alt V.V.**
Set of information technologies and their
role in automation of agricultural production . .9
- Kutyrev A.I., Khort D. O., Filippov R.F.,
Vershinin R.V.**
System of Magnetic-Pulse Unit Parameters
Automated Control for Plant Treatment in
Gardening16

PLANT GROWING

- Pavlov S.A., Levina N.S., Lukin I.D.**
Research of selection seeds drying
in dense layer.22

INNOVATION

- Jević P., Šedivá Z.**
Test of used certified biofuels and their blends
with diesel fuel of tractors in conditions
of agricultural practice27
- Shila I.M., Romaniuk N.N., Orda A.N.,
Nukeshev S.O., Kushnir V.G.**
Impact of Multiaxial Propulsion System of
Machine-and-Tractor Units on Soil Density . .31

ROBOTICS

- Rubtsov I.V., Rusanova O.G., Godzhaev Z.A.**
Process-Specialized Technologies Using in
Agricultural Robotics37

SOIL CULTIVATION

- Savel'ev Y.A., Kuharev O.N., Larjushin N.P.,
Ishkin P.A., Dobrynin Y.M.**
Soil moisture loss reduction owing to
evaporation42

УДК 631.354

DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-1-4-9

Обоснование уборочно-транспортных процессов в селекционных технологиях

Андрей Юрьевич Измайлов,
доктор технических наук, академик
Российской академии наук, директор;
Виктор Федорович Рожин,
старший научный сотрудник,
e-mail: vim-transport@mail.ru;

Екатерина Петровна Шилова,
старший научный сотрудник;
Максим Викторович Иванов,
инженер;
Дмитрий Николаевич Кынев,
младший научный сотрудник

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

Высококачественные семена – самый низкозатратный фактор увеличения производства сельскохозяйственной продукции. Один из важнейших этапов в селекции и семеноводстве – уборочно-транспортный процесс. Установили, что, согласно действующей инструкции, семена высших репродукций хранят и перевозят в затаренном виде. В качестве тары обычно используют тканевые мешки. При этом операции заполнения и опораживания мешков выполняются исключительно вручную. Отметим, что затраты, связанные с упаковкой и складированием готовых семян в мешкотаре, достигают (без учета стоимости мешков) 15-20 процентов от общих затрат на подготовку семян к посеву. С целью механизации ручного труда на III и IV этапах селекционных работ мешкотару заменяют контейнерами. Разработали контейнерный способ уборки и послеуборочной переработки семян зерновых культур на предпоследней стадии внутреннего селекционного оборота с объемами выхода урожая в одном питомнике 1,5-3,0 т и валовым сбором со всех питомников до 15 т. Показали, что энергозатраты в контейнерной технологии меньше, чем в базовой, в 6,7 раза, эксплуатационные затраты – в 4,79, трудовые – в 2,59, расход топлива – в 4,84 раза.

Ключевые слова: селекционные посевы, уборка семян зерновых культур, ручной труд, контейнерная технология, математическая модель, экономическая эффективность.

■ Для цитирования: Измайлов А.Ю., Рожин В.Ф., Шилова Е.П., Иванов М.В., Кынев Д.Н. Обоснование уборочно-транспортных процессов в селекционных технологиях // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2018. Т. 12. №1. С. 4-9. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-1-4-9

Substantiation of harvesting and transportation processes in selection technologies

Andrey Yu. Izmailov,
Dr. Sc. (Eng.), member of RAS, director;
Viktor F. Rozhin,
senior researcher,
e-mail: vim-transport@mail.ru;

Ekaterina P. Shilova,
senior researcher;
Maksim V. Ivanov,
engineer;
Dmitriy N. Kynev,
junior researcher

Federal Scientific Agro-Engineering Center VIM, 1st Institutskiy proezd, 5, Moscow, 109428, Russian Federation,
*e-mail: vim-transport@mail.ru

High-quality seeds are the lowest-cost factor in increasing agricultural production. One of the most important stages in breeding and seed production is the harvesting and transport process. According to the current regulations the seeds of higher reproductions are stored and transported in a bagged form. Cloth sacks are usually used in seed production. In this case, the filling and emptying of bags is performed exclusively by hand. The costs associated with the packaging and storage of ready-to-use seeds in the sack tare reach 15-20 percent (excluding the cost of bags) of the total cost of seed preparation for sowing. With the aim of mechanizing manual labor in the III and IV stages of breeding, the sack tare is replaced with containers. VIM developed a container method for harvesting and post-harvest processing of grain seeds at the penultimate

stage of the internal selection of seeds with yields in a nursery of 1.5-3.0 t and gross yield from all nurseries to 15 t. Energy consumption at container technology use is 6.7 times less than at the base one, operating costs – 4.79, labor costs – 2.59, fuel consumption – 4.84 times.

Keywords: Selection crops; Harvesting of grain seeds; Manual labor; Container technology; Mathematical model; Economic efficiency.

For citation: Izmoilov A.Yu., Rozhin V.F., Shilova E.P., Ivanov M.V., Kynev D.N. Substantiation of harvesting and transportation processes in selection technologies. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2018. Vol. 12; 1: 4-9. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-1-4-9 (In Russian)

Существующий в настоящее время способ уборки селекционных посевов зерновых культур включает следующие операции: укладку 60 мешков на платформе комбайна; сбор урожая селекционного номера в процессе движения уборочного комбайна по опытным делянкам ярусов с затариванием зерна в мешки; их маркировку в период остановки комбайна на доочистку от остатков зерна номера и последующее формирование из них нескольких куч. Рабочий цикл селекционного комбайна повторяется на других делянках. Урожай зерна селекционных номеров в мешкотаре загружают в транспортное средство из сформированных куч, затем перевозят на стационар, где сушат до соответствующей кондиции, взвешивают, определяют влажность каждой порции зерна селекционных номеров и отвозят их на хранение [1, 2].

Данный технологический процесс требует больших затрат ручного труда, малопроизводителен и при большом количестве номеров селекционных делянок не обеспечивает их уборку в оптимальные агротехнические сроки.

Базовая технология ориентирована на комбайны устаревших конструкций типа *Sampo 130* со сбором зерна в мешки. Сбор и отвоз зерна на пункт от комбайнов осуществляется различным транспортом, свободным от основных работ [3-6].

Переход на контейнерную технологию предлагается разделить на два этапа [7]. На первом – 4 контейнера, подвозимые самоходным шасси типа СШ-28, ВТЗ-СШ-30 или автомобилем с манипулятором, расставляют по делянкам яруса и складывают в них промаркированные мешки с убранных делянок. Тем самым устраняются ручные операции погрузки мешков из куч в транспортное средство, их разгрузки на пункте сушки и, соответственно, на последующих перевалочных стадиях. Для реализации второго этапа необходимо внести конструктивные изменения в выгрузное устройство комбайна типа *Sampo 130*, чтобы выгрузку можно было вести непрерывно в два контейнера, последовательно переключая заслонку между патрубками, либо использовать новые комбайны типа *Wintersteiger*.

Для определения эффективности предлагаемой контейнерной технологии необходимо разработать методику, математическую модель, алгоритм и при-

кладное программное обеспечение, позволяющие оценить достоинства новой технологии по сравнению с существующей.

Цель исследований – разработка математической модели для моделирования технологий по транспортированию урожая селекционных номеров от комбайнов в базовой и контейнерной схемах для расчета оценочных показателей.

Материалы и методы. Новейшие зарубежные ресурсосберегающие технологии ориентированы на современные селекционно-уборочные комбайны [8-10]. Для их применения в отечественном селекционном семеноводстве необходимо разработать перспективные транспортные и погрузочные средства, работающие взаимосвязанно с высокопроизводительными комбайнами.

Исходя из этого в математическую модель заложены два варианта перевозки урожая от селекционно-уборочных комбайнов:

а) базовая: с использованием комбайна типа *Sampo 130*, собирающего урожай делянки в мешочки с их сбором, погрузкой и транспортированием тракторными самоходными шасси на пункт доработки;

б) контейнерная: на первом этапе внедрения – сбор зерна в мешки с погрузкой их в контейнеры и отвозом последних транспортным средством, снабженным погрузочным манипулятором; на втором – от конструктивно доработанного или современного комбайна типа *Wintersteiger* сбор осуществляется в секции контейнера с последующей перевозкой транспортным средством, оснащенным перегрузочным манипулятором.

Представленный Владимирским НИИСХ обширный объем информации по исследуемым культурам, видам селекционных работ и популяциям, размерам и количеству посеянных и убираемых делянок, их урожайности, а также расстояниям перевозки семенной продукции требовал ее систематизации для последующего использования.

В 2016 г. специалисты ВИМ провели во Владимирском НИИСХ наблюдение за уборкой делянок озимой пшеницы с одновременным хронометражем этапов уборочного цикла. После статистической обработки хронометражных данных их средняя величина, дисперсии и вариации сведены в *таблицу 1*.

Table 1		Таблица 1	
СТАТИСТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ УБОРКИ ДЕЛЯНОК ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ STATISTICAL INDICATORS OF WINTER WHEAT HARVESTING ON PLOTS			
Технологические операции Technological operations	Среднее время, с Average time, s	Дисперсия Dispersion	Вариация, % Variation, %
Подготовка комбайна и уборка (<i>Sampo 130</i>): Combine preparation and harvesting (<i>Sampo 130</i>):			
укладка 60 мешков на платформу stacking 60 bags on the platform	29,46	-	-
завязывание мешка на патрубок tying the bag on the pipe	10,01	-	-
прямое комбайнирование 4 делянок direct harvesting on 4 plots	59,00	0,62	0,38
остановка с доочисткой комбайна* stop with additional cleaning of the harvest*	83,45	0,55	0,30
смена мешка* bag change*	14,01	1,42	2,01
разворот и переезд к следующему ярусу turn and move to the next tier	75,53	1,96	3,86
доочистка хедера, post-cleaning of the heder	9,52	1,77	3,12
Хронометражное время, с Timing, s	236-260		
Завязывание мешка, маркировка, укладка на поле в кучки* Tying the bag, marking, heaps laying on the field*	28,56	5,80	33,67
Погрузка 1 мешка в транспортное средство (погрузка трактористом, переезжающим от кучки к кучке) Loading 1 bag into the vehicle (loading by a tractor driver moving from a heap to a heap)	15,37	2,65	17,50
*Работы, выполняемые вспомогательными рабочими одновременно *Works carried out by auxiliary workers at the same time			

В качестве основного показателя, оценивающего эффективность новой технологии, принято снижение суммарных трудозатрат на уборку, транспортирование и выполнение немеханизированных операций. Дополнительно определяют эксплуатационные и энергозатраты.

Основным параметром в любом технологическом процессе служит время, затрачиваемое на весь цикл операций. Следовательно, для определения «узких» мест, снижающих производительность, этот цикл необходимо разложить на временные составляющие, чтобы выделить критические.

Наиболее распространенными критериями оценки технологии, количественного и качественного состава технической оснащенности уборочно-транспортных работ и послеуборочной обработки урожая любой культуры будут такие характеристики, как: минимум затрат средств, труда, энергии на единицу продукции, максимум производительности, минимальные потери продукции, качественные показатели конечного продукта и др.

В зависимости от задачи используют один или несколько критериев оптимизации. В связи с ростом цен на энергоносители все большее значение придается энергоемкости и суммарным затратам средств на единицу продукции.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Работа алгоритма начинается с запуска головной программы *menu.prg*, которая активирует экранную форму *tehnol.frx*, и пользователю предоставляется возможность выбора технологии и зерновой культуры, по которой будет выполнено моделирование уборочно-транспортных процессов. После того как пользователь выберет культуру, переменным памяти будут присвоены коды культуры, уборочной и погрузочно-транспортной техники. Далее управление передается процедуре инициализации таблиц базы данных, в которых по ранее присвоенным переменным памяти устанавливают связи с соответствующими данными по уборочной и погрузочно-транспортной технике, на их основе далее производят компьютерное моделирование [9].

В целом блок-схема моделирования включает следующие этапы:

1. Запуск программы *menu*.
2. Передача управления экранной форме *tehnol.scx*, выбор технологии.
3. Присвоение значения кода вида технологии переменной $n_{teh} = n_t$.
4. Инициализация таблиц БД: *Tehnol*, *kombain*, *traktor* и др.
5. Открытие таблицы *Tehnol* и нахождение запи-



си, соответствующей коду *nteh*.

6. Последовательный переход к таблицам *kombain*, *traktor*, нахождение записей с кодами из *Tehmol*.

7. Запуск процедуры *kombain*.

8. Моделирование работы комбайна, запись результатов в файл.

9. Запуск процедуры *traktor*.

10. Моделирование работы транспорта, запись результатов в файл.

11. Запуск процедуры *EKONOM*, расчет экономических показателей.

12. Запуск процедуры формирования отчета моделирования технологии.

13. Запуск процедуры вывода расчетов на экран/принтер.

14. Окончание моделирования.

После того как прошла инициализация таблиц БД и установлены связи таблиц с информацией по техническим средствам с таблицей технологии (*tehnol.dbf*), процедура моделирования работы селекционного комбайна осуществляется по следующему алгоритму.

Открывают таблицу *tehnol.dbf* и из всех данных выбирают только записи с кодами, соответствующими коду культуры, выбранной в экранной форме *tehnol.scx*.

Далее в цикле по всем питомникам и популяциям происходит проверка максимального количества делянок $k_delx > 1$. Если это условие выполнено, то моделируется работа комбайна по базовой или контейнерной технологиям. В противном случае речь идет о селекционных работах 4-го этапа в питомнике селекционного размножения, и моделируется работа бункерного комбайна.

Если $k_delx = 1$, то переменной *nd* (количество обрабатываемых делянок в ярусе) присваивается единица $nd = 1$, если $k_delx > 1$, то $nd = 4$.

В соответствии с этим далее рассчитывают среднюю площадь делянки, массу зерна, собираемого с нее при известном математическом ожидании урожайности, пропускную способность комбайна в зависимости от коэффициента соломистости культуры и чистую погектарную производительность.

Исходя из значений урожайности, соломистости и пропускной способности комбайна определяют его агротехнически допустимую скорость.

На следующем этапе работы алгоритма, если $nd = 4$, рассчитывают продолжительность уборки 4 делянок яруса, разворота и время на переезд с заездом на обработку следующего яруса. При $nd = 1$ определяют время заполнения бункера и продолжительность выгрузки урожая в транспорт.

На основе хронометражных, нормативных и расчетных данных, составляющих этапы работы комбайна, вычисляют время его цикла и коэффициент использования времени смены.

Используя данные по чистой погектарной производительности, коэффициенту использования времени смены и математическому ожиданию урожайности, рассчитывают эксплуатационную производительность комбайна, требуемое их количество и продолжительность уборки всех популяций данной культуры.

На практике транспортно-погрузочный процесс в традиционной технологии сводится к двум вариантам, которые отличаются количеством вспомогательных рабочих, выполняющих погрузку мешков с зерном из кучек в транспортное средство. В обоих вариантах используется транспортное средство (автомобиль или трактор с прицепом), переезжающее от кучки к кучке. В одном варианте вспомогательные рабочие грузят мешки в кузов ТС, а в другом эту операцию выполняет водитель/тракторист, выходя из транспортного средства. В зависи-

Table 2

Таблица 2

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПЕРЕХОДА НА КОНТЕЙНЕРНУЮ ТЕХНОЛОГИЮ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ЗЕРНА В СЕЛЕКЦИОННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ
EFFICIENCY OF TRANSITION TO CONTAINER TECHNOLOGY OF GRAIN TRANSPORTATION IN SELECTION PRODUCTION

Показатели Indicators	Технология / Technology		Экономия, % Cost-cutting, %
	базовая basic	контейнерная container	
Всего делянок (среднее количество), ед. Total plots (average number), units	3292		-
Суммарная масса урожая, кг Total yield, kg	14441		-
Энергетические затраты на транспорт, МДж Energy costs for transport, MJ	7244	1079	85,1
Эксплуатационные затраты на транспорт, руб. Operating costs for transport, rubles	12692	2649	79,1
Затраты труда на транспорт, чел.ч Labor costs for transport, man hours	96,0	37,0	61,5
Расход топлива на транспорт, кг Fuel consumption for transport, kg	91,7	18,9	79,3

мости от расстояний и количества мешков в них продолжительность погрузки одного мешка вместе с переездом составляет от 15,55 до 24,06 с, что эквивалентно 0,008906 чел.·ч при 3 грузчиках и одном водителе и 0,004319 чел.·ч, если работу выполняет только водитель.

Процесс замены традиционной технологии на контейнерную происходит следующим образом. Контейнеровоз на базе ГАЗ-3302 или ВТЗ-СП-30, оборудованных гидроманипуляторами, привозит в поле и расставляет контейнеры около делянок яруса. В процессе уборки делянок рабочие складывают завязанные и промаркированные мешки в контейнеры, которые после полного заполнения или окончания уборки перевозят к месту временного хранения.

Результаты компьютерного моделирования ба-

зовой и контейнерной технологий из всех расчетных данных сопряжены с изменениями производительности, трудовых, эксплуатационных и энергетических затрат на тонну урожая в зависимости от количества делянок, общей площади исследуемой культуры и расстояния перевозимого груза (табл. 2).

Выводы. Наши исследования подтвердили целесообразность замены базовой технологии уборки селекционных популяций зерновых культур и транспортировки семян в мешках на альтернативную, с использованием контейнеров, которая исключает физический труд вспомогательных рабочих. Контейнерный сбор семян от комбайна и механизированная погрузка контейнеров с зерном сокращает затраты на транспорт: энергетические – на 85,1%; эксплуатационные – на 79,1%; труда – на 61,5%, а также снижает расход топлива на 79,3%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пат. РФ 2236110, МПК А01 D41/02. Комбайн семенно-уборочный-2 / Пестряков Л.А. // Бюл. 2004.
2. Измайлов А.Ю. Применение сборочно-контейнерных транспортных систем в сельском хозяйстве // *Техника в сельском хозяйстве*. 2007. N2. С. 24-26.
3. Измайлов А.Ю., Евтюшенков Н.Е. Эффективность новых транспортных технологий в АПК // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2009. N2. С. 32-37.
4. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П. Развитие производств техники для селекции и семеноводства – одна из приоритетных задач сельскохозяйственного машиностроения // *Состояние и развитие регионального машиностроения*: Сборник. М., 2010. С. 96-103.
5. Лобачевский Я.П. Проблема механизации работ в селекции и семеноводстве // «Золотая осень» – демонстрация достижения российских аграриев: Сборник. М.: Росинформагротех, 2010. С. 110-111.
6. Евтюшенков Н.Е., Измайлов А.Ю., Рожин В.Ф., Би-

сенов Г.С. Выбор технологий транспортного обслуживания уборочных машин // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 2013. N2. С. 17-19.

7. L. Kocsis, M. Herdovics, J. Deákvári, and L. Fenyvesi. Corn drying experiments by pilot dryer. *Agronomy Research*. Vol. 9 Biosystem Engineering. 2011. Special Issue 1: 91-97.

8. Sadjad Abasi & Saeid Minaei. Effect of Drying Temperature on Mechanical Properties of Dried Corn. *Drying Technology*. 2014. Vol. 32; 7: 774-780.

9. Sadjad Abasi, Saeid Minaei, and Mohammad Hadi Khoshnaghaz. Performance of a recirculating dryer equipped with a desiccant. *Drying Technology*. 2016. Vol. 34; 8: 863-870.

10. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Кынев Н.Г. Вим – основатель производства селекционной техники в России // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2008. N4. С. 9-11.

REFERENCES

1. Patent RF 2236110, MPK A01 D41/02. Kombayn semenno-uborochnyy-2 [Seeds harvester-2]. Pestryakov L.A. Byul. 2004. (In Russian)
2. Izmaylov A.Yu. Application of assembly and container transport systems in agriculture. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve*. 2007; 2: 24-26. (In Russian)
3. Izmaylov A.Yu., Evtyushenkov N.E. Efficiency of new transport technologies in agrarian and industrial complex. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2009. N2. S. 32-37. (In Russian)
4. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P. Development of productions of machinery for selection and seed production is one of priority problems of agricultural machine industry. *Sostoyanie i razvitie regional'nogo mashinostroeniya*: Sbornik. Moscow, 2010: 96-103. (In Russian)

5. Lobachevskiy Ya.P. Problem of mechanization of works in selection and seed production. «Zolotaya osen'» – demonstratsiya dostizheniya rossiyskikh agrariyev: Sbornik. M.: Rosinformagrotekh, 2010: 110-111. (In Russian)

6. Evtyushenkov N.E., Izmaylov A.Yu., Rozhin V.F., Bisenov G.S. Choice of technologies for transport maintenance of harvesting machines. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva*. 2013; 2: 17-19. (In Russian)

7. L. Kocsis, M. Herdovics, J. Deákvári, and L. Fenyvesi. Corn drying experiments by pilot dryer. *Agronomy Research*. Vol. 9 Biosystem Engineering. 2011. Special Issue 1: 91-97. (In Hungarian)

8. Sadjad Abasi & Saeid Minaei. Effect of Drying Temperature on Mechanical Properties of Dried Corn. *Drying Technology*. 2014. Vol. 32; 7: 774-780. In English)

9. Sadjad Abasi, Saeid Minaei, and Mohammad Hadi Khoshtaghaza. Performance of a recirculating dryer equipped with a desiccant. *Drying Technology*. 2016. Vol. 34; 8: 863-870. (In English)

10. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Kynev N.G. WIM is the founder of selection machinery production in Russia. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2008; 4: 9-11. (In Russian)

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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



УДК 631.3: 004.422

DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-1-9-15

Совокупность информационных технологий и их роль в автоматизации сельскохозяйственного производства

Валентин Викторович Альт, доктор технических наук, профессор, академик Российской академии наук, руководитель научного направления, e-mail: altvictor@ngs.ru

Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий РАН, Центральная ул., 2б, п.г.т. Краснообск, Новосибирская область, 630501, Российская Федерация

Современные предприятия АПК характеризуются высоким уровнем автоматизации технологических процессов и относятся по уровню технологического развития к 5 и 6 технологическим укладам. В растениеводстве и животноводстве применяют автоматические и автоматизированные технологии, использующие данные интернет-технологий, аэрокосмических съемок и наблюдений, автоматизированного вождения машинотракторных агрегатов. На основе систематизации потоков информации сформировано ядро моделей и создан ряд информационных моделей сельскохозяйственных объектов. Анализ результатов моделирования биологических объектов, ценозов, экосистем, агроценозов и агроэкосистем показал, что наиболее приемлемым типом модели является системно детерминированная динамическая модель потенциально эффективного типа. Разработана интернет ориентированная база данных инновационных разработок институтов аграрного профиля. В ней размещена информация о сортах, машинах, средствах механизации, электрификации и технологиях в растениеводстве, животноводстве, кормопроизводстве, кормоприготовлении, защите растений, биотехнологиях, механизации, ветеринарии и переработке сельскохозяйственной продукции. База данных позиционируется как предметно-ориентированная, поисковая база данных в интернет-пространстве. Определен перечень показателей, которым соответствует созданная архитектура базы данных. Сформировано более 20 различных баз данных сельскохозяйственного назначения. Установлено, что эти базы данных полезны для сельхозтоваропроизводителей, а также организаторов сельскохозяйственного производства, ученых, преподавателей и студентов. В базах представлена информация об основных показателях инновационных продуктов и институтах – разработчиках инновационных решений.

Ключевые слова: автоматизация технологических процессов, информационные потоки, базы данных, дистанционное зондирование, информационная модель.

■ **Для цитирования:** Альт В.В. Совокупность информационных технологий и их роль в автоматизации сельскохозяйственного производства // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2018. Т. 12. №1. 9-15. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-1-9-15

Set of information technologies and their role in automation of agricultural production

Valentin V. Alt, Dr. Sc. (Eng.), professor, member of the Russian Academy of Sciences, head of scientific field, e-mail: altvictor@ngs.ru

Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Tsentral'naya, 2b, town set. Krasnoobsk, Novosibirsk region, 630501, Russian Federation,

The modern enterprises of agrarian and industrial complex are characterized by the high level of automation of technological processes. The technological development level conform to 5th and 6th technology revolutions. The automatic and automated technologies in crop production and livestock production use data of internet technologies, Global Positioning Satellite survey and observations, machine and tractor aggregates automated operating. The models nucleus and row of information models of agricultural objects were designed on the basis of information streams systematization. The analysis of results of simulation of biological objects, cenoses, ecosystems, agro cenoses and agroecosystems showed that the most acceptable type of model is the systemically determined dynamic model of potentially effective type. The Internet-oriented database of innovative development of institutes of an agrarian profile is designed. It contains the information about sorts, machines, mechanization means, electrification and technologies in crop production, livestock production, forage production, feed processing, crop protection, biotechnologies, mechanization, veterinary science and agricultural production processing. The database is positioned as the subject-oriented, retrieval database in web space. The list of indices to which the created architecture of the database corresponds is defined. More than 20 various databases of agricultural purpose which are used in educational process and production are created. These databases are useful to agricultural producers and also organizers of agricultural production, scientists, teachers and students. Information on key indicators of innovative products and institutes – developers of innovative solutions is provided in a basis.

Keywords: Automation of technological processes; Information streams; databases; Remote sensing; Information model.

For citation: Al't V.V. Set of information technologies and their role in automation of agricultural production. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2018. Vol. 12; 1: 9-15. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-1-9-15 (In Russian)

В аграрном производстве каждый субъект, принимающий управленческие решения, неизбежно сталкивается с неполной информацией. Поэтому в поведенческом аспекте в процессе производственной деятельности объективно возможны ошибки, связанные с полифункциональным характером объектов управления: окружающей среды, земли, растений, животных и машин (рис. 1).

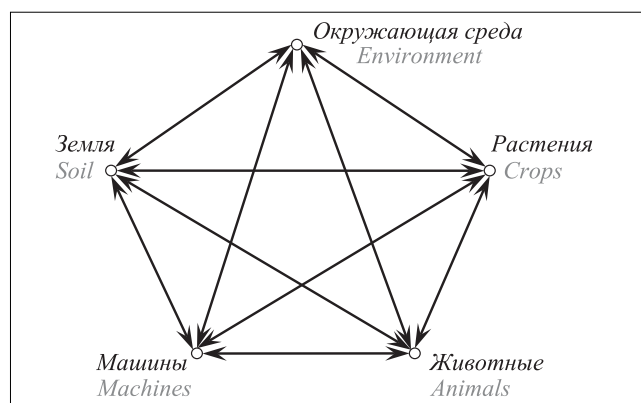


Рис. 1. Схематическое изображение связей объектов, отражающее их диалектическую общность

Fig. 1. Objects communications schematic illustration representing their dialectic community

Эти объекты, как пять разновидностей ресурсов взаимодействуют с учетом еще двух ресурсов – человеческого и финансового. Все это можно представить как некое семимерное пространство. При этом человек как субъект, принимающий управленческие решения, ощущающий четырехмерное пространство (ширина, длина, высота и время), находясь в семимерном пространстве, чувствует опре-

деленный дискомфорт. В такой ситуации он вынужден принимать частные решения, сужая мерность пространства, полагая, что некоторые из ресурсов несущественны или безграничны.

Это приводит к принятию человеком неполиоптимального решения при выборе сортов и технологий в целом в АПК. В качестве примера возьмем растениеводство. Почвенно-климатическое разнообразие в нашей стране, большое количество сортов и технологий затрудняют выбор полиоптимального решения.

Современное развитие информационных технологий в сельском хозяйстве характеризуется формированием и развитием агроинформатики как системообразующей отрасли знаний в симбиозе с такими традиционными для сельскохозяйственной науки предметными отраслями, как агрохимия, почвоведение, земледелие, селекция, растениеводство, кормопроизводство, животноводство, зоотехния, ветеринария, механизация, электрификация, автоматизация и экономика.

Информационные технологии направлены на обеспечение принятия управленческих решений в АПК с использованием баз данных и знаний. Принятие оптимальных или рациональных управленческих решений должно базироваться на объективных и (или) экспертных данных, а иногда и на многолетнем опыте [1-2].

Цель исследований – разработка интернет ориентированной базы данных инновационных разработок сельхозпроизводства.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В начальной фазе формирования гипотез необходимо сформулировать общую систему взглядов на пути решения совокупности задач по информационному обеспечению

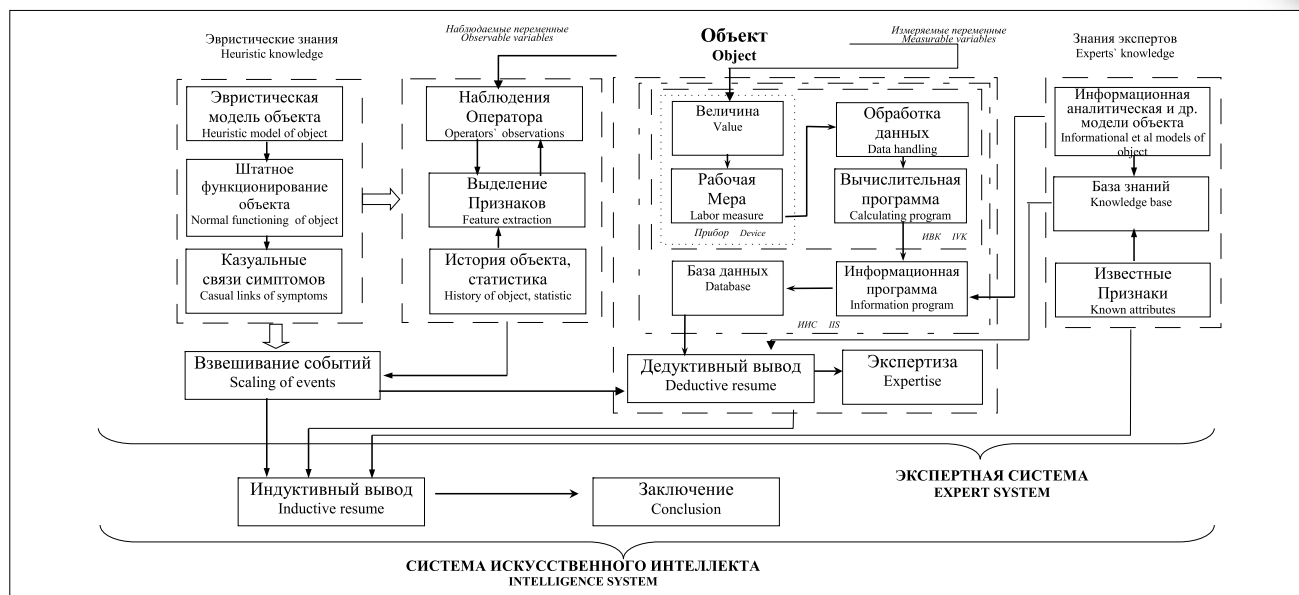


Рис. 2. Парадигма информационного обеспечения технологических процессов сельскохозяйственного производства
Fig. 2. Paradigm of information support of technological processes in agricultural production

сельскохозяйственной науки и производства. Гипотетическая возможность такого решения заложена самой общностью объектов исследований в сельскохозяйственной науке и объектов использования их результатов в аграрном производстве.

Предложена парадигма информационного обеспечения технологических процессов сельхозпроизводства (рис. 2). Парадигма как совокупность взглядов на решение какой-либо задачи на современном этапе развития показывает пути и подходы к созданию измерительных приборов, измерительно-вычислительных комплексов, информационно-измерительных систем, баз данных и баз знаний, экспертных систем и систем искусственного интеллекта. Она охватывает все многообразие информации, характеризующей объект: измерительную, эвристическую, в виде наблюдаемых переменных и совокупность знаний экспертов. Парадигма предусматривает системный подход при решении задач обеспечения информацией в процессе принятия управленческих решений. Благодаря такому подходу можно рассмотреть всю систему компонентов парадигмы как целого, состоящего из частей, имеющих самостоятельное назначение и одновременно обладающих показателями, обеспечивающими единство системы [3, 4].

Парадигмой предусматривается включение баз данных, баз знаний, экспертных систем и систем искусственного интеллекта в состав управляющего звена в части выработки заключения для системы принятия управленческих решений (СПУР). Такой автоматизированный метод управления позволяет перейти к управлению объектом (почвой, растениями, животными, машинами, технологиями, социально-экономическими отношениями и т.д.)

не по отклонению какого-то из параметров или группы параметров от принятой нормы, а в соответствии с функцией назначения объекта управления. Одновременно к объекту управления применяются ограничения, накладываемые экологической обстановкой, сезонным характером работ, взаимным влиянием составляющих объекта, характером воздействия внешних факторов [5].

В процессе разработки средств измерения и обработки информации создаются математические, информационные, морфологические (функциональные) и натуральные модели самих объектов, которые рассматриваются как источники информации и объекты управления. Модель вне зависимости от принципа ее построения обладает определенными свойствами (целенаправленность, неоднозначность, динамичность, ограниченность и т.д.), которые связывают ее с каким-либо классом моделей. Формируя модель априори, определяют круг пользователей информацией по их профессиональной деятельности и обеспечивают их предметно-ориентированной информацией. Такого типа модели можно квалифицировать как предметно-ориентированные потенциально эффективные информационные модели [5, 6].

Следует отметить особую роль реляционных моделей как класса информационных моделей. Реляционная модель впервые предложена Э.Ф. Коддом (E.F. Codd) в 1970 г. [6]. В основу этой модели положена возможность обработки информации табличного вида: «одна строка – один столбец», «одна строка – много столбцов» и т.д. Другой класс моделей основан на компиляции информационных и морфологических моделей. Более высокий уровень – это имитационные модели, объединяющие

математические, информационные и морфологические связи. Анализ результатов моделирования биологических объектов, ценозов, экосистем, агроценозов и агроэкосистем показал, что наиболее приемлемым типом модели является системно-детерминированная динамическая модель потенциально-эффективного типа.

Сложность динамической модели определяется не количеством входящих в нее объектов, а непрерывно развивающейся (переменной, комбинируемой) многоуровневой структурой (основной и побочных) с изменяющимся количеством и направлением связей между объектами и уровнями, усложнением отношений с ближайшим и отдаленным окружением. Для ее компьютерного исполнения необходимо создать научные основы системологического конструирования.

Синтез информационных систем во многом определяется моделями объектов. Исходя из необходимости структурирования информационных систем (базы данных и знаний, экспертных систем и систем искусственного интеллекта) необходимо создание соответствующих моделей в предметных областях знаний, сочетающих информационные и морфологические модели.

В процессе разработки средств измерения и обработки информации создаются математические, информационные, морфологические (функциональные) и натуральные модели самих объектов, которые рассматриваются как источники информации и объекты управления. Модель вне зависимости от принципа построения обладает определенными свойствами (целенаправленность, неоднозначность, динамичность, ограниченность и т.д.), которые позволяют отнести модель к какому-либо классу.

Этими положениями можно определить потоки информации для составляющих информационных моделей. Информационные модели целого и частей целого состоят из шести потоков информации и обладают необходимыми признаками эмпирической гипотезы (рис. 3).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Метод управления в соответствии с функцией назначения объекта управления предусматривает применение к объекту управления ограничений, накладываемых экологической обстановкой, сезонным характером работ, взаимным влиянием составляющих объекта, характером воздействия внешних факторов на объект управления [5, 7].

В СибФТИ разработан ряд информационных моделей (более корректно называть их информационные и морфологические модели), приведенных на рисунках 3 и 4. Эти модели использованы при создании экспертных систем диагностики состояния посевов пшеницы, технического состояния тракторного двигателя и автоматизированной си-

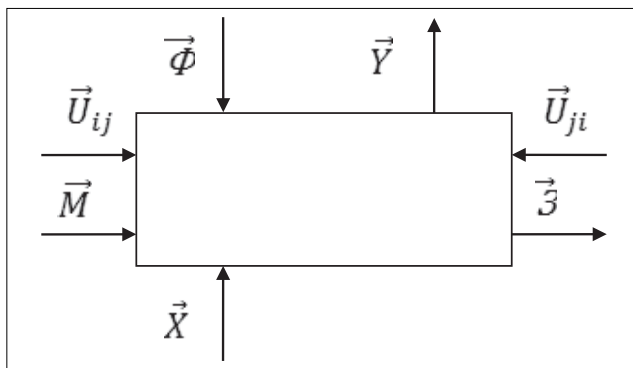


Рис. 3. Потоки информации составляющих информационных моделей:

Φ – о внешних факторах; X – об управляющих воздействиях; U – о взаимном влиянии составляющих; M – о состоянии компонентов модели; Y – о влиянии на окружающую среду; Z – о целевой функции

Fig. 3. Information streams of the information models components:

Φ – about external factors; X – about the operating influences; U – about mutual influence of components; M – about a condition of model components; Y – about impact on the environment; Z – about criterion function

стемы определения болезней, вредителей и сорняков злаковых колосовых Сибири, а также при создании баз данных сельскохозяйственного назначения (рис. 4) [3, 8].

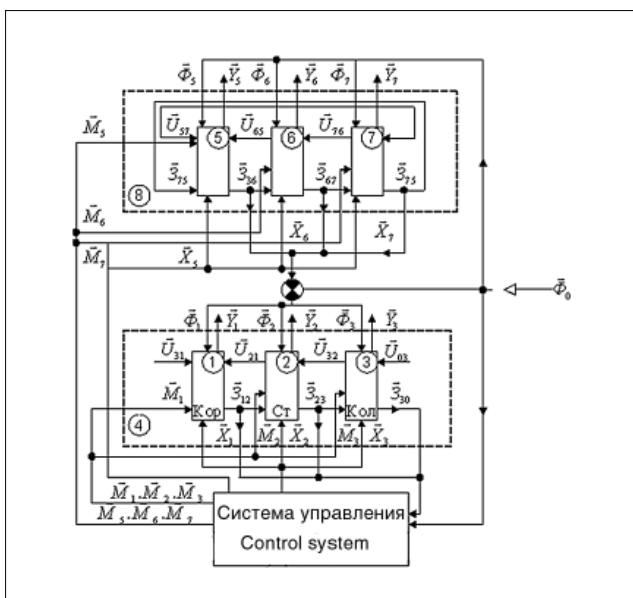


Рис. 4. Информационная модель агрофитотенноза на примере зерновых колосовых культур:

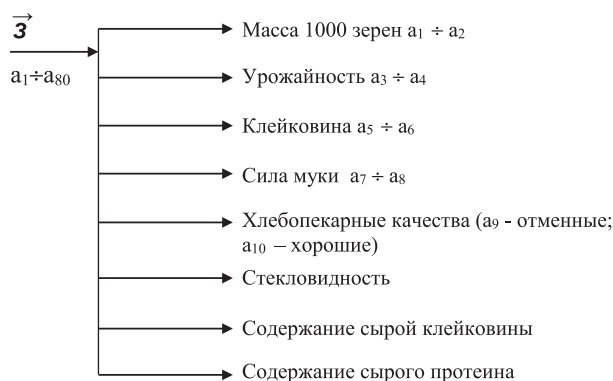
1 – корневая система; 2 – стебель; 3 – колос; 4 – растение; 5 – болезни; 6 – сорняки; 7 – вредители; 8 – фитосанитарное состояние

Fig. 4. Information model of an agrofitotsenoz on the example of grain cultures:

1 – root system; 2 – stalk; 3 – ear; 4 – plant; 5 – diseases; 6 – weeds; 7 – wreckers; 8 – phytosanitary state

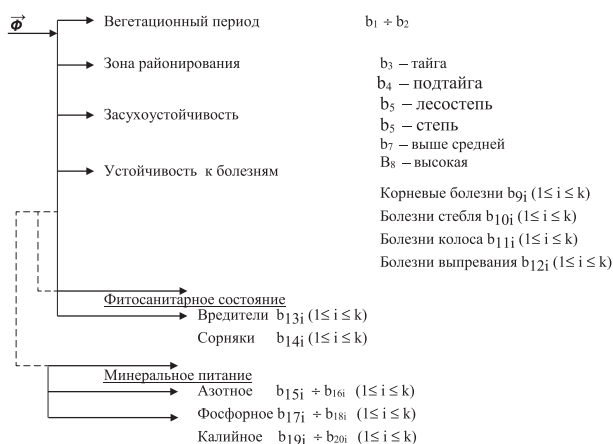
Совместный анализ информационных потоков развития растения и описания сорта на примере яровой пшеницы Новосибирская-89 позволил систематизировать информационные потоки и составляющие описания сорта, которые можно представить в следующем виде [7]:

I. $\vec{Z}$ – поток информации о целевой функции, который содержит информацию о хозяйственных и биологических свойствах растения, указанных в описании сорта. Показатели сорта в описании обозначены буквой a ; в разделе описания сорта обозначены как $a_1 \div a_{80}$.

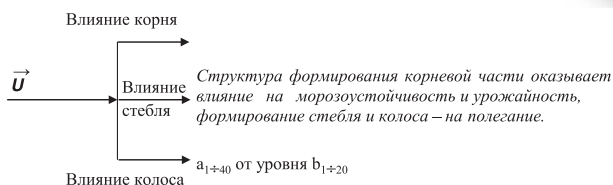


II. $\vec{\Phi}$ – поток информации о внешних факторах, который содержит информацию о поражении болезнями и повреждении вредителями конкретного сорта, о требованиях сорта к условиям внешней среды и агротехнике, об областях и районах, для которых рекомендуется сорт.

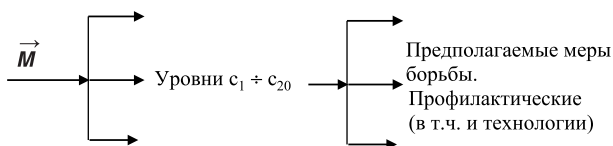
Эти данные представляются в соответствующих разделах описания сорта.



III. $\vec{U}$ – поток информации о взаимном влиянии компонентов модели растения (корня, стебля и колоса).



IV. $\vec{M}$ – поток информации о состоянии компонентов модели (корня, стебля и колоса), который содержит информацию о морфологическом описании сорта, размещающуюся в разделе описания сорта. Характеристики сорта этого раздела, которые в описании представляются как значение показателя, обозначены – c_i , а те, которые представляются как диапазон показателя, обозначены – c_i



$\div c_{i+1}$.

На современном этапе строгая формализация накопленных агрономических знаний затруднена, так как применение строгих методов математики и правил теории измерения в агротехнике требует глубокого изучения явлений и процессов. Создание модели описания сорта предопределяется исторически сложившейся практикой набора характеристик и показателей, описывающих вид растений. Например, коллектив под руководством академика Гончарова П.Л. разработал структуру такого описания на примере яровой пшеницы Новосибирская 89 [8].

Эмпирическая гипотеза о возможности единого информационного описания подтверждена при создании более 20 баз данных сельскохозяйственного назначения, разработанных в СибФТИ [5, 8-10].

Информационные модели развития растений на примере зерновых колосовых в агрофитоценозе и его частей (корень, стебель и колос), фитосанитарного состояния (вредители, болезни и сорняки), а также в целом агрофитоценоза описаны теми же шестью информационными потоками и с теми же признаками, как и модель МТА (рис. 4).

Такой подход к синтезу информационных систем во многом определил возможность применения единых инструментальных программных оболочек для создания экспертных систем сельскохозяйственных объектов и баз данных для агропромышленного комплекса.

Для сопровождения производства продукции растениеводства совместно с филиалом ИЦИГ СибНИИРС, СибНИИЗиХ СФНЦА РАН, Красноярским НИИСХ разработаны программы: «Автоматизированное рабочее место агронома-землеустроителя», «Автоматизированное рабочее место

агронома-технолога», база данных «Ресурсосберегающие технологии производства зерна», предусматривающие разработку адаптивно-ландшафтной системы земледелия для конкретного хозяйства с использованием ГИС-технологий, формирование и экономику севооборотов, формирование кормовой базы, учет оборота стада КРС, выбор технологий и подбор техники по технологическим операциям в растениеводстве с учетом срока выполнения работ, расхода ГСМ и экономических затрат. Для автоматизированного выбора в селекции и производстве зерна наиболее эффективных сортов пшеницы (50 сортов) и ячменя (25 сортов) по 62 признакам (урожайности, устойчивости к стрессовым факторам, качеству зерна, почвенным особенностям возделывания, зонам районирования и другим) предложены базы данных «Сорта пшеницы» и «Сорта ячменя».

Разработан комплект поисковых систем баз данных по уходу за посевами: «Сорняки в посевах зерновых культур», «Вредители посевов зерновых культур», «Болезни зерновых культур», «Гербициды для зерновых культур» для автоматизированной диагностики и экологического мониторинга, наиболее распространенных и вредоносных сорных растений, вредителей, болезней зерновых культур в Сибирском регионе и выбора с учетом конкретной ситуации мер защиты посевов и базы данных по картофелю (сорта, болезни и вредители).

Для инженерных работ, технического сервиса совместно с СибИМЭ СФНЦА РАН и НГАУ разработан «Программный комплекс инженера-механика» с экспертными системами по техническому обслуживанию, диагностированию и испытанию дизельных двигателей внутреннего сгорания, поисковые базы данных «Трактора сельскохозяйственного назначения», «Зерноуборочные комбайны», «Сельскохозяйственная техника для производства зерна» для рационального подбора и использования импортной и отечественной сельскохозяйственной техники нового поколения в производстве зерна.

Сотрудники СибФТИ СФНЦА РАН разработали интернет ориентированную базу данных инновационных разработок всех институтов аграрного профиля Сибири на глубину 10 лет [10]. В ней размещена информация о сортах, машинах, средствах механизации, электрификации и технологиях (в растениеводстве, животноводстве, кормопроизводстве, кормоприготовлении, защите растений, биотехнологиях, механизации, ветеринарии и переработке сельскохозяйственной продукции). База данных позиционируется как предметно-ориен-

тированная, поисковая база данных в интернет пространстве.

Создание базы данных (знаний) требует от разработчиков решения ряда системных задач. Принятые решения определяют архитектуру, компоненты, вопросы систематизации и структуризации информации, хранящейся в базе данных. База данных должна быть ориентирована прежде всего на сельхозтоваропроизводителя, иметь удаленный доступ и позволять ему находить инновационные решения во всем многообразии разработок ученых. База должна быть так организована, чтобы данные, находящиеся в ней, были легкодоступны, а сама база обладала возможностью развиваться по полноте и глубине данных. Сформулированные системные задачи позволили установить перечень показателей, которым соответствует созданная архитектура базы данных инновационных разработок. Программное обеспечение формируется на языках высокого уровня, реализуется интерактивное и многооконное меню, возможность изменения дерева цели поиска информации, наличие реквизитов института – создателя инновационного продукта, описание объектов полностью соответствует стандарту, принятому в предметной области знаний.

Эта база данных полезна для сельхозтоваропроизводителей, а также организаторов аграрного производства, ученых, преподавателей и студентов. В базе представлена информация об основных показателях инновационных продуктов и институтах – разработчиках инновационных решений

Выводы

На основе закона о круговороте веществ в природе предложена диалектическая схема взаимосвязи объектов сельскохозяйственного производства: земли, растений, животных, машин и окружающей среды. Разработана парадигма информационного обеспечения технологических процессов сельскохозяйственного производства. Предложено ядро информационных моделей компонентов агрофитоценоза и его информационная модель. На примере описания пшеницы «Новосибирская-89» показана связь информационных потоков и показателей описания. Выявлено отсутствие в описании показателей о взаимном влиянии совокупности «корень–стебель–колос».

Предложены информационные базы данных и экспертные системы в растениеводстве (по сортам и защите растений), животноводстве, ветеринарии, механизации. Представлена информация об интернет ориентированной поисковой базе данных инновационных разработок ученых.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Губарев В.В. Концептуальные основы информатики. Сущностные основы информатики. Новосибирск: НГТУ, 2001. Ч. 1. 149 с.
2. Сладкова О.Б., Пирумова Л.Н., Пирумов А.А. Проблемы использования сетевых информационных ресурсов в области сельского хозяйства: методические рекомендации // *Достижения науки и техники АПК*. 2015. N3. С. 59-64.
3. Альт В.В. Контроль и управление параметрами тракторных двигателей в эксплуатационных условиях: Автореф. дисс. д-ра техн. наук. Новосибирск, 1995. 27 с.
4. Завражнов А.И., Огородников П.И. Биотехнические системы в агропромышленном комплексе. М.: Университетская книга, 2011. 412 с.
5. Альт В.В., Савченко О.Ф., Гурова Т.А. и др. Создание и использование компьютерных информационных систем в сельском хозяйстве. Новосибирск: СибФТИ, 2005. 126 с.
6. Конноли Т., Бегг К., Страчан А. Базы данных. Проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика. М.: Вильямс, 2000. 1120 с.
7. Альт В.В. Информационные технологии в инновационном развитии АПК Сибири // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2013. N2. С. 20-23.
8. Альт В.В. Информационное обеспечение и компьютеризация селекционного процесса // Задачи селекции и пути их решения в Сибири: Докл. и сообщ. генет. селекц. школы. Новосибирск: РАСХН, 2000. С. 24-28.
9. Березина В.Ю., Гурова Т.А., Колпакова Л.А. и др. Информационная база «Сорняки в посевах зерновых» // *Информационные технологии, информационные измерительные системы и приборы в исследовании сельскохозяйственных процессов*: Материалы регион. научно-практической конференции «АГРОИНФО – 2000». Ч. 1. Новосибирск: РАСХН, 2000. С. 171-175.
10. Денисюк С.Г. Особенности построения баз данных по плодово-ягодным культурам // *Методы и технические средства исследований физических процессов в сельском хозяйстве*: Сборник научных трудов. Новосибирск: СибФТИ, 2001. С. 130-135.

REFERENCES

1. Kontseptual'nye osnovy informatiki [Conceptual fundamentals of informatics]. Novosibirsk: NGTU, 2001; 1: 149. (In Russian)
2. Sladkova O.B., Pirumova L.N. Pirumov A.A. Problems of use of network information resources in agriculture. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2015; 3: 59-64. (In Russian)
3. Kontrol' i upravlenie parametrami traktornykh dvigateley v ekspluatatsionnykh usloviyakh [Control and management of parameters of tractor engines in operational conditions]: Avtoref. dis. dokt. tekhn. nauk. Novosibirsk, 1995: 27. (In Russian)
4. Zavrazhnov A.I., Ogorodnikov P.I. Biotekhnicheskie sistemy v agropromyshlennom komplekse [Biotechnical systems in agro-industrial complex]. Moscow: Universitetskaya kniga, 2011: 412. (In Russian)
5. Al't V.V., Savchenko O.F., Gurova T.A., et al. Sozdanie i ispol'zovanie kop'yuternykh informatsionnykh sistem v sel'skom khozyaystve [Creation and use of computer information systems in agriculture]. Novosibirsk: SibFTI, 2005: 126. (In Russian)
6. Connolly T., Begg C., Strachan A. Bazy dannykh. Proektirovanie, realizatsiya i soprovozhdenie. Teoriya i praktika [Data bases. Design, Implementattion and management. Theory and practice. Moscow: Vil'yams, 2000: 1120. (In Russian)
7. Al't V.V. Information technologies in innovative development of agrarian and industrial complex in Siberia. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2013; 2: 20-23. (In Russian)
8. Al't V.V. Information system and comrutarization for breeding process. *Zadachi selektsii i puti ikh resheniya v Sibiri: Dokl. i soobshch. genet. selekts. shkoly*. Novosibirsk: RASKhN, 2000: 24-28. (In Russian)
9. Berezina V.Yu., Gurova T.A., Kolpakova L.A., et al. Information base «Weeds in Grain Crops». *Informatsionnye tekhnologii, informatsionnye izmeritel'nye sistemy i pribory v issledovanii sel'skokhozyaystvennykh protsessov*: Materialy region. nauchno-prakticheskoy konferentsii «AGROINFO – 2000». Vol. 1. Novosibirsk: RASKhN, 2000: 171-175. (In Russian)
10. Denisyuk S.G. Design features of databases on fruit and berry cultures. *Metody i tekhnicheskie sredstva issledovaniy fizicheskikh protsessov v sel'skom khozyaystve: Sbornik nauchnykh trudov*. Novosibirsk: SibFTI, 2001: 130-135. (In Russian)

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

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

Система автоматизированного управления параметрами агрегата магнитно-импульсной обработки растений в садоводстве

Алексей Игоревич Кутырёв,
аспирант, e-mail: alexeykuttyrev@gmail.com;
Дмитрий Олегович Хорт,
кандидат сельскохозяйственных наук;
ведущий научный сотрудник;
Ростислав Александрович Филиппов,
кандидат сельскохозяйственных наук,
ведущий научный сотрудник;

Игорь Геннадьевич Смирнов,
кандидат сельскохозяйственных наук,
ученый секретарь;
Роман Владимирович Вершинин,
инженер

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

В современном сельском хозяйстве большое внимание уделяется экологически чистому производству продукции. Одной из альтернатив применению генетически модифицированных организмов и использованию в производстве химических препаратов является электрофизическое воздействие на биологические объекты. В статье представлена 3D-модель системы автоматизированного проектирования «КОМПАС-3D» разрабатываемого автоматизированного агрегата для магнитно-импульсной обработки растений. Его применение позволит повысить урожайность и экологическую безопасность садовых культур при различных технологиях производства. В качестве привода рабочих органов агрегата (индукторов) подобраны электронно-управляемые электроцилиндры (актуаторы), предназначенные для автоматической подстройки рабочих органов агрегата под агротехнологические параметры растений, для подъема/опускания и выдвижения стрел в вертикальной плоскости, а также наклона индукторов на углы до 90 градусов в горизонтальной плоскости. Электроцилиндры предпочтительнее других типов навесных подъемных устройств, так как они обладают высокими показателями точности перемещения, а также гибкостью управления. В результате проведенного исследования подобраны актуаторы с питанием 12 В, мощностью 50 Вт, ходом штока 200-600 мм, скоростью 10-45 мм/с, нагрузкой 200-900 Н. Такие электроцилиндры обеспечивают изменение ширины захвата агрегата до 3,6 м, подъем/опускание рабочих органов весом 50 Н на 300 мм, изменение угла наклона индукторов в горизонтальной плоскости до 75 градусов, что позволяет автоматизировать процесс облучения. Приведен принцип работы мобильного агрегата магнитно-импульсной обработки растений. Представлена схема автоматизированной системы изменения ширины захвата агрегата, поддержания заданного расстояния и угла наклона между индукторами и растениями, обрабатываемыми низкочастотным магнитным полем. Разработаны блок-схема, описывающая алгоритм работы системы, и программный код расчета требуемого перемещения штока актуатора в текстовом редакторе *Sublime Text*. После установки требуемого значения расстояния до объекта облучения запускается цикл, включающий в себя определение текущего расстояния до объекта, расчет изменения дистанции до объекта и перемещение штока на требуемое расстояние.

Ключевые слова: система управления, магнитно-импульсная обработка, облучение растений, автоматизированный агрегат, электрофизические методы.

■ **Для цитирования:** Кутырёв А.И., Хорт Д.О., Филиппов Р.А., Вершинин Р.В., Смирнов И.Г. Система автоматизированного управления параметрами агрегата магнитно-импульсной обработки растений в садоводстве // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2018. Т. 12. №1. С. 16-21. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-1-16-21

System of Magnetic-Pulse Unit Parameters Automated Control for Plant Treatment in Gardening

Aleksei I. Kuttyrev,
post-graduate student, e-mail: alexeykuttyrev@gmail.com;
Dmitriy O. Khort,
PhD (Agri.), leading researcher;
Rostislav F. Filippov,

PhD (Agri.), leading researcher;
Igor G. Smirnov,
PhD (Agri.), scientific secretary
Roman V. Vershinin,
engineer

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

Lately, big attention is paid to environmentally friendly production in agriculture. One of the alternatives to the use of genetically modified organisms or production chemicals is influence on biological objects by electrophysical methods. The article presents the 3D model of the computer-aided design system "KOMPAS-3D" of an automated unit for magnetic-pulse treatment of plants. Its use will improve the productivity and environmental safety of horticultural crops at different technologies of production. Electronically controlled electrocylinders (actuators) for driving of the working tools (inductors) were sorted out. Actuators were designed for automatic adjustment of the working tools of the unit for agro-technological parameters of plants, shafts lifting/lowering and extension in a vertical plane and inductors tilt angles up to 90° in the horizontal plane. Electrocylinders have a significant advantage in automatic control to other types of hinged lifting devices due to a high accuracy rate of movement and operation flexibility. The actuators with 12 V supply, 50 W power, the 200-600 mm operating rod stroke, 10-45 mm/s speed, 200-900 H load were sorted out through the study. These electrocylinders provide a change of operating width to 3.6 m, 300 mm lifting/lowering of the working elements with a weight of 50 N, changing the tilt angle of the inductors in the horizontal plane up to 75 degrees. As a result the process of plants irradiation can be automated. The principle of operation of the mobile unit for magnetic-pulse treatment of plants, the scheme of the automated system changing the operating width, maintenance the specified distances between and tilt angle between inductors and plants treated by the low-frequency magnetic field are presented. A flowchart describing the system operation algorithm and a program code of calculating the required displacement of the actuator rod in a Sublime Text were worked out. After setting the desired value of the distance to the object exposure a cycle is started. The cycle includes determining the current distance to the object, calculate the change of this parameter and stock moving to the required distance.

Keywords: Control system; Magnetic pulse treatment; Plant irradiation; automated unit; Electrophysical methods.

For citation: Kuttyrev A.I., Khort D.O., Filippov R.A., Vershinin R.V., Smirnov I.G. System of magnetic-pulse unit parameters automated control for plant treatment in gardening. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2018. Vol. 12; 1: 16-21. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-1-16-21 (In Russian)

В настоящее время продолжается поиск эффективных абиотических малоэнергозатратных факторов с целью создания на их основе экологически безопасных технологий, которые смогут повысить устойчивость растений и стимулировать их рост и развитие.

В сельском хозяйстве на большом экспериментальном материале доказано реагирование биологических объектов на действие искусственного магнитного поля, предлагаются различные способы его использования для повышения урожайности культур. Наиболее перспективным, с точки зрения авторов, является применение электромагнитного поля (ЭМП), так как можно изменять его частоты, генерировать модулированное по амплитуде и частоте ЭМП, с заданной формой сигналов [1-4].

Применение технических средств для выполнения новой технологической операции магнитно-импульсной обработки (МИО) растений в условиях промышленных плантаций позволит продолжить дальнейшие научные исследования по изучению влияния низкочастотного магнитного поля на растительные объекты в полевых условиях.

Цель исследований – разработка системы управления и программного алгоритма ее работы, позволяющих контролировать и поддерживать требуемые значения магнитной индукции в рабочей зоне автоматизированного навесного агрегата при МИО растений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. С помощью методов математического моделирования, теоретической механики и оптимального проектирования в САПР «КОМПАС-3D» визуализирована 3D-модель агрегата (рис. 1).

В качестве приводов рабочих органов (индукторов) агрегата наиболее подходят электронно-управляемые электроцилиндры (актуаторы), закрепленные на раме. Они предназначены для автоматической подстройки рабочих органов агрегата под агротехнологические параметры растений для подъема/опускания и выдвижения стрел в вертикальной плоскости и наклона индукторов на углы до 90° в горизонтальной плоскости.

Электроцилиндры имеют значительное преимущество автоматического управления перед другими типами навесных подъемных устройств, обладают высокими показателями точности перемещения, а также гибкостью управления. Их можно рассматривать в качестве эффективной, безопасной для окружающей среды и практически не требующей обслуживания альтернативы гидравлическим или пневматическим изделиям.

На эксплуатационные показатели актуатора влияет множество факторов, связанных с областью применения. Наиболее важными среди них при оценке и подборе линейных приводов разрабатываемого агрегата считаются усилие втягивания и толкания, статическая и динамическая грузоподъ-

емность, скорость, длина хода, продолжительность включения и ресурс. Для решения поставленных задач проведены теоретические исследования на основе известных методов инженерных расчетов и высшей математики [5-9].

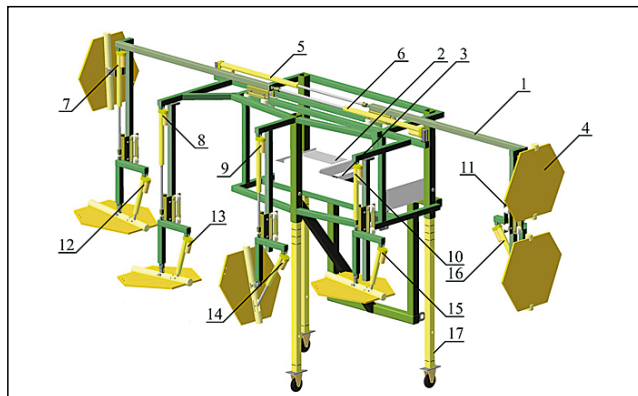


Рис. 1. 3D-модель автоматизированного агрегата магнитно-импульсной обработки растений:

1 – рама; 2 – аппарат МИО растений; 3 – инвертор; 4 – рабочие органы (индукторы); 5, 6 – электроцилиндры изменения ширины захвата агрегата; 7-11 – электроцилиндры поддержания заданного расстояния между индукторами и растениями; 12-16 – электроцилиндры изменения угла наклона; 17 – съемные колеса

Fig.1. 3D model of the automated unit for magnetic-pulse treatment of plants:

1 – frame; 2 – apparatus for magnetic-pulse treatment of plants; 3 – inverter; 4 – operating elements (inductors); 5, 6 – electric cylinders for change in the operating width; 7-11 – electric cylinders for maintenance the specified distances between inductors and plants; 12-16 – electrocylinders for change in tilt angle; 17 – removable wheels

Две основные характеристики актуатора, определяющие выходную мощность привода, – это создаваемое усилие (полезная нагрузка) и скорость перемещения выходного звена. При этом величина силы тока зависит от мощности привода (рис. 2).

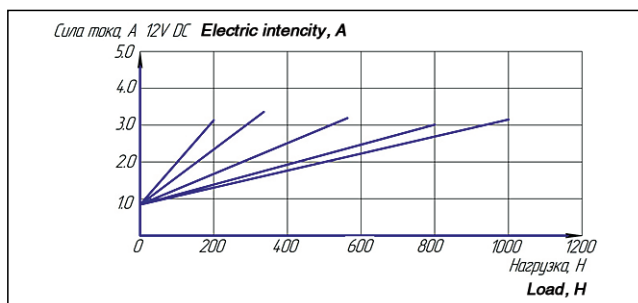


Рис. 2. Зависимость силы тока от нагрузки

Fig. 2. Dependence of electric current intensity on the load

Скорость перемещения штока актуатора зависит от прилагаемой нагрузки и типа используемого двигателя (рис. 3).

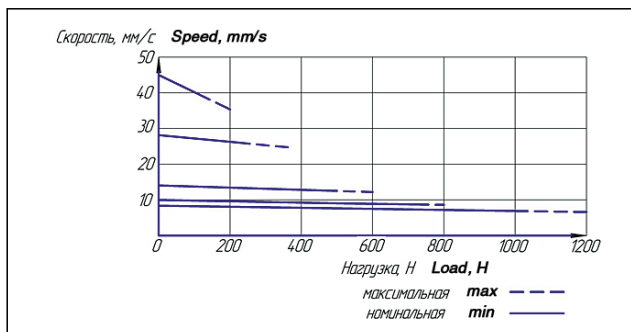


Рис. 3. Зависимость скорости работы актуатора (возвратно-поступательного перемещения штока) от нагрузки

Fig. 3. Dependence of the actuator operating speed (rod reciprocating motion) on the load

Линейные актуаторы рассчитаны на прерывистую работу. Продолжительность включения и коэффициент использования определяют максимальный период времени работы привода без остановки (рис. 4).

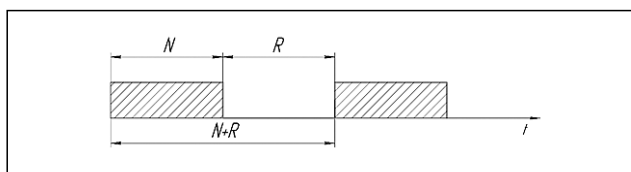


Рис. 4. Цикл работы актуатора

Fig. 4. Cycle of actuator operation

Если коэффициент использования превышен, то актуатор может перегреться и выйти из строя. Допустимая для актуаторов постоянного тока нагрузка при конкретном коэффициенте использования выражается в процентах от максимальной динамической грузоподъемности:

$$K_{исп} = \frac{N}{N + R} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где N – работа под нагрузкой;

R – период останова;

$N+R$ – общая продолжительность цикла.

Актуатор поддержания заданного расстояния между индукторами и растениями работает по следующему циклу: работа – в течение 5 с, пауза – в течение 5 с; работа – 5 с; пауза – 5 с и т.д. Тогда коэффициент использования для этого рабочего цикла равен:

$$K_{исп} = \frac{5 + 5}{(5 + 10) + (5 + 10)} \cdot 100\% = 33\%. \quad (2)$$

На рисунке 5 представлен экспериментальный график зависимости допустимой нагрузки от коэффициента использования.

Как видно, допустимая нагрузка ($K_{факт}/K_{расчет}$) на привод с данным рабочим циклом составляет

69% от максимальной динамической нагрузки при коэффициенте использования 33,3%.

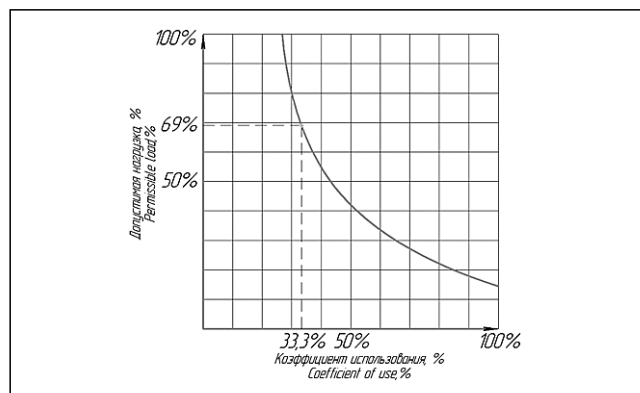


Рис. 5. Зависимость допустимой нагрузки от коэффициента использования

Fig. 5. Dependence of permissible load on operating factor

В большинстве случаев величина нагрузки непостоянная. Для подсчета эквивалентной нагрузки необходимо определить среднюю постоянно действующую нагрузку F :

$$F = \sqrt[3]{\frac{F_1^3 \cdot S_1 + F_2^3 \cdot S_2 + F_3^3 \cdot S_3 + \dots}{S_1 + S_2 + S_3 + \dots}}; \quad (3)$$

где F_1, F_2, F_3 – полезная нагрузка, Н, при неполном ходе $S_1, S_2, S_3, \dots$, мм;

Ресурс работы актуатора зависит от нагрузки, длины хода и частоты срабатывания предохранительной муфты. Для расчета базового номинального ресурса актуатора достаточно знать динамическую нагрузку и фактический ход штока:

$$L_n = \frac{500000 \cdot p}{s} \cdot \left(\frac{c^3}{F}\right), \quad (4)$$

где L_n – номинальный ресурс при двойных ходах, то есть при ходе от одного крайнего положения до другого и обратно; p – шаг винта, мм; S – фактический ход, мм; c – базовая динамическая грузоподъемность, Н; F – средняя кубическая нагрузка, Н [10];

Для автоматизации процесса подстройки рабочего органа (индуктора) под агротехнологические параметры растений используется язык программирования C/C++. Программный код разработан в текстовом редакторе *Sublime Text*.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.

В результате проведенного исследования подобраны актуаторы с питанием 12 В, мощностью 50 Вт, ходом штока 200–600 мм, скоростью 10–45 мм/с, нагрузкой 200–900 Н. Подобранные электроцилиндры обеспечивают изменение ширины захвата агрегата до 3,6 м, подъем (опускание) рабочих органов массой 50 Н на 300 мм, изменение угла наклона индукторов в горизонтальной плоскости до 75°, что позволит автоматизировать процесс облучения рас-

тений низкочастотным магнитным полем в различных технологиях возделывания садовых культур.

На рисунке 6 представлена схема автоматизированной системы изменения ширины захвата агрегата, поддержания заданного расстояния и угла наклона между индукторами и растениями, обрабатываемыми низкочастотным магнитным полем.

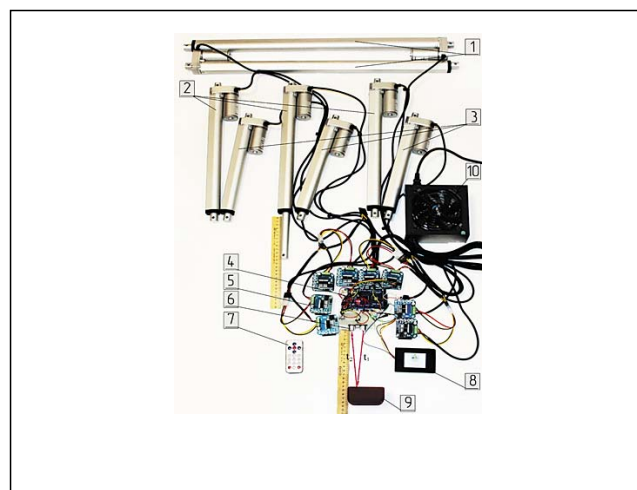


Рис. 6. Схема автоматизированной системы изменения ширины захвата агрегата, поддержания заданного расстояния и угла между индукторами и растениями:

1 – актуаторы изменения ширины захвата агрегата; 2 – актуаторы поддержания заданного расстояния; 3 – актуаторы изменения угла наклона рабочих органов; 4 – микроконтроллер; 5 – драйверы моторов; 6 – бесконтактный ультразвуковой датчик; 7 – инфракрасный пульт дистанционного управления с IR-приемником; 8 – TFT-экран; 9 – препятствие; 10 – блок питания

Fig. 6. Scheme of the automated system for change the unit operating width, maintenance the specified distances and angle between inductors and plants:

1 – actuators for change the operating width; 2 – actuators for maintainance the specified distance; 3 – actuators for change the working elements tilt angle; 4 – microcontroller; 5 – motors drivers; 6 – non-contact ultrasonic sensor; 7 – infrared remote control with IR receiver; 8 – TFT screen; 9 – obstacle; 10 – power supply

В процессе работы тяговая машина с автоматизированным агрегатом магнитно-импульсной обработки растений (мобильный агрегат) в автоматическом режиме с помощью ультразвуковых датчиков, контроллера и актуаторов изменяет угол наклона и поддерживает заданное расстояние между растениями, тремя индукторами и светодиодными прожекторами, обеспечивая постоянное значение магнитной индукции в рабочей зоне [10, 11].

При выполнении технологической операции облучения низкочастотным магнитным полем ультразвуковые датчики измеряют расстояние до объекта, генерируют узконаправленный сигнал на ча-

стоте 40 кГц и, дойдя до препятствия в виде растения, ловят отраженный сигнал.

Расстояние до растения и обратно рассчитывается по времени распространения звука путем умножения скорости на время. Так как звуковая волна проходит расстояние от датчика до объекта и обратно, а нам нужно только расстояние до объекта, то результат делится на 2:

$$L = VE/2, \quad (5)$$

где L – расстояние до растения, м; V – скорость звука в воздухе, м/с; E – время ожидания эха, с;

Скорость звука в воздухе величина непостоянная, зависит от температуры:

$$V_2 = \gamma RT/M, \quad (6)$$

где γ – показатель адиабаты воздуха, ед.; R – универсальная газовая постоянная (Дж/моль·К); T – абсолютная температура воздуха, К; M – молекулярная масса воздуха, г/моль.

Подставив в формулу известные значения γ , R , M , получим:

$$V \approx 20,042\sqrt{T}; \quad (7)$$

Подставим формулу (7) в формулу (5), переведем L – в см, E – в мкс, T – в °C, получаем:

$$L \approx E\sqrt{(t + 273,15)/1000}. \quad (8)$$

Показания всех датчиков агрегата, значения максимальных и минимальных высот растений под рабочей площадью индуктора передаются в микроконтроллер, где рассчитывается требуемое перемещение штока актуатора.

Блок-схема, описывающая алгоритм работы актуаторов поддержания заданного расстояния с ультразвуковым датчиком, представлена на рисунке 7.

Когда задано требуемое значение расстояния до объекта облучения, запускается цикл, включающий в себя определение текущего расстояния до объекта, расчет изменения дистанции до объекта и перемещение штока на требуемое расстояние.

Система актуаторов, получая сигнал от микроконтроллера, изменяет положение индукторов через драйвер моторов, подстраиваясь под габариты растений, со скоростью до 1000 мм/с. С помощью актуаторов посредством инфракрасного пульта дистанционного управления происходит также адаптация агрегата к междурядьям.

Режим работы аппарата МИО в зависимости от обрабатываемой культуры выбирают на блоке управления. Питание блока управления аппарата МИО и системы адаптации осуществляется от инвертора [12, 13].

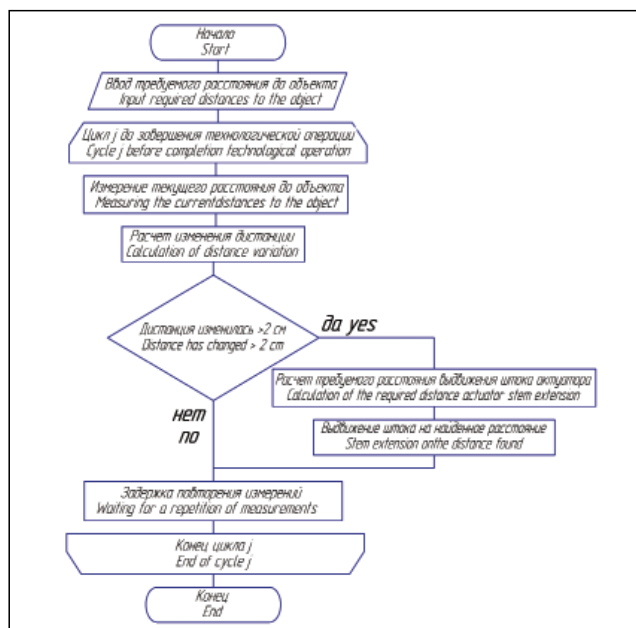


Рис. 7. Блок-схема алгоритма работы актуаторов поддержания заданного расстояния

Fig. 7. Block-diagram of the actuators operation algorithm for maintenance the specified distance

```

31 //Замер дистанции до объекта
32 distance = sonar.ping_cm();
33
34 //расчет изменения расстояния
35 distanceDelta = distance - distanceLast;
36
37 //проверяем необходимые условия для перемещения штока актуатора
38 if((abs(distanceDelta) > 2) && (distance < 30) && (distance > 5)){
39 //запоминаем текущее расстояние для дальнейших расчетов
40 distanceLast = distance;
41
42 //вызываем функцию перемещения штока актуатора
43 motion(distanceDelta);
44 }
45

```

Рис.8. Программный код расчета требуемого перемещения штока актуатора в текстовом редакторе Sublime Text

Fig.8. Program code for Sublime Text calculating the required displacement of the actuator rod

Выводы.

Биологический эффект применения автоматизированного агрегата с модулем МИО выражается в стимулировании обменных процессов, повышении проницаемости клеточных мембран, улучшении усвояемости веществ и микроэлементов, позволяет активизировать функциональную активность растений, повысить урожайность, сократить количество химических обработок, улучшить качество продукции.

Предложенная система управления рабочими параметрами агрегата МИО растений позволит автоматизировать процесс облучения с возможностью настройки к различным типам садовых насаждений, обеспечивая требуемое значение магнитной индукции в рабочей зоне.



Разработанный алгоритм работы системы управления повышает точность выполнения операции облучения и позволяет накапливать и хранить в

базе данных реальные экспериментальные данные о результатах обработки садовых насаждений в полевых условиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бинги В.Н. Магнитобиология: эксперименты и модели. М.: МИЛТА, 2002. С. 592.
2. Кутырёв А.И., Хорт Д.О., Филиппов Р.А., Ценч Ю.С. Магнитно-импульсная обработка семян земляники садовой // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2017. №5. С. 9-15.
3. Galland P., Pazur A. Magnetoreception in plants. *International Journal of Plant Research*. 2005; 118(6): 371-389.
4. Carbonell M.V., Martinez E., Florez M. Biological effects of stationary magnetic field in thistle (*Cynara cardunculus*, L.). *Zemes ukio inžinerija*. Raudondvaris, Kaunas, 1998. Vol. 30; 2: 71-80.
5. Хорт Д.О., Филиппов Р.А., Кутырёв А.И. Разработка аппарата для магнитно-импульсной обработки растений // *Инновации в сельском хозяйстве*. 2017. №1 (22). С. 50-55.
6. Измайлов А.Ю., Хорт Д.О., Смирнов И.Г., Филиппов Р.А., Кутырёв А.И. Обоснование параметров робототехнического средства с опрыскивателем и модулем магнитно-импульсной обработки растений в садоводстве // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2017. №1. С. 3-10.
7. Кутырёв А.И. Технологический адаптер для робототехнического средства в садоводстве // *Плодоводство и*

- ягодководство России*. 2016. Т. XXXXVI. С. 180-185.
8. Патент N173651 РФ. Аппарат импульсной обработки растений / Кутырёв А.И., Хорт Д.О., Филиппов Р.А., Смирнов И.Г. // 2017. Бюл. N25.
9. Патент N174410 РФ. Устройство для магнитно-импульсной обработки садовых растений / Филиппов Р.А., Хорт Д.О., Кутырёв А.И. // 2017. Бюл. N29.
10. Хорт Д.О., Филиппов Р.А., Кутырёв А.И. Робототехническое средство с модулем магнитно-импульсной обработки растений в садоводстве // *Мехатроника, автоматика и робототехника*, 2017. Т. 1. С. 28-30.
11. Кутырёв А.И. Особенности разработки робототехнического средства для садоводства // *Плодоводство и ягодководство России*. 2016. Т. XXXXVI. С. 175-179.
12. Патент 167530 РФ. Робот для магнитно-импульсной обработки растений / Измайлов А.Ю., Кутырёв А.И., Смирнов И.Г., Филиппов Р.А., Хорт Д.О. 2017. Бюл. N1.
13. Хорт Д.О., Филиппов Р.А., Кутырёв А.И. Моделирование и анализ конструкции технологического адаптера для магнитно-импульсной обработки растений в садоводстве // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2017. N3. С. 29-34.

REFERENCES

1. Bingi V.N. Magnitobiologiya: eksperimenty i modeli [Magnetobiology: experiments and models]. Moscow: MILTA, 2002; 592. (In Russian)
2. Kutyrev A.I., Khort D.O., Filippov R.A., Tsench Yu.S. Magnetic-pulse treatment of garden strawberry seeds. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2017; 5: 9-15. (In Russian)
3. Galland P., Pazur A. Magnetoreception in plants. *International Journal of Plant Research*. 2005; 118(6): 371-389. (In English)
4. Carbonell M.V., Martinez E., Florez M. Biological effects of stationary magnetic field in thistle (*Cynara cardunculus*, L.). *Zemes ukio inžinerija*. Raudondvaris, Kaunas, 1998. Vol. 30; 2: 71-80. (In English)
5. Khort D.O., Filippov R.A., Kutyrev A.I. Working out of unit for magnetic-pulse treatment of plants. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*. 2017; 1 (22): 50-55. (In Russian)
6. Izmaylov A.Yu., Khort D.O., Smirnov I.G., Filippov R.A., Kutyrev A.I. Justification of parameters of robotic means with sprayer and module magnetic-pulse treatment of plants in horticulture. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2017; 1: 3-10. (In Russian)
7. Kutyrev A.I. Technology adapter for robotic agent in horticulture. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. 2016;

- XXXXVI: 180-185. (In Russian)
8. Patent N173651 RF. Apparat impul'snoy obrabotki rasteniy [Unit for pulsing treatment of plants]. Kutyrev A.I., Khort D.O., Filippov R.A., Smirnov I.G. 2017. Byul. N25. (In Russian)
9. Patent N174410 RF. Ustroystvo dlya magnitno-impul'snoy obrabotki sadovykh rasteniy [Unit for magnetic-pulse treatment of garden plants]. Filippov R.A., Khort D.O., Kutyrev A.I. // 2017. Byul. N29. (In Russian)
10. Khort D.O., Filippov R.A., Kutyrev A.I. Robot with module of magnetic-pulse treatment of plants in gardening. *Mekhatronika, avtomatika i robototekhnika*. 2017; 1: 28-30. (In Russian)
11. Kutyrev A.I. Features of the development of robotic tools for gardening. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. 2016; XXXXVI: 175-179. (In Russian)
12. Patent 167530 RF. Robot dlya magnitno-impul'snoy obrabotki rasteniy [Robot for magnetic-pulse treatment of plants]. Izmaylov A.Yu., Kutyrev A.I., Smirnov I.G., Filippov R.A., Khort D.O. 2017. Byul. N1. (In Russian)
13. Khort D.O., Filippov R.A., Kutyrev A.I. Model-based analysis of construction design of technological adapter for magnetic-pulse processing of plants in horticulture. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2017; 3: 29-34. (In Russian)

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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



Исследование сушки селекционных семян в плотном слое

Сергей Анатольевич Павлов¹, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник;

Нелли Семеновна Левина¹, ведущий научный сотрудник;

Иван Дмитриевич Лукин², главный инженер, e-mail: kirmis@orichila.kirov.ru

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

²Кировская государственная зональная машиноиспытательная станция, ул. Юбилейная, 1а, п.г.т. Оричи, Кировская область, 612080, Российская Федерация

При выборе режима безопасной сушки зерновой массы необходимо учитывать ее неоднородность по влажности. Это нежелательный фактор, от которого необходимо избавиться. С увеличением невыравненности зерновой массы по влажности снижается устойчивость ее при хранении, появляется опасность возникновения очагов самосогревания, уменьшается эффективность работы сушильных установок и других машин по обработке, возрастают затраты энергии на производство семян. Для устранения этого недостатка на отдельных участках зернового слоя или зернового потока высушенный продукт следует тщательно перемешивать, чтобы достичь наилучшей выравниваемости. Однако невыравненность по индивидуальной влажности отдельных зерен останется. Для ее снижения используют отлежку в сочетании с перемешиванием материала. Исследования проводили в лабораторной установке периодического действия. Продували увлажненные семена сахарной свеклы со скоростью агента сушки 0,5 м/с и температуре 45 градусов Цельсия. Влагосъем между перемешиваниями не превышал 2,5 процента для селекционных и 3,0 процента для рядовых семян. Длительность периодов между перемешиваниями можно определить аналитическим путем. Толщина слоя семян, допускающая сушку без перемешивания, убывает по квадратичной зависимости от повышения влажности. В перемешанных семенах происходит контактный влагообмен между влажными и подсушенными зерновками, что при суммарной длительности контакта не менее 30 мин позволяет дополнительно снизить неравномерность сушки до 0,5 процента.

Ключевые слова: сушка семян, перемешивание, контактный влагообмен.

■ **Для цитирования:** Павлов С.А., Левина Н.С., Лукин И.Д. Исследование сушки селекционных семян в плотном слое // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. Т. 12. №1. С. 22-26. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-1-22-26

Research of selection seeds drying in dense layer

Sergey A. Pavlov¹, PhD, Leading Researcher;

Nelli S. Levina¹, Leading Researcher;

Ivan D. Lukin²,

Engineer-in-chief, e-mail: kirmis@orichila.kirov.ru

¹Federal Scientific Agricultural Engineering Center VIM, 1st Institutskiy proezd, 5, Moscow, 109428, Russian Federation

²Kirov State Machinery Testing Station, Yubileynaya, 1, set. Orichi, Kirov region, 612080, Russian Federation

At the choice of the mode of safe drying of grain mass it is necessary to consider its heterogeneity on moisture content. It is an undesirable factor of which it is necessary to get rid. When increase in moisture inconstant the stability of grain mass at storage decreases, there is a danger of emergence of heating, the overall performance of dryers and other processing equipment decreases, energy costs for seeds production rise. To eliminate this shortcoming located in a grain layer or grain stream the dried-up product should be mixed carefully for the best uniformity. However not uniformity on individual moisture content of separate grains will remain. For its decrease combination of lying with material concitation is used. Researches were conducted in batch-operated laboratory machine. The humidified seeds of sugar beet were blowed-through with the drying agent speed of 0.5 m/s and temperature of 45 degrees Celsius. Moisture removal between concitations did not exceed 2.5 percent for selection seeds and 3.0 percent for ordinary ones. Duration of the periods between concitations can be determined in the analytical way. Thickness of a layer of seeds allowing drying without concitation decreases on

square dependence on increase in moisture content. A contact moisture exchange between the damp and dried caryopsides for 30 min and more make it possible to drop-off in the unevenness of drying up to 0.5 percent.

Keywords: Seeds drying; Concitation; Contact moisture exchange.

■ **For citation:** Pavlov S.A., Levina N.S., Lukin I.D. Research of selection seeds drying in dense layer. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2018. Vol. 12; 1: 22-26. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-1-22-26

При производстве семян наиболее ответственной операцией остается безопасная сушка. От того, насколько своевременно и качественно она проведена, зависит сохранность собранного селекционного материала и результативность труда ученого-селекционера.

При выборе режима сушки необходимо учитывать следующие параметры: температуру агента сушки, величину коэффициента теплоотдачи, перемешивание как способ избавления от нежелательной неравномерности сушки, препятствующей качественному протеканию процесса [1-5].

С увеличением невыравненности зерновой массы по влажности снижается устойчивость семян к патогенам при хранении зерна, появляется опасность возникновения очагов самосогревания, уменьшается эффективность работы сушильных установок и других машин послеуборочной обработки, возрастают затраты энергии на производство семян.

Можно отметить два вида невыравненности зерновой массы по влажности. Первый вид – это неравномерное распределение влажности по участкам зерновой массы. Второй вид – это невыравненность по влажности отдельных зерен зерновой массы. В поступающем на обработку зерновом ворохе и обработанном зерне имеется невыравненность того и другого вида. При перемешивании зерновой массы и ее отлежке невыравненность снижается [6, 7].

Невыравненность характеризуют, как правило, отклонением от среднего значения влажности зерновой массы (максимальным, средним, среднеквадратическим и др.). В слоевых сушилках (лотковых, закромных, бункерных, ленточных и др.) пробы на невыравненность высушенного материала по влажности отбирают по толщине и площади зернового слоя. В сушилках непрерывного действия с перемешиваемой зерновой массой (например, в колонковых) пробы на влажность зерна отбирают через определенные интервалы времени на выходе из выпускного аппарата. Для устранения невыравненности влажности зерна на отдельных участках зернового слоя или зернового потока высушенный продукт следует тщательно перемешивать, чтобы достичь лучшей выравненности. Однако невыравненность по индивидуальной влажности отдельных зерен остается. Для ее снижения используют отлежку высушенного материала. Согласно исходным требованиям, неравномерность влажности зерна, высушенного до 14%, не должна превышать $\pm 1,5\%$.

Влажность свежесобранного зерна зависит от способа и времени уборки, метеорологических условий уборочного периода и других факторов и может колебаться в широких пределах (у зерновых культур – от 10 до 35%). При этом колебания средней влажности зернового вороха, поступающего с одного поля в течение одного дня, могут быть значительными – до 8% [7]. Зерновой урожай обычно убирают при средней влажности зерна 13-23%, но влажность отдельных зерен будет существенно отличаться от среднего значения. При средней влажности зерна пшеницы 22% приблизительно десятая часть зерен имеет влажность ниже 17%, а пятая часть – выше 25%. Отклонения могут быть еще выше. При средней влажности зернового вороха 15% в нем могут быть зерна влажностью как 10-12%, так и 40-45% (недозрелые зерна).

Предварительная очистка зернового вороха несколько снижает его среднюю влажность и невыравненность по этому признаку – главным образом вследствие отделения примесей. Благодаря этому уменьшается опасность его порчи при длительном хранении. Однако для безопасного длительного хранения зерновой ворох должен быть высушен до кондиционной влажности (13-14%).

В слоевых сушилках периодического и непрерывного действия с перемешиваемой зерновой массой всегда будет наблюдаться неравномерность высушиваемого зерна по влажности на отдельных участках зернового слоя, то есть по толщине и площади зернового слоя. Это обусловлено способом воздействия сушильного агента на материал. Особенно большая неравномерность сушки характерна для сушилок периодического действия. В связи с этим высушенный с их использованием материал следует обязательно перемешивать, во многих случаях с применением специальных дополнительных технических средств [8].

Отмечается, что чем выше неравномерность исходного материала, тем более невыравненным оказывается он после сушки. Установлено, что после сушки уменьшается варьирование влажности отдельных зерен. Однако размах крайних отклонений остается высоким.

Анализ опытных данных показывает, что процесс сушки с перемешиванием семян дает более равномерный результат по толщине слоя, чем без этого приема. Разница в продолжительности сушки достигает 5,0-6,5 ч, что в пересчете на удельную

производительность составляет 50-65% [9].

Вышеприведенные режимы перемешивания не оптимальны и имеют резервы интенсификации при условии полной сохранности семян.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЙ – определение частоты, длительности перемешивания семян и максимальной толщины плотного слоя, не требующего перемешивания.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Исследования проводили в лабораторной установке периодического действия. Семена сахарной свеклы, увлажненные до 18, 20, 25 и 30% в слое толщиной 0,1; 0,2; 0,3 и 0,4 м, продували в кассете диаметром 0,12 м при скорости агента сушки 0,5 м/с и температуре 45°C.

Перемешивали слой при влагосъеме $\Delta W = 3,5; 3,0$ и $2,5\%$. Предельная толщина слоя была принята 0,4 м на том основании, что слой этой толщины характерен для большинства установок периодического действия. При наличии вентиляторов среднего давления (2 кПа) его можно продувать со скоростью до 0,5 м/с. Этот слой семян с диаметром зерен 2-4 мм обеспечивает интенсивную сушку, допускает как механизированное, так и ручное перемешивание. Минимальная толщина слоя, позволяющая равномерно распределять зерно по площади решетки сушилки, составила 0,1 м.

Без перемешивания высушивали семена влажностью 18, 22, 26, 30 и 34%. Определяли толщину слоя зерна, неравномерность в котором не превышает $\delta = \pm 1,5\%$ для семян, высушенных до 14%. Исследовали влияние контактного массопереноса на снижение неравномерности сушки, для чего изменяли длительность перемешивания. Время перемешиваний составило 10, 15 и 25 мин.

Влажность семян определяли отбором проб из кассеты с последующим высушиванием в сушильном шкафу. Отбор проб проводили по глубине слоя в трех точках: с пограничных слоев и в середине – до и после каждого перемешивания. При отборе проб взвешивали кассету и определяли среднюю влажность и температуру материала. Неравномерность сушки δ рассчитывали как разность между влажностью семян верхнего и нижнего слоев. Перемешивание осуществляли в термоизоляционной кассете вручную.

Влияние контактного массопереноса на снижение неравномерности сушки δ изучали следующим образом.

До и после перемешивания определяли влажность семян в пограничных слоях и сравнивали с неравномерностью сушки при перемешивании длительностью 2 мин.

Слой продували агентом сушки температурой 45°C. С периодичностью 20 мин отключали вентилятор и пробоотборником брали навески семян с решетки и свободной поверхности слоя (рис. 1).

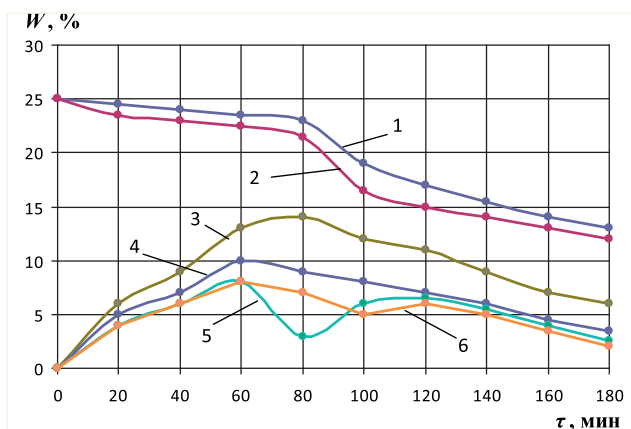


Рис. 1. Зависимость влажности W (1, 2) и неравномерности сушки δ (3, 4, 5, 6) от времени τ :

1, 2 – высота слоя $H = 0,3; 0,2$ м;

3 – без перемешивания; $H = 0,3$ м;

4, 5, 6 – влагосъем $\Delta W = 3,5; 3,0; 2,5\%$

Fig. 1. Dependence of moisture W (1, 2) and drying unevenness δ (3, 4, 5, 6) from time τ :

1, 2 – layer height $H = 0,3; 0,2$ m;

3 – without concitation; $H = 0,3$ m;

4, 5, 6 – ΔW moisture removal = $3,5; 3,0; 2,5\%$

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Установлено, что для качественного высушивания слоя семян сахарной свеклы влажностью $W=25\%$ при $\Delta W=3,5\%$ надо использовать три перемешивания, при $\Delta W = 3,0\%$ – четыре, а при $\Delta W = 2,5\%$ – пять перемешиваний. Установлено, что при трех перемешиваниях с $\Delta W = 3\%$, несмотря на быстрое снижение неравномерности по влажности, остаточная неравномерность составила $\delta \approx 3\%$, при четырех перемешиваниях – $\delta \leq 3\%$, а при пяти – $\delta \leq 2,5\%$.

Как следует из рисунка 1, в первый период сушки до $W_{кр} = 23\%$, неравномерность δ при всех влагосъемах отличается несущественно, в конце этого периода она достигает максимума и во втором периоде снижается более интенсивно.

В общем случае частоту перемешивания слоя семян при сушке можно определить по уравнению:

$$n = \frac{(W_n - W_k) - \Delta W}{\Delta W}, \quad (1)$$

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

Длительность периода сушки между перемешиваниями можно определить по выражению [10-12]:

$$\tau_i = \frac{\Delta U_i r H}{\alpha f (T - \theta_{cp}) \eta h_i}, \quad \text{ч}, \quad (2)$$

где ΔU_i – влагосъем между перемешиваниями, кг вл./кг сух. мат.; r – удельная теплота испарения влаги, кДж/кг; H, h_i – высота слоя и элементарного слоя ($h_i = 2 \dots 3 d_s$, где d_s – эквивалентный диаметр зерновки, м); α – коэффициент теплообмена, Вт/м²·°C;

f – удельная поверхность семян, $\text{м}^2/\text{кг}$; $T, \theta_{\text{ср}}$ – температура агента сушки и средняя температура семян, $^{\circ}\text{C}$; η – доля теплоты, поступающей на испарение влаги.

При исследовании максимальной толщины слоя, не требующей перемешивания, установлено, что с ростом W быстро снижается высота слоя H_0 , при которой не требуется перемешивания, то есть $\delta \geq 3\%$ (рис. 2). Если при влажности семян 18% толщина слоя близка более к 0,2 м, то при $W = 25\%$ величина H_0 опускается ниже 0,1 м.

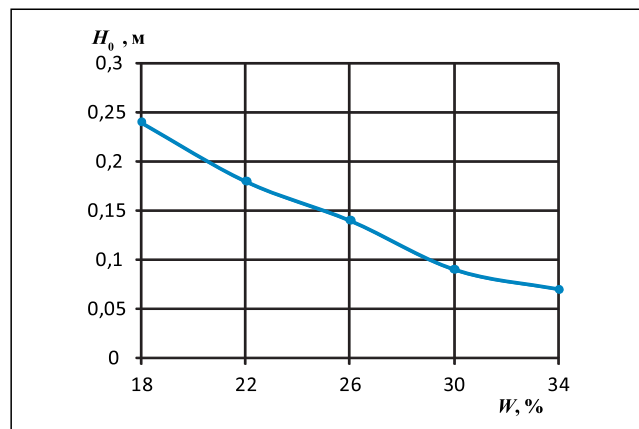


Рис. 2. Зависимость высоты неперемешиваемого слоя H_0 от влажности семян W

Fig. 2. Dependence of height of unstirred layer H_0 from seeds moisture W

Зависимость максимальной толщины слоя H_0 от W на основе эксперимента можно записать в виде:

$$H_0 = 68,0 W^{-2}, \quad (3)$$

где W – влажность семян, %.

В слое перемешанных семян реализуется контактный теплообмен, и температура выравнивается за 2-3 мин, но перераспределение влаги между семенами происходит значительно медленнее. Однако более длительное перемешивание, особенно для семян повышенной влажности, позволяет несколько снизить остаточную величину δ (рис. 3).

Без перемешивания длительность сушки семян в плотном слое возрастает в 1,4-1,5 раза по достижении допустимой неравномерности, при этом влажность пограничного с решеткой слоя снижается почти до 12% вместо 14%.

Для слоя семян влажностью 25% высотой 0,3 м в установках периодического действия при скорости агента сушки 0,5 м/с и температуре 45°C процесс сушки продолжается около 3 ч.

Для рядовых семян влажностью свыше 25% требуются 3 перемешивания, для селекционных – 4,

при этом неравномерность сушки не превысит $\delta \leq \pm 1,5\%$.

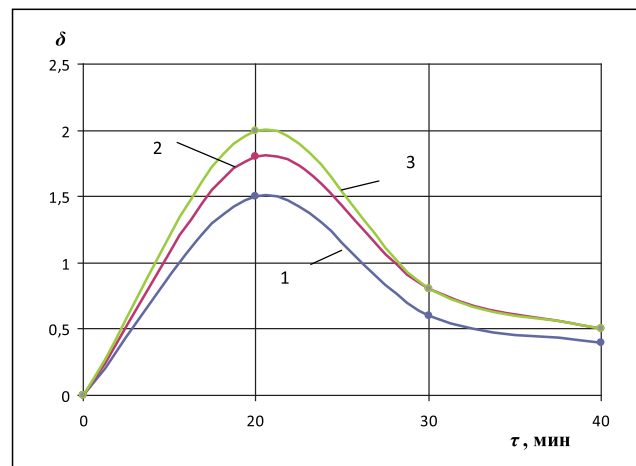


Рис. 3. Зависимость неравномерности сушки семян δ от времени τ :

1, 2, 3 – после первого, второго и третьего перемешивания соответственно

Fig. 3. Dependence of unevenness of seeds drying δ from time τ : 1, 2, 3 – after the first, second and third concitation respectively

В первом периоде сушки до $W = 23\%$ достаточно одного перемешивания с влажосъемом до 4%, во втором периоде интервал между перемешиваниями ограничен величиной $\Delta W = 3,0$ и 2,5%.

Оптимальная высота слоя семян – 0,3-0,35 м; при этом длительность сушки до первого перемешивания составляет 0,7 ч, между следующими – 1 ч, при влажности слоя 25% и скорости агента сушки 0,5 м/с.

При перемешивании происходит контактный влагообмен между зерновками различной влажности, оптимальная длительность перемешивания – до 30 мин, причем влагообмен наиболее интенсивен при первом и втором перемешиваниях.

Выводы.

Влажосъем между перемешиваниями плотного слоя влажных семян не должен превышать $\Delta W = 2,5\%$ для селекционных и 3% для рядовых семян. Длительность периодов между перемешиваниями можно определить аналитическим путем по формуле (2).

При повышении влажности толщина слоя семян, допускающая сушку без перемешивания, убывает по квадратичной зависимости. В перемешанных семенах происходит контактный влагообмен между влажными и подсушенными зерновками, что при длительности перемешивания не менее 30 мин позволяет дополнительно снизить неравномерность сушки до 0,5%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент N2615350 РФ. Способ безопасной сушки семян в плотном слое / Голубкович А.В., Павлов С.А., Елизарова О.В., Левина Н.С. // Бюл. 2017. N10.
2. Патент N2601071 РФ. Способ безопасной сушки семян / Павлов С.А., Голубкович А.В., Измайлов А.Ю., Марин Р.А., Дадыко А.Н., Тараканова Л.А. // Бюл. 2016.
3. Патент N2589972 РФ. Способ и устройство для контейнерной сушки семян / Измайлов А.Ю., Голубкович А.В., Евтюшенков Н.Е., Крюков М.Л., Павлов С.А. // Бюл. 2016. N19.
4. Павлов С.А., Голубкович А.В., Марин Р.А. Математическое моделирование при реверсивной сушке зерна // *Тракторы и сельхозмашины*. 2013. N2. С. 36-37.
5. Павлов С.А., Голубкович А.В., Марин Р.А. Особенности сушки семян в колонковой сушилке // *Тракторы и сельхозмашины*. 2014. N5. С. 40-41.
6. Патент N2578920 РФ. Способ реверсивной сушки семян / Голубкович А.В., Павлов С.А., Марин Р.А., Дадыко А.Н. // Бюл. 2016.
7. Анискин В.И., Окунь Г.С. Технологические ос-
новы сушки работы зерносушильных установок. М.: ВИМ, 2003. 167 с.
8. Витоженц Э.Н., Окунь Г.С., Чижииков А.Г., Добычин Н.А. Рекомендации по использованию материально-технической базы для сушки семян зерновых и других культур в семеноводческих хозяйствах. М.: Колос, 1983. 39 с.
9. Гамхосвили Р.М. Обоснование технологических и конструктивных параметров и разработка универсальной установки для сушки селекционных семян сельскохозяйственных культур: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. М.: ВИМ, 1975. 23 с.
10. Сажин Б.С. Основы техники сушки. М.: Химия, 1984. С. 79.
11. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Кынев Н.Г. ВИМ – основатель производства селекционной техники в России // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2008. N4. С. 9-11.
12. Лобачевский Я.П. Проблема механизации работ в селекции и семеноводстве // «Золотая осень» – демонстрация достижения российских аграриев: Сборник. М.: Росинформагротех, 2010. С. 110-111.

REFERENCES

1. Patent N2615350 RF. Sposob bezopasnoy sushki semyan v plotnom sloe [Method of safe seeds drying in dense layer]. Golubkovich A.V., Pavlov S.A., Elizarova O.V., Levina N.S. Byul. 2017. N10. (In Russian)
2. Patent N2601071 RF. Sposob bezopasnoy sushki semyan [Method of safe seeds drying] Pavlov S.A., Golubkovich A.V., Izmaylov A.Yu., Marin R.A., Dadyko A.N., Tarakanova L.A. Byul. 2016. (In Russian)
3. Patent N2589972 RF. Sposob i ustroystvo dlya konteynernoy sushki semyan [Method and equipment for container seeds drying] Izmaylov A.Yu., Golubkovich A.V., Evtyushenkov N.E., Kryukov M.L., Pavlov S.A. Byul. 2016. N19.
4. Pavlov S.A., Golubkovich A.V., Marin R.A. Mathematical modeling at grain reversible drying. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2013; 2: 36-37. (In Russian)
5. Pavlov S.A., Golubkovich A.V., Marin R.A. Features of drying of seeds in tower drier. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2014; 5: 40-41. (In Russian)
6. Patent N2578920 RF. Sposob reversivnoy sushki semyan [Method of reversible seeds drying] Golubkovich A.V., Pavlov S.A., Marin R.A., Dadyko A.N. Byul. 2016. (In Russian)
7. Aniskin V.I., Okun' G.S. Tekhnologicheskie osnovy sushki raboty zernosushil'nykh ustanovok [Drying technological bases of grain drying units operation]. Moscow: VIM, 2003: 167. (In Russian)
8. Vitozhents E.N., Okun' G.S., Chizhikov A.G., Dobychin N.A. Rekomendatsii po ispol'zovaniyu material'no-tekhnicheskoy bazy dlya sushki semyan zernovykh i drugikh kul'tur v semenovodcheskikh khozyaystvakh [Recommendations about use of material and technical resources for drying of seeds of grain and other crops in seed-growing farms]. Moscow: Kolos, 1983: 39. (In Russian)
9. Gamkhosvili R.M. Obosnovanie tekhnologicheskikh i konstruktivnykh parametrov i razrabotka universal'noy ustanovki dlya sushki selektsionnykh semyan sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Justification of technological and design data and development of universal unit for drying of selection seeds of crops]: Avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk. M.: VIM, 1975. 23 s. (In Russian)
10. Sazhin B.S. Osnovy tekhniki sushki [Bases of drying technique]. M.: Himiya. 1984: 79. (In Russian)
11. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Kynev N.G. WIM is the founder of selection machinery production in Russia. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2008; 4: 9-11. (In Russian)
12. Lobachevskiy Ya.P. Problema mekhanizatsii rabot v selektsii i semenovodstve [Problem of mechanization of works in selection and seed production]. «Zolotaya osen'» – demonstratsiya dostizheniya rossiyskikh agrariyev: Sbornik. M.: Rosinformagrotekh, 2010: 110-111. (In Russian)

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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



Test of used certified biofuels and their blends with diesel fuel of tractors in conditions of agricultural practice

Petr Jevíć,

CSc., professor h.c., Ing., e-mail: petr.jevic@vuzt.cz;

Zdeňka Šedivá,

p.r.i.

Research Institute of Agricultural Engineering, Prague, Czech Republic

They are described two blend fuels with a high hydrotreated vegetable oil (HVO) share and two sustainable biofuels of the fatty acid methyl ester and HVO types of the ZETOR 9540 tractor in the framework of a long-term operational test. Compared to standard fossil diesel, the results of measuring performance parameters and characteristics for the assessment of the use of these fuels tractors and other agricultural machinery are mentioned. It was specified the quality, manufacturer, emission factors and greenhouse gas savings of clean certified biofuels and their high percentages of fossil diesel. For samples from all tested fuels, comprehensive fuel analysis was performed in accordance with the technical standards.

Keywords: Biodiesel; Fatty acid methyl ester; Hydrotreated vegetable oil; Renewable paraffinic diesel; Emission factor; External speed characteristic.

For citation: Jevíć Petr, Šedivá Zdeňka. Test of used certified biofuels and their blends with diesel fuel of tractors in conditions of agricultural practice. *Sel'skokhozyastvennyye mashiny i tekhnologii*. 2018. Vol. 12; 1: 27-30. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-1-27-30. (In English)

The paper was created with the grant support of the National Agency for Agricultural Research Ministry of Agriculture of the Czech Republic project No QJ1510385 “Research and testing of simultaneous use of standardized gaseous and liquid fuels in tractors with a focus on advanced biofuels and minimizing their emissions factors”.

INTRODUCTION. In the next decades combustion engines will continue to be the key drive technology for agricultural tractors and machinery.

The compression ignition engines use diesel as a fuel according to the standard EN 590 (2013) which reduces the content of Fatty acid methyl esters (FAME) to 7% (V/V). The following fuels are used as well FAME EN 14214 (2012+A1) at 100% concentration: high FAME diesel fuel (B20 and B30) according to the standard EN 16709 (2015), diesel fuels blends containing FAME B30 according to the standard ČSN 65 6508 (2013).

One of the possible alternatives how to meet the required reduction of CO₂ emission greenhouse gas is use of paraffinic diesel fuel from synthesis or hydrotreatment (synthesized hydrocarbons), including hydrotreated vegetable oil (HVO), hydroprocessed esters and fatty acids (HEFAs) and biomass to liquid (BtL). It is possible to use them separately or add them to diesel in such amount so that the final mixture complies with the requirements of the standard EN 590.

The issue of production and use of HVO/HEFAS is widely discussed at an international level [1-6]. Commercially hydrogenation process for processing vegetable oils is operated by the company Neste Oil and their products are labelled NExBTL [6, 7]. The

quality requirements for these paraffin-based fuels intended for compression ignition engines with regard to their needs are recorded in the technical specification of the standard EN 15940 [8]. More than 98% of this fuel consists of paraffins, max. 1% consists of aromatics and max. 0.1% consists of polyaromatics and olefins. HVO/HEFAs are characterized by lower density and viscosity in comparison with fossil fuel and biodiesel. The products have ultra low sulphur content, high cetane number and high net calorific value which is suitable for the combustion engines [9]. With regard to the above presented qualitative indicators, using HVO/HEFAs and their mixtures with diesel and FAME results in significant saving of GHG emissions [10]. Results of biodiesel or FAME, pure rapeseed oil, HVO/HEFA, bio-methane, hydrogen and fully electric powered evaluation for different driving concepts and fuels for agricultural tractors were described [11].

MATERIALS AND METHODS. Within the solution of project National Agency for Agricultural Research of the Ministry of Agriculture of the Czech Republic there are realized the tests of tractors ZETOR 9540 (year of production 1992) with nominal output 67.5 kW and ZETOR 10540 (year of production 1998) with nominal output 75.5 kW in conditions of livestock production of the agricultural cooperative POOSLAVÍ Nová Ves. During the performance tests there are monitored the fillings of engine oils M 7ADSII, class of viscosity 15W/40. Both of tractors works in the same conditions. Tractor ZETOR 9540 uses as diesel fuel blend SMN R31 containing 25% V/V HVO + 6% V/V FAME + 69% V/V diesel fuel (MN) and diesel fuel

blend SMN HVO 30 containing 30% V/V HVO + 70% diesel fuel (MN). Tractor 10540 uses as fuel only diesel fuel. The aim of diesel fuel analyse is to monitor continuously state and degradation of oil filling and ensure the effect of a fuel on oil filling.

In order to measure the speed characteristics of tractors there were used diesel fuel as standard, SMN R31, SMN HVO 30, SMN HVO 100 and FAME on the basis of rapeseed oil (FARME) and used cooking oils (UCOME). Biofuel supplies was documented by certificates of quality and sustainability containing



Fig. 1. Measurement with mobile dynamometer AW NEB 400 of external speed characteristics and consumption of tested fuels in tractor ZETOR 9540



Fig. 2. System of connection of fuel box with flowmeter Macnaught M2ASP-1R to the fuel system of tested tractor ZETOR 10540

Table 1 QUALITY, PRODUCER, EMISSION FACTORS AND SAVINGS OF EMISSIONS OF GHG FUELS USED DURING THE OPERATIONAL TESTS OF TRACTORS ZETOR 9540 AND ZETOR 10540					
Fuel		Quality	Producer/ salesman	Emission factors (g CO _{2eq} /MJ)	Savings of GHG emissions (%)
Diesel fuel	without FAME (<0.30 % V/V)	ČSN EN 590	Slovnaft, a.s., Bratislava	95.1 ¹	-1.06 ²
	with FAME (6.8 % V/V)			91.24	3.04 ²
HVO		ČSN EN 15940	Neste Renewable Fuels, Inter Terminals Mannheim	41.9	50 ³
FAME	FARME	ČSN EN 14214	Primagra, a.s., Milin	30.95	63.1 ³
	UCOME			5.88	93 ³
SMN R31 (25 % V/V HVO, 6 % V/V FAME, 69 % V/V diesel fuel)		ČSN EN 590	Preparation in cooperative	78.79 ⁴	16.27 ²
SMN HVO 30 (30 % V/V HVO, 70 % V/V diesel fuel)		ČSN EN 590	Preparation in cooperative	79.77 ⁴	15.2 ²

¹Standard value of emission factor of diesel fuel according to the Council Directive (EU) 2015/652 from 20. 4. 2015

²Related to basic standard for fuels 94.1 g CO_{2eq}/MJ according to the Council Directive (EU) 2015/652 from 20. 4. 2015

³Related to fossil fuel comparator with emission factor 83.8 g CO_{2eq}/MJ according to the European Parliament and Council Directive 2009/28/ES from 23. 4. 2009

⁴Converted from emission factors of particular components of mixed fuel

emission factors in g CO_{2eq} (table 1).

Measurement was carried out in the workshop of agricultural cooperative POOSLAVÍ Nová Ves and it was determined the fuel temperature $15 \pm 0.5^\circ\text{C}$ (fig. 1 and 2).

RESULTS AND DISCUSSION. The summary results physical and chemical properties of tested fuels are shown in the table 2.

Oil filling in tractor ZETOR 9540 has greater number of operating hours by 30% and lower level of degradation, it means content of impurities and CCT and considerable lower level of wear expressed by content of abrasive metals - iron, copper, silicon, than in case of tractor ZETOR 10540. Decrease of oil viscosity is also considerably lower and doesn't surpass 10%. It is also possible to say, that, composition of fuel SMN R31 with lower content of aromatic hydrocarbons influences favourably state of engine oil, especially during the comparison of carbonization of oil, formation of soots and content of mechanic impurities. Infrared spectrum of oil sample

with drawn in the course of operating test shows slight decrease of antiwear and antioxidation additive of type ZnDDTF (strip in zone 1000 cm^{-1}), detergent additives (in zone 1130 cm^{-1}), in zone 1745 cm^{-1} is bond C=O from FAME, which indicates small penetration of fuel.

For diesel fuel as reference fuel there was the highest power output 69.1 kW in the speed range 2207, 2105, 2009 min⁻¹ and specific consumption of fuel at rated speed 245.51 g/kWh. On the fig. 3 – 6 there are shown graphically the results of measurements of particular fuels with reference fuel.

CONCLUSIONS. From these results it is obvious, that in case of fuel SMN R31 there was measured the highest power output of engine in the whole range of measured speed. Maximum power output of engine with this fuel made 70.4 kW (at 2260 revolutions/min). At this fuel there was also recorded lower unit consumption of fuel compared to diesel fuel (242.93 g/kWh). In case of fuel SMN HVO 30 there was measured by 0.3 kW higher maximum power output of engine compared to reference

Table 2

PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF TESTED FUELS

Property	Unit	Standard	Fuel sample				Standard
		Diesel EN 590 temperate climates	Diesel	Diesel blends 30 % HVO	Diesel blends 25 % HVO, 6 % FAME	Neat 100 % HVO	Paraffinic diesel fuel EN 15940 temperate climates
Start of distillation	°C	–	177.2	183.7	181.3	187.9	–
Distillation:							
at 250°C recovered	% (V/V)	<65	40.1	30.6	29.5	2.8	<65
at 350°C recovered	% (V/V)	min. 85	96.9	–	96.2	–	min. 85
95 % (V/V) recovered at	°C	max. 360	343.7	326.6	345.3	291.0	max. 360
Total distillation volume	% (V/V)	–	98.3	99.9	99.1	98.1	–
End of distillation	°C	–	350.2	344.9	349.1	298.1	–
Flash point in closed cap	°C	above 55	67.5	68.0	66.5	69	above 55
CFPP	°C	<(+5 to –20)	–24	–27	–22	–39	<(+5 to –20)
Cloud point	°C	–	–7	–11	–10	–34	–
Polycyclic aromatic hydrocarbons	% (m/m)	max. 8.0	5.0	3.6	3.7	<0.1	max. 1.1
Fatty acid methyl esters content	% (V/V)	max. 7.0	6.8	<0.3	5.5	<0.3	max. 7.0
Water content	mg/kg	max. 200	50	40	45	30	max. 200
Sulphur content	mg/kg	max. 10.0	8.5	6.1	6.4	<3.0	max. 5.0
Ash content	% (m/m)	max. 0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	max. 0.01
Total contamination	mg/kg	max. 24	<6.0	<6.0	<6.0	<6.0	max. 24
Carbon residue on 10% distillation residue	% (m/m)	max. 3.0	0.03	0.01	0.02	0.01	max. 3.0
Copper strip corrosion	rating	class 1	class 1	class 1	class 1	class 1	class 1
Lubricity, wear scar diameter (wsd) at 60°C	μm	max. 460	178	195	206	423	max. 460
Viscosity at 40°C	mm ² /s	2.000-4.500	2.621	2.650	2.822	2.855	2.000-4.500
Total insoluble sediment	g/m ³	–	1.0	1.0	1.0	1.0	–
Oxidation stability Rancimat (110°C)	h	min. 20	21.1	30.1	27.3	min. 20	57.2
Oxidation stability PetroOxy	min	–	96.3	96.5	88.1	67.8	–
Cetane number	–	min. 51	51.1	55.1	61.7	74.9	min. 70
Cetane index	–	min. 46	49.6	59.6	58.6	91.6	–
Density at 15°C	kg/m ³	820-845	840.1	822.1	826.3	779.6	765-800

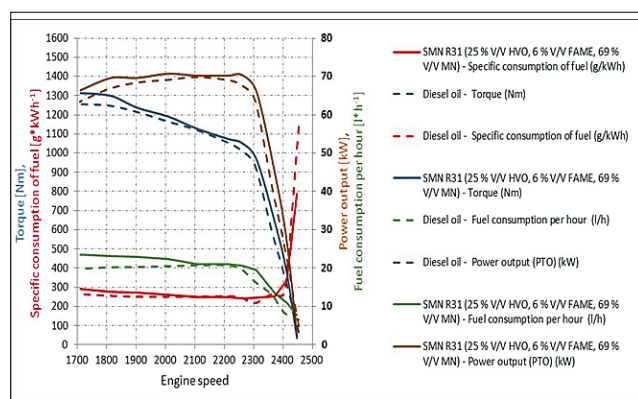


Fig. 3. External speed characteristics of engine measured through the PTO of tractor ZETOR 9540 fuel SMN R31 (25% V/V HVO, 6% V/V FAME, 69% V/V diesel fuel) with reference fuel – diesel fuel

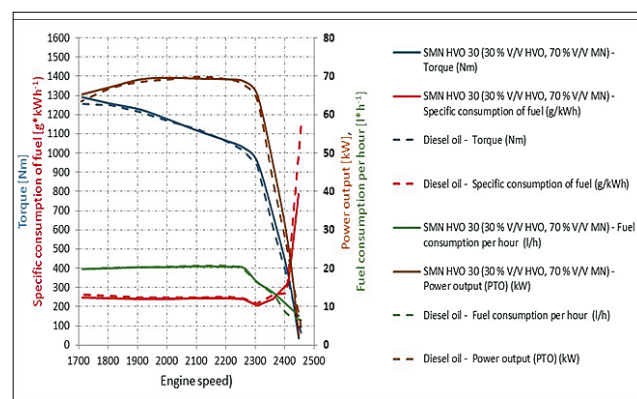


Fig. 4. External speed characteristics of engine measured through the PTO of tractor ZETOR 9540 fuel SMN HVO 30 (30% V/V HVO, 70% V/V diesel fuel) with reference fuel – diesel fuel

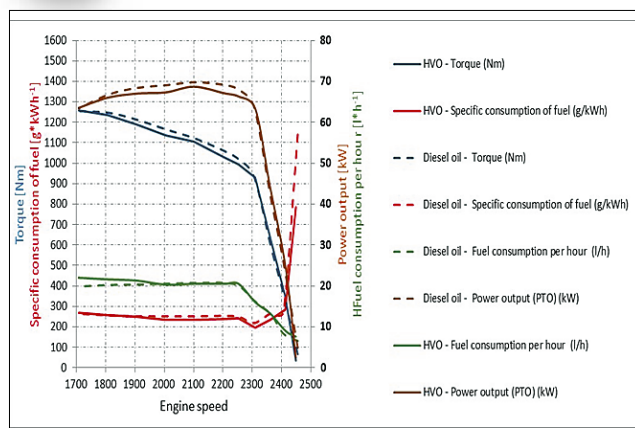


Fig. 5. External speed characteristics of engine measured through the PTO of tractor ZETOR 9540 fuel HVO 100 with reference fuel – diesel fuel

fuel. At this fuel there was measured and calculated the lowest specific consumption of fuel (240.59 g/kWh) at rated speed of engine. At use of HVO 100 the maximum power output of engine decreased by 0.4 kW compared to diesel fuel, however specific consumption of fuel at rated speed of engine was the lowest from all of measured fuels and was 241.05 g/kWh. The lowest maximum power output of engine was measured at the FAME fuel. This performance was lower by 2.6 kW compared

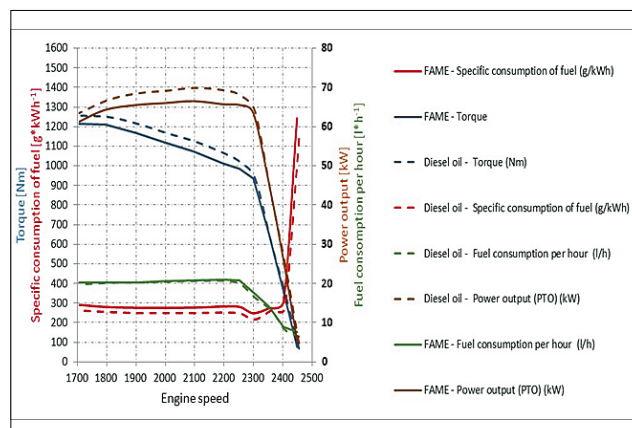


Fig. 6. External speed characteristics of engine measured through the PTO of tractor ZETOR 9540 fuel FAME with reference fuel – diesel fuel

to the reference fuel and also specific consumption of fuel at rated speed of engine was the highest and was 280.22 g/kWh.

The proportion of HVO in the fuel has a slightly positive effect on the indicated power and specific fuel consumption. HVO as paraffinic diesel fuel and FAME can also offer a meaningful contribution to the target of increased non-petroleum and or renewable content in transportation fuel pool

REFERENCES

- Reinhardt, G., Gärtner, S.O., Helms, H., Rettenmaier, N. (2006): An assessment of energy and greenhouse gases of NExBTL. Final Report. ifeu – Institute for Energy and Environmental Research Heidelberg GmbH. Heidelberg, June 2006. (In English)
- Murtonen, T., Aakko-Saksa, P., Kuronen, M., Mikkonen, S., Lehtoranta, K. (2009): Emissions with heavy-duty diesel engines and vehicles using FAME, HVO and GTL fuels with and without DOC+POC After treatment. SAE Technical Paper 2009-01-2693. 20 p. (In English)
- Mäkinen, R., Nylund, N.-O., Erkkilä, K., Saikkonen, P., Amberla, A. (2011): Bus Fleet Operation on Renewable Paraffinic Diesel Fuel. JSAE/SAE Technical Paper JSAE 20119172/SAE 2011-01-1965. 8 p. (In English)
- Erkkilä, K., Nylund, N.-O., Hulkkonen, T., Tilli, A., Mikkonen, S., Saikkonen, P., Mäkinen, R., Amberla, A. (2011b): Emission performance of paraffinic HVO diesel fuel in heavy duty vehicles. JSAE/SAE Technical Paper JSAE 20119239. SAE 2011-01-1966. 12 p. (In English)
- Mc Kone, Rice, D.W., Ginn, T.R. (2011): California renewable diesel Multimedia Evaluation. University of California, Berkeley, Tier II Find report, September 2011. 66 p. (In English)
- Naumann, K., Oehmichen, K., Remmele, E., Thuneke, K., Schröder, J., Zeymer, M., Zech, K., Müller-Langer, F. (2016): Monitoring Biokraftstoffesektor. 3. überarbeitete und erweiterte Auflage. Leipzig, DBFZ (DBFZ-Report No. 11). ISBN 978-3-946629-04-7. (In German)
- Nylund, N.-O., Erkkilä, K., Ahtiainen, M., Murtonen, T., Saikkonen, P., Amberla, A., Aatola, H. Optimized usage of NExBTL renewable diesel fuel. OPTIBIO. Espoo 2011. VTT Tiedotteita – Research Notes 2604. 167 p. + app. 5 p. (In English)
- EN 15940 Automotive fuels – Paraffinic diesel fuel from synthesis or hydro treatment – Requirements and test methods. June 2016. (In English)
- Mikkonen, S., Hartikka, T., Kuronen, M., Saikkonen, P. (2012): HVO, hydrotreated vegetable oil – a premium renewable biofuel for diesel engines. Neste Oil Proprietary publication.
- Aatola, H., Larmi, M., Sarjovaara, T., Mikkonen, S. (2009): Hydrotreated Vegetable Oil (HVO) as a Renewable Diesel Fuel: Trade-off between NO_x, Particulate Emission and Fuel Consumption of a Heavy Duty Engine. SAE Int. J. Engines 1(1):1251-1262. doi:10.4271/2008-01-2500. (In English)
- Ettl, J., Thuneke, K., Remmele, E., Emberger, P., Widmann, B. (2014): Future biofuels and driving concepts for agricultural tractors. European Biomass Conference and Exhibition. 23-25. Hamburg, Germany. (In English)

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Влияние многоосной ходовой системы машинно-тракторных агрегатов на плотность почвы

Иван Николаевич Шило¹,
доктор технических наук, профессор, ректор;
Николай Николаевич Романюк¹,
кандидат технических наук, доцент, первый про-
ректор, e-mail: romanyuk-nik@tut.by;
Александр Николаевич Орда¹,
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой;

Саяхат Оразович Нукешев²,
доктор технических наук, профессор, декан
Валентина Геннадьевна Кушнир³,
доктор технических наук, профессор,
заведующая кафедрой

¹Белорусский государственный аграрный технический университет, проспект Независимости, 99-1, г. Минск, 220023, Республика Беларусь,

²Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина, проспект Женис, 62, г. Астана, 010000, Республика Казахстан

³Костанайский государственный университет имени Ахмета Байтурсынова, ул. Байтурсынова, 47, г. Костанай, 110000, Республика Казахстан

Применение энергонасыщенных тракторов, входящих в состав машинно-тракторных агрегатов (МТА), ограничивается высоким воздействием их движителей (деформаторов) на почву. Увеличение массы тракторов, многочисленные проходы МТА по полю приводят к чрезмерному уплотнению почвы, что сопровождается изменением ее физико-механических свойств. Разрушенная структура почвы не восстанавливается полностью, в результате чего интенсивно обрабатываемая почва с течением времени деградирует, и в конечном итоге все это нарушает экологию агроландшафтов. Для расчета показателей уплотнения почвы применен энергетический метод, основанный на закономерностях поглощения энергии различными слоями почвы. Получены закономерности уплотнения почв с плотным основанием при различных режимах нагружения. Проведенные исследования показывают, что при давлении 150 кПа на дерново-подзолистую легкосуглинистую почву влажностью 19,2% плотность увеличилась с 970 до 1260 кг/м³. Показали, что увеличение количества осей ходовой системы при сохранении общей нагрузки снижает уплотнение верхнего слоя почвы и высоту уплотняемого слоя. При увеличении количества осей свыше четырех интенсивность убывания уплотнения заметно снижается. Установили, что при сохранении давления на почву постоянным (размеры колес увеличиваются при уменьшении количества осей) для сильно упрочняющихся почв глубина следа снижается с увеличением количества осей ходовой системы. На слабоупрочняющихся почвах эффект уменьшения глубины следа и уплотнения почвы при увеличении количества осей ниже по сравнению со слеодообразованием на сильноупрочняющихся почвах. Показали, что на увлажненных слабоупрочняющихся почвах для снижения глубины следа эффективно увеличение количества осей и размеров колес. На переувлажненных почвах лучше увеличить размеры опорной поверхности ходовой системы. При повышении количества осей свыше четырех интенсивность убывания плотности сильноупрочняющихся почв снижается.

Ключевые слова: машинно-тракторный агрегат, ходовая система, деформация почвы, плотность почвы.

■ **Для цитирования:** Шило И.Н., Романюк Н.Н., Орда А.Н., Нукешев С.О., Кушнир В.Г. Влияние многоосной ходовой системы машинно-тракторных агрегатов на плотность почвы // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2018. Т. 12. №1. С. 31-36. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-1-31-36

Impact of Multiaxial Propulsion System of Machine-and-Tractor Units on Soil Density

Ivan M. Shila¹,
Dr. Sc. (Eng.), professor, head of university;
Nikolai N. Romaniuk¹,
PhD (Eng), associate professor, first vice-rector,
e-mail: romanyuk-nik@tut.by;

Aleksandr N. Orda¹,
Dr. Sc. (Eng.), professor, head of department;
Sajahat O. Nukeshev²,
Dr. Sc. (Eng.), professor, dean;
Valentina G. Kushnir³,
Dr. Sc. (Eng.), professor, head of department

¹Belarusian State Agrarian Technical University, 99/1, Nezavisimosti av., 220023, Minsk, Republic of Belarus

²S.Seifullin Kazakh Agro Technical University, 62, Pobedy Av., 010011, Astana, Republic of Kazakhstan

³Kostanay State University A. Baitursynov, 47, Baitursynov St., 110000, Kostanay, Republic of Kazakhstan

Use of the powerful tractors as a part of the machine-and-tractor units (MTU) is limited to high impact of their propellers (deformers) on the soil. The increase in tractor weigh and the multiple MTU passes result in overconsolidation of the soil. As a result, physical and mechanical soil properties are modified. The modified quality of soil structure is difficult to be restored entirely. As a result the intensive tilled soil degrades with time and all that creates the ecosystem disbalance of cultivated land. The power method based on regularities of absorption of energy by various soil layers was applied to calculate indicators of soil consolidation. The energy method based on the regularities of the energy absorption by different soil layers was applied to calculate the soil consolidation rate. The conducted researches show that at a pressure of 150 kPa and humidity of 19.2 percent the soddy podzolic loam sand soil density increased from 970 to 1260 kg per cubic metre. The increase in number of the drive system axles can reduce the consolidation of the topsoil as well as lower layer. The intensity of decrease of soil panning considerably decreases when quantity of axes is over four. If the pressure upon the high work-hardening soil is constant (the sizes of wheels increase at reduction of axes quantity) then the reducing of the dip of the wheel track can be obtained by increasing the number of the drive system axles. On the low work-hardening soil the effect of reduction of depth is not so much. Increasing the number of axles and the size of wheels for low work-hardening moist soils is equally effective for reducing the dip of the wheel track. For the overmoist soils it will be better to increase the sizes of a basic surface of running system. If the number of axes is more than four then the decrease of high work-hardening soils consolidation will be less intensive.

Keywords: Machine-and-tractor unit; Propulsion system; Soil deformation; Soil density.

■ **For citation:** Shila I.M., Romaniuk N.N., Orda A.N., Nukeshev S.O., Kushnir V.G. Impact of multiaxial propulsion system of machine-and-tractor units on soil density. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2018. Vol. 12; 1: 31-36. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-1-31-36. (In Russian)

Вредное воздействие ходовых систем (деформаторов) машинно-тракторных агрегатов (МТА) на почву снижает урожайность сельскохозяйственных культур: зерновых в следах тракторов – на 10-15%, корнеклубнеплодов – на 20-30%.

Под воздействием движителей тракторов и сельскохозяйственных машин твердость почвы увеличивается в 2-3 раза. Кроме того, удельное сопротивление при обработке пахотного слоя после прохода тракторов повышается на 15-65%, а транспортных средств и комбайнов – на 60-90% [1, 2].

При многократном воздействии на почву происходит накопление уплотнения как в пахотном, так и в подпахотном горизонтах. Плохая заделка семян из-за образовавшейся колеи, высокая плотность почвы по следам ходовых систем МТА снижают биологический урожай сельскохозяйственных культур [3, 4].

Цель исследования – определить влияние числа осей ходовой системы на изменение плотности почвы при сохранении общей нагрузки.

Материалы и методы. Характер и закономерности уплотнения почвы зависят от размеров и режимов нагружения движителя (деформатора), а также от исходного состояния почвенного массива. При наличии взрыхленного слоя конечной толщины в расчетах, как правило, допускают, что уплот-

няется лишь этот слой.

Мобильная энергонасыщенная сельскохозяйственная техника уплотняет почву на глубину, превышающую пахотный слой. Высота уплотняемого слоя зависит от размеров ходовой системы и нагрузки, передаваемой на почву.

Анализ механико-математических моделей почвы показывает, что при расчете ее уплотнения лучше всего подходит энергетический метод, учитывающий влияние закона поглощения энергии на изменение свойств почвы.

При распространении энергии в почве происходит ее поглощение. Установлено, что распределение энергии J_x впереди деформатора осуществляется по экспоненциальному закону [5].

В зависимости от интенсивности поглощения потока энергии различными слоями почвы изменяется ее напряженное состояние, то есть в почве возникает градиент напряжения. Возникшие в почве напряжения являются обобщенными потенциалами. Изменение обобщенного потенциала (напряжения) влияет на сопряженный с ним обобщенный заряд.

Экспериментально установлено, что при возникновении в почве градиента напряжения из всех физико-механических свойств наибольшему изменению подвергается плотность, поэтому ее можно принять в качестве обобщенного заряда. Таким об-

разом, увеличение плотности почвы $d\rho$ при воздействии движителя является функцией напряжения почвы σ , то есть $d\rho = f(\sigma)$.

Установлено, что $d\rho = k_1 \cdot d\sigma$, где k_1 – коэффициент уплотнения, который характеризует скорость изменения плотности почвы с ростом напряжения, кг/(м³·Па) [6].

Определим закономерность распределения напряжений по глубине. При деформировании почвы наряду с ее уплотнением имеет место и сдвиг.

Зависимость между напряжением σ и деформацией h подчиняется функции гиперболического тангенса, при этом интенсивность роста напряжения отстает от деформации (рис. 1) [5].

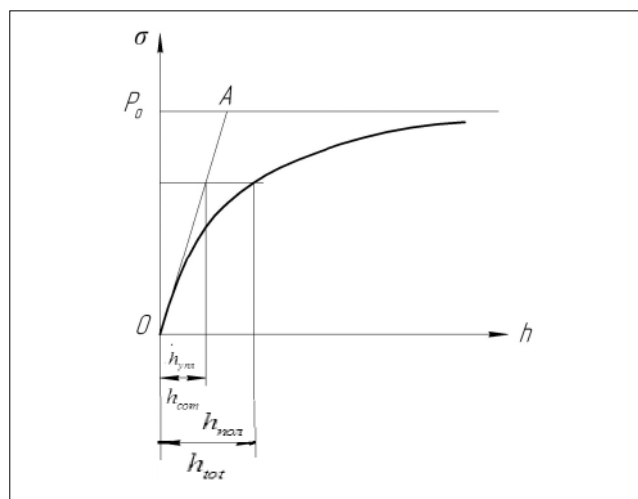


Рис. 1. Зависимость между напряжением и деформацией почвы: $h_{\text{упл}}$ – деформация сжатия; $h_{\text{пол}}$ – полная деформация; Fig. 1. Relationship between soil stress state and deformation $h_{\text{сжм}}$ – compressive deformation; $h_{\text{тот}}$ – total deformation

Зависимость деформации сжатия (уплотнения) $h_{\text{упл}}$ неограниченного полупространства почвы, имеющей одинаковые физико-механические свойства по глубине, от напряжения σ носит пропорциональный характер (рис. 1, прямая OA).

Максимальная деформация уплотнения почвы каким-либо деформатором (движителем) определяется отношением несущей способности P_0 к коэффициенту объемного смятия k .

Затраченная (поглощенная) на уплотнение почвы удельная энергия $J_{\text{упл}}$ представляет собой удельную работу, совершаемую деформатором с давлением при перемещении его на величину $h_{\text{упл}}$, и равна $\sigma_0^2 / (2k)$.

Тогда уравнение распределения напряжений по глубине x имеет вид:

$$\sigma_x = \sigma_0 \cdot e^{-\beta x}, \quad (1)$$

где σ_x – напряжение в почве на глубине x , Па;

σ_0 – напряжение в контакте колеса с почвой, Па;

β – коэффициент распределения напряжений, м⁻¹.

Приращение плотности почвы $d\rho_x$ на участке пропорционально градиенту напряжения dx , то есть $d\rho = k_1 \cdot \psi_x dx$,

где k_1 – коэффициент уплотнения, кг/н·м³.

При изучении процесса поглощения почвой энергии было принято следующее исходное уравнение [5]:

$$\psi_x = -\beta_x \cdot J,$$

где ψ_x – удельная поглощенная энергия, Дж;

J – поток энергии, Дж·м.

Примем, что градиент напряжения пропорционален действующему напряжению σ_x то есть $\psi_{\sigma_x} = -\beta \cdot \sigma_x$.

Тогда приращение плотности определим как $d\rho_x = -k_1 \cdot \beta \cdot \sigma_x dx$,

Подставив зависимость (1) распределения напряжений по глубине в последнее уравнение, получим: $d\rho_x = -k_1 \cdot \beta \cdot \sigma_0 \cdot e^{-\beta x} dx$

Решение данного дифференциального уравнения имеет вид:

$$\rho_x = \rho_0 - k_1 \cdot \sigma_0 \cdot (1 - e^{-\beta x}) \quad (2)$$

Уравнение (2) представляет собой закон распределения плотности по глубине деформированного полупространства.

Коэффициенты распределения напряжений β и уплотнения почвы k_1 вычисляем на основании результатов экспериментальных данных.

Плотность верхнего слоя почвы ρ_0 при напряжении σ_0 найдем исходя из того, что при воздействии на почву деформатором уплотняется только эффективный ее слой, высота которого зависит от величины контактного напряжения и физико-механических свойств почвы. Из зависимости (1) определим высоту эффективного слоя почвы:

$$x_s = \frac{1}{\beta} \ln \left(\frac{\sigma_0}{\sigma_s} \right). \quad (3)$$

Напряжение σ_h выбираем из условия развития в зоне его действия только упругих деформаций (отсутствие уплотнения почвы). Его значение обусловлено свойствами почвы и колеблется в пределах 5-20 кПа.

Плотность ρ_h на нижней границе эффективного слоя после деформации равна плотности почвы ρ_n , не подвергшейся воздействию.

Учитывая, что $\rho_h = \rho_n$, а значение x_h вычисляем по формуле (3). Получим: $\rho_0 = \rho_h + k_1 \cdot \sigma_0 - k_1 \cdot \sigma_h$

При отсутствии воздействия ($\sigma_0 = 0$) величина максимальной плотности ρ_0 равняется плотности почвы ρ_n . С учетом этого член $k_1 \sigma_h$ (наличие его обусловлено некоторым уплотнением почвы в зоне действия напряжения σ_h) в последнем уравнении должен равняться нулю. Величиной $k_1 \sigma_h$ можно пренебречь, так как напряжение σ_h во много раз меньше σ_0 .

Оценим величину погрешности в связи с пренебрежением членом $k_1 \cdot \sigma_h$. Воспользуемся при этом экспериментальными данными по уплотнению почвы. При воздействии давления 150 кПа на дерново-подзолистую легкосуглинистую почву влажностью 19,2% ее плотность увеличилась с 970 до 1260 кг/м³.

Подставив эти данные в последнюю зависимость и приняв $\sigma_h = 10$ кПа, можно записать:

$$1260 = 970 + 150k_1 - 10k_1.$$

Обозначив член $10k_1$ через x , получим $x = 20$ кг/м³.

Таким образом, $k_1 \sigma_h = 20$ кг/м³ при начальной плотности почвы 970 кг/м³, что меньше величины колебаний плотности в зависимости от места взятия образца [6].

Тогда зависимость между плотностью почвы в контакте с деформатором и контактным напряжением в случае деформации бесконечного полупространства почвы линейна, то есть $\rho_0 = \rho_n + k_1 \sigma_0$.

Установим, как соотносятся между собой коэффициент k_1 и коэффициенты распределения напряжений β и объемного смятия почвы k .

С этой целью максимальную плотность почвы при напряжении σ_0 находим из условия, что на уплотнение эффективного слоя x_h идет объем почвы с высотой, равной величине деформации уплотнения $h_{упл}$.

Масса слоя $M_{п.}$, подвергающегося уплотнению, с основанием, равным площади опорной поверхности деформатора F , до деформирования равна массе уплотненного эффективного слоя почвы.

Теоретический анализ и результаты эксперимента показали, что $k_1 = \rho_n \beta / k$. При этом зависимость плотности верхнего слоя почвы от напряжения примет вид:

$$\rho_0 = \rho_n \cdot \left(1 + \frac{\beta}{k} \sigma_0 \right). \quad (4)$$

Результаты и обсуждение. Зависимость (4) получена исходя из предположения, что величина давления не влияет на распределение напряжений и плотности почвы по глубине. Однако известно: если давление достигает величины предела несущей способности почвы, то плотность в образовавшемся ядре уплотнения одинакова по глубине [7]. Распределение плотности почвы по высоте уплотненного ядра в этом случае изобразится прямой линией, параллельной оси ординат, что соответствует характеру протекания пластических деформаций. Поэтому при контактных напряжениях, близких к пределу несущей способности почвы, зависимость (4) может отклониться от пропорциональной.

Установлено, что при сжатии сравнительно тонкого слоя почвы без возможности бокового расширения зависимость плотности почвы от давления имеет вид экспоненты [8]. Нарастание уплотнения

почвы в этом случае будет происходить интенсивнее, чем при деформировании полупространства с ограниченной возможностью бокового расширения, так как во втором случае затрачивается дополнительная энергия на уплотнение нижележащих слоев почвы. Однако в связи с тем, что плотность почвы имеет верхний предел, определяемый ее типом, структурой и влажностью, при дальнейшем увеличении давления интенсивность нарастания плотности снижается, что и определяет экспоненциальный характер кривой уплотнения.

Таким образом, уплотняющее воздействие можно оценивать величиной плотности почвы в контакте с деформатором (4), высотой уплотняемого слоя (3) и распределением плотности по глубине (2).

Рассмотрим процесс уплотнения почвы при повторных нагружениях. При проходе по одному следу колес с одинаковой нагрузкой происходит дополнительное уплотнение почвы после прохода каждого колеса. Величину уплотнения верхнего слоя связной почвы при повторных нагружениях найдем, воспользовавшись зависимостью накопления повторных осадков для упрочняющихся почв [6, 9]. В результате ее преобразований получим зависимость уплотнения почвы при повторных нагружениях:

$$\left(\frac{\rho_0}{\rho_n} \right)_n = 1 + \frac{\beta}{k} \cdot P_0 \cdot \left(\text{Arch} \frac{n^{b \cdot k / P_0^2}}{\sqrt{1 - \sigma_0^2 / P_0^2}} \right), \quad (5)$$

где b – коэффициент накопления повторных осадков для сильноупрочняющихся почв.

Так как на связных почвах с одинаковыми по глубине физико-механическими свойствами уплотнение распространяется на значительную глубину, то уровень воздействия ходовых систем следует оценивать не только уплотнением верхнего слоя, но и высотой уплотняемого слоя.

На основании зависимостей (3) и (5) найдем высоту уплотняемого слоя почвы при повторных нагружениях:

$$x_{hm} = \frac{1}{\beta} \ln \left(\frac{P_0}{\sigma_h} \cdot \text{th} \left(\text{Arch} \frac{n^{b \cdot k / P_0^2}}{\sqrt{1 - \sigma_0^2 / P_0^2}} \right) \right). \quad (6)$$

Проанализируем, как влияет количество осей ходовой системы на уплотнение почвы.

В случае изменения давления в зависимости, обратно пропорциональной количеству осей N , уплотнение верхнего слоя почвы для такого нагружения равно:

$$\left(\frac{\rho_0}{\rho_n} \right)_N = \frac{\beta}{k} \cdot P_0 \cdot \left(\text{Arch} \frac{N^{b \cdot k / P_0^2}}{\sqrt{1 - (\xi \cdot Q / (F_k \cdot N \cdot P_0))^2}} \right), \quad (7)$$

где ξ – коэффициент, учитывающий закономерность распределения давлений под опорной поверхностью движителя (колеса);

F_k – площадь контакта опорной поверхности ко-

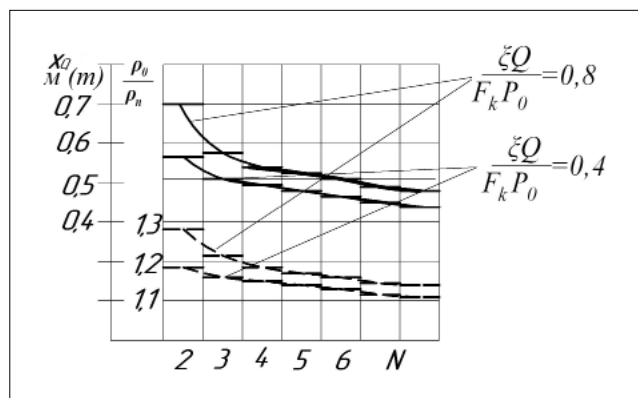


Рис. 2. Влияние числа осей на уплотнение почвы:

— высота уплотняемого слоя; - - - уплотнение почвы

Fig. 2. Influence of axle number on soil puddling;

— puddled layer depth; - - - soil puddling

леса с почвой, м²;

Q – нагрузка на ходовую систему, Н.

Высота уплотняемого слоя почвы:

$$x_{hN} = \frac{1}{\beta} \ln \left(\frac{P_0}{\sigma_{x0}} \cdot \left(\text{Arch} \frac{N^{b \cdot k / P_0^2}}{\sqrt{1 - (\xi \cdot Q / (F_k \cdot N \cdot P_0))^2}} \right) \right) \quad (8)$$

Из рисунка 2, построенного на основании зависимостей (7) и (8), видно, что увеличение количества осей ходовой системы при одинаковой общей нагрузке снижает уплотнение верхнего слоя почвы и высоту уплотняемого слоя.

При возрастании отношения $\xi \cdot Q / (F_k \cdot P_0)$ интенсивность снижения уплотнения почвы растет при увеличении количества осей. Однако во всех случаях при достижении четырех и более осей интенсивность убывания уплотнения заметно снижается.

Для оценки слеодообразования на слабоупрочняющихся почвах обоснована зависимость, которая учитывает изменение давления при увеличении числа осей ходовой системы. Давление колес на почву при этом изменяется в зависимости, обратно пропорциональной числу осей ходовой системы [10]:

$$h_N = \frac{P_0}{k} \cdot \left[\text{Arch} \frac{\xi \cdot Q}{F_k \cdot N \cdot P_0} \right] (1 + k_u \cdot \lg N), \quad (9)$$

где k_u – коэффициент накопления повторных осадков для слабоупрочняющихся почв.

Уплотнение верхнего слоя слабоупрочняющейся почвы:

$$\left(\frac{\rho_0}{\rho_n} \right) = \frac{\beta}{k} \left[\text{Arch} \frac{\xi \cdot Q}{F_k \cdot N} \right] (1 + k_u \cdot \lg N). \quad (10)$$

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Русанов В.А. Проблема переуплотнения почв движителями и эффективные пути ее решения. М.: ВИМ, 1998. 368 с.
2. Романюк Н.Н. Снижение уплотняющего воздействия

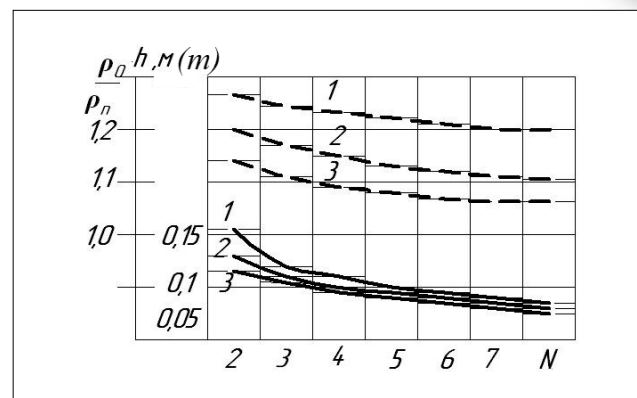


Рис. 3. Зависимость глубины следа (—) и уплотнения слабоупрочняющейся почвы от числа осей:

1 – при $k_u = 2$; 2 – при $k_u = 4$; 3 – при $k_u = 6$;

k_u – коэффициент накопления повторных осадков для слабоупрочняющихся почв

Fig. 3. Dependence of wheel-track deep (—) and low work-hardening soil puddling (- - -) from axle number:

1 – when $k_u = 2$; 2 – when $k_u = 4$; 3 – when $k_u = 6$;

k_u – coefficient of repeated puddling accumulation for low work-hardening soils

Для слабоупрочняющихся почв эффект уменьшения глубины следа и уплотнения почвы при увеличении количества осей снижается по сравнению со слеодообразованием на сильноупрочняющихся почвах (рис. 3).

Значения коэффициента интенсивности накопления повторных деформаций, несущей способности и коэффициента объемного смятия принимались на основании исследований [6, 9, 10].

Выводы. Степень уплотняющего воздействия ходовых систем на почву можно оценивать величиной плотности верхнего слоя почвы, характером распределения плотности почвы по глубине и высотой уплотняемого слоя.

Анализ предложенных закономерностей уплотнения почв показал, что увеличение количества осей ходовой системы при сохранении общей нагрузки снижает уплотнение верхнего слоя почвы и высоту уплотняемого слоя. При увеличении количества осей свыше четырех интенсивность убывания плотности сильноупрочняющихся почв уменьшается. Для увлажненных слабоупрочняющихся почв увеличение количества осей в меньшей мере влияет на снижение уплотнения почвы.

на почву вертикальными вибродинамическими нагрузками пневмоколесных движителей: Дис. ... канд. техн. наук. Минск, 2008. 206 с.

3. Шило И.Н., Орда А.Н., Гирейко Н.А., Селеши А.Б. Вли-

яние почвенных условий на формирование машинно-тракторных агрегатов // *Агропанорама*. 2006. N1. С. 7-11.

4. Афанасьев Н.И., Подобедов И.И., Орда А.Н. Влияние уплотнения машинно-тракторными агрегатами на свойства, режимы почвы и урожай сельскохозяйственных культур: Дерново-подзолистые почвы Белоруссии. М.: Наука, 1987. С. 46-59.

5. Кацыгин В.В. Основы теории выбора оптимальных параметров мобильных сельскохозяйственных машин и орудий // *Вопросы сельскохозяйственной механики*. Минск: Ураджай, 1964. Т. 13. С. 5-147.

6. Орда А.Н. Эколого-энергетические основы формирования машинно-тракторных агрегатов: Дис. ... д-ра техн. наук. Минск, 1997. 269 с.

7. Кушнарев А.С., Мацепуро В.М. Уменьшение вредно-

го воздействия на почву рабочих органов и ходовых систем машинных агрегатов при внедрении индустриальных технологий возделывания сельскохозяйственных культур. М.: ВСХИЗО, 1986. 56 с.

8. Черкасов И.И. Механические свойства грунтов в дорожном строительстве. М.: Транспорт, 1976. 248 с.

9. Шило И.Н., Романюк Н.Н., Орда А.Н., Шкляревич В.А., Воробей А.С. Закономерности уплотнения почвы под воздействием колес сельскохозяйственных машин // *Агропанорама*. 2016. N2. С. 2-8.

10. Шило И.Н., Орда А.Н., Романюк Н.Н., Нукешев С.О., Кушнир В.Г. Влияние количества осей ходовых систем мобильной сельскохозяйственной техники на глубину следа // *Тракторы и сельхозмашины*. 2016. N4. С. 37-42.

REFERENCES

1. Rusanov V.A. Problema pereuplotneniya pochv dvizhiteley i effektivnyye puti yeye resheniya [Problem of soil overconsolidation by propulsions and effective solutions]. Moscow: VIM, 1998: 368. (In Russian)

2. Romanyuk N.N. Snizheniye uplotnyayushchego vozdeystviya na pochvu vertikal'nymi vibrodinamicheskimi nagruzkami pnevmokolesnykh dvizhiteley [Reduction of compacting influence on the soil by vertical vibration-dynamic loads of pneumatic wheeled propellers]: Dis....kand. tekhn. nauk. Minsk, 2008: 206. (In Russian)

3. Shilo I.N., Orda A.N., Gireyko N.A., Seleshi A.B. Influence of soil conditions on formation of machine-tractor aggregates. *Agropanorama*. 2006; 1: 7-11. (In Russian)

4. Afanas'yev N.I., Podobedov I.I., Orda A.N. Vliyaniye uplotneniya mashinno-traktornymi agregatami na svoystva, rezhimy pochvy i urozhay sel'skokhozyaystvennykh kul'tur: Dernovo-podzolistyye pochvy Belorussii [Influence of compaction by machine-and-tractor units on soil properties, regimes and crop yield: Sod-podzolic soils of Belarus]. Moscow: Nauka, 1987: 46-59. (In Russian)

5. Katsygin V.V. Fundamentals of the theory of choice of optimal parameters of mobile agricultural machinery and tools. *Voprosy sel'skhozyaystvennoy mekhaniki*. Minsk: Uradzhay, 1964; 13: 5-147. (In Russian)

6. Orda A.M. Ekologo-energeticheskiye osnovy formirovaniya mashinno-traktornykh agregatov [Ecological and energetic foundations of machine-and-tractor units formation]: Dis. ... d-ra tekhn. nauk. Minsk, 1997: 269. (In Russian)

7. Kushnarev A.S., Matsepuro V.M. Umen'sheniye vrednogo vozdeystviya na pochvu rabochikh organov i khodovykh sistem mashinnykh agregatov pri vnedrenii industrial'nykh tekhnologiy vozdeleyvaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Reduction of harmful effect on the soil of working organs and running systems of machine units when industrial technologies introduction for agricultural crops cultivating]. Moscow: VSKhIZO, 1986: 56. (In Russian)

8. Cherkasov I.I. Mekhanicheskiye svoystva gruntov v dorozhnom stroitel'stve [Mechanical properties of soils in road construction]. Moscow: Transport, 1976: 248. (In Russian)

9. Shylo I.N., Romanyuk N.N., Orda A.N., Shklyarevich V.A., Vorobey A.S. Patterns of soil compaction under influence of agricultural machinery wheels. *Agropanorama*. 2016; 2: 2-8. (In Russian)

10. Shylo I.N., Orda A.N., Romaniuk N.N., Nukeshev S.O., Kushnir V.G. Influence of tnumber of undercarriage axles of mobile agricultural machinery on track depth. *Traktory i sel'khomashiny*. 2016; 4: 37-42. (In Russian)

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Использование технологий специального назначения в сельскохозяйственной робототехнике

Иван Васильевич Рубцов¹,
кандидат технических наук, начальник центра;
Оксана Геннадьевна Русанова¹,
аспирант, инженер,
e-mail: rusanovaoxana@gmail.com;

Захид Адыгезалович Годжаев²,
доктор технических наук, профессор,
заместитель директора

¹Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (Российский национальный исследовательский университет), 2-я Бауманская ул., 5, стр. 1, Москва, 105005, Российская Федерация,

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

Изложены основные результаты анализа уровня автоматизации сельского хозяйства в России и мире. Приведены результаты исследования иностранного рынка беспилотных мобильных энергосредств (МЭС), а также данные по структуре и составу МЭС иностранного производства. Отмечено, что ведущим направлением разработок иностранных компаний стала аппаратура для навигации и ориентации сельхозмашин в ходе реализации автономного управления движением и целевым оборудованием. Автоматизация техники возможна путем дооснащения уже существующих образцов специализированным навесным оборудованием. Согласно проведенному анализу, зарубежное сельхозмашиностроение значительно опережает отечественных производителей по выпуску экипажно-бесэкипажных средств механизации сельхозсектора, а материалоемкость существующего в России сельхозпроизводства в 3-4 раза выше, чем в других странах. Необходимость такого анализа объясняется итогами сравнения производительности труда в сельском хозяйстве: в России она в среднем в 2,4 раза ниже, чем в Европе, и в 3,5 раза ниже, чем в США. Отставание в развитии сельского хозяйства РФ можно преодолеть, используя современные достижения в области робототехнических комплексов (РТК) специального назначения. Обоснована возможность двойного применения технологий ввиду схожести схем и состава РТК для решения специализированных задач по обоим направлениям. Беспилотные МЭС могут быть задействованы в технологиях последовательного и параллельного автономного вождения.

Ключевые слова: беспилотные мобильные энергетические средства, робототехнические комплексы, точное земледелие, автономное вождение.

■ Для цитирования: Рубцов И.В., Русанова О.Г., Годжаев З.А. Использование технологий специального назначения в сельскохозяйственной робототехнике // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2018. Т. 12. №1. С. 37-41. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-1-37-41

Process-Specialized Technologies Using in Agricultural Robotics

Ivan V. Rubtsov¹,
PhD (Eng.), center director;

Oksana G. Rusanova¹,
post-graduate student, engineer;

Zahid A. Godzhaev²,
Dr. Sc. (Eng.), professor,
deputy director

¹Bauman Moscow State Technical University (National research university), Russian Federation, 2nd Bauman-skaya St., 5, Block 1, Moscow, 105005, Russian Federation,

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

The article presents the main results of the analysis of the agriculture automation level in Russia and in the world. The results of the research of the foreign market, structures and compositions of foreign-made unmanned mobile energy vehicles are presented. The main direction of development of foreign companies is the creation of new models of navigation and orientation equipment for agricultural machinery aimed to the implementation of autonomous moving and mission equipment control. Technics automatization is possible due to refitting of already existing samples with specialized attachments. According to this analysis, foreign agricultural machinery is far ahead of domestic manufacturers for the

production of crew-unmanned facilities of mechanization for the agricultural sector, and the material intensity of the existing agricultural production in Russia is 3-4 times higher than that of foreign countries. The need for this kind of analysis is explained by the result of a comparison labor productivity: this index in Russia's agriculture is by 2.4 times lower than European one and 3.5 times lower than that of the USA. The Russian agriculture development retard can be eliminate through the use of modern achievements in the field of robotic systems for special purposes. The authors proved the possibility of double use of technologies because of similarity of schemes and structure of robotic systems for the solution of specialized tasks of both directions. The unmanned mobile energy vehicles can be used at sequential and parallel autonomous driving.

Keywords: Unmanned mobile energy vehicles; Robotic systems; Precision farming; Autonomous driving.

For citation: Rubtsov I.V., Rusanova O.G., Godzhaev Z.A. Process-specialized technologies using in adricultural robotics. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2018. Vol. 12; 1: 37-41. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-1-37-41. (In Russian)

В целях повышения урожайности следует привлечь современные достижения науки и техники [1]. Учитывая количество и качество инноваций, проникновение современных решений в новые технологические процессы в растениеводстве, можно констатировать, что эпоха неточного земледелия завершена. Безусловно, простые некомпьютеризированные решения будут развиваться и в дальнейшем, но основные средства бюджетов, предназначенных для исследований и разработок, западные сельхозмашиностроители направляют на создание умных машин для точного земледелия.

Цель исследований – обосновать необходимость использования группы беспилотных мобильных энергосредств (МЭС) для ведения высокоточного земледелия, провести анализ рынка беспилотных энергосредств в России и мире, определить возможность применения беспилотных МЭС в существующих технологиях сельского хозяйства.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Существующие технологии сельского хозяйства имеют ряд недостатков, которые негативно влияют не только на производительность, но и на экологию и свойства почв.

Низкая эффективность почвообработки. Современное сельское хозяйство требует от фермеров применения тяжелой сельхозтехники. Растениеводство зачастую не является точным, а плуг повреждает посевы даже при небольших отклонениях МЭС от курса.

В то же время производительность роботов, предназначенных для сельхозработ, примерно в 20 раз превосходит возможности человека не только в скорости, но и в точности выполнения задач [2].

Уплотнение почвы. До 90% энергии, которая сегодня тратится на культивацию, используется для восстановления почвы, уплотненной тяжелой техникой [3, 4].

Автономные тракторы-роботы должны быть меньше и маневреннее, а маршруты их движения – оптимальными с точки зрения достижения максимальной эффективности и минимального повреждения почвы.

Холостой ход. Работа техники на холостом ходу не только негативно отражается на производительности посевных и уборочных кампаний, но и связана с дополнительными затратами предприятия. Использование более современной техники с контролем холостого хода способно уменьшить расходы предприятий.

Негативное влияние на экологию. Сейчас фермеры должны ограничивать отрицательное воздействие сельского хозяйства на формирование климата, почву и растительный покров. Тяжелая энергонасыщенная сельхозтехника потребляет большие объемы топлива и вызывает переуплотнение почвы и потерю урожайности [5-7]. В перспективе такие машины можно заменить робототехникой, спроектированной с прицелом на энергоэффективность.

В развитых странах разработаны концепции применения робототехнических комплексов (РТК) в сельском хозяйстве.

Это направление развивают компании *ASI, ATC, John Deere* (США).

Основные направления разработок:

- создание универсальных комплектов оборудования для автоматизации всего парка сельхозмашин;
- разработка новых типов навигационного и сенсорного оборудования, программного обеспечения;
- создание безэкипажных, полностью автономных универсальных сельхозмашин.

В настоящее время наиболее востребована аппаратура для навигации и ориентации сельхозмашин в целях автономного управления движением и целевым оборудованием.

Так, компания *ASI* предоставляет встраиваемый комплект навесного оборудования, способный автоматизировать любой вид сельскохозяйственного транспортного средства, то есть преобразовать его в полностью автономный безэкипажный мобильный робот (рис. 1).

Производительность труда в сельском хозяйстве

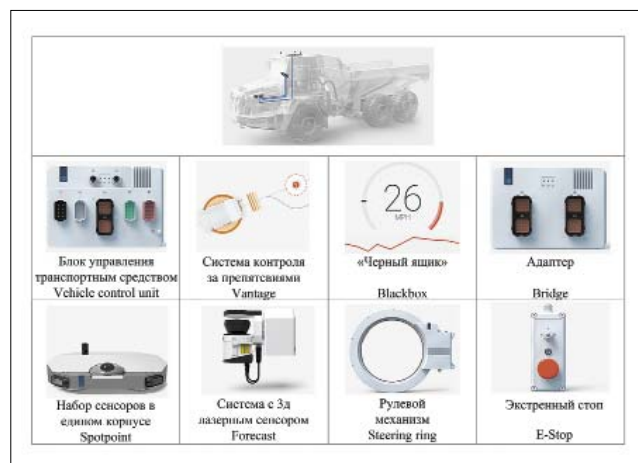


Рис. 1. Комплект навесного оборудования компании ASI (США)
Fig. 1. Set of attached implements ASI company (USA)

РФ в среднем в 2,4 раза ниже европейской. Зарубежное сельхозмашиностроение значительно опережает отечественных производителей по выпуску экипажно-безэкипажных средств механизации сельхозсектора, а материалоемкость сельхозпроизводства в 3-4 раза выше, чем у зарубежных аналогов [5].

Из этого следует, что модернизация аграрного сектора путем создания конкурентоспособной техники актуальна для обеспечения интересов экономики нашей страны.

Круг задач в области модернизации аграрного производства огромен, поэтому необходимо ограничить его исходя из критериев наивысшей окупаемости и скорости внедрения технологий. Основными операциями при реализации любого вида сельскохозяйственной деятельности являются:

- доставка необходимых транспортных средств по специализированным дорогам к месту выполнения работ;
- проведение технологических операций на полях.

Исходя из этого целесообразно создать:

- шлейф агрегатов беспилотных наземных комплексов сельхозназначения;
- программно-аппаратный комплекс для реализации последовательного и параллельного движения транспортных средств (рис. 2).

Автономные транспортные средства и современные технологии и методы управления группами позволяют исключить влияние человеческого фактора, нерациональное использование техники. В частности применение последовательного и параллельного автономного вождения позволяет:

- улучшить технико-экономические показатели;
- снизить расход топлива на единицу выполненной работы (до 20%);
- обеспечить рациональное регулирование скорости агрегатов;
- снизить эксплуатационные затраты на техни-

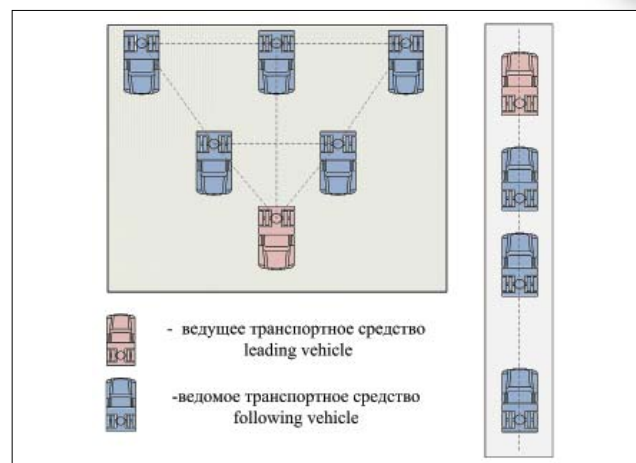


Рис. 2. Параллельное и последовательное вождение МЭС
Fig. 2. Parallel and sequential driving the mobile energy vehicles

ческое обслуживание, ремонт и расходные материалы;

- повысить надежность работы агрегатов в целом;
- увеличить точность процессов проведения сельскохозяйственных операций.

Решение данных задач требует использования современных методов автономного, а затем и группового управления роботами [8]. Для создания же будущей инновационной фермы, где человек выполняет лишь роль контролера, требуется сформировать информационное управляемое поле на базе данных, полученных с гетерогенных безэкипажных машин.

Указанные технические решения проблемы модернизации сельского хозяйства и повышения его эффективности могут быть реализованы путем применения технологического задела из области специального и военного назначения. Робототехнический комплекс вне зависимости от области своего применения состоит из двух основных частей:

- безэкипажной дистанционно управляемой или автономной машины в комплекте со встроенной системой управления движением;
- целевого оборудования для выполнения требуемых работ.

Таким образом, различие в технологии РТК для сельскохозяйственного и специального назначения заключается лишь в разрабатываемом и используемом целевом оборудовании.

В вопросах военной робототехники на территории РФ разработки ведутся уже на протяжении многих десятилетий, а полученные результаты широко применяются при выполнении оперативных задач.

МГТУ имени Н.Э. Баумана имеет многолетний опыт в разработке и внедрении наземных РТК специального назначения, используемых в целях повышения эффективности работы операторов в

дистанционном режиме управления, обеспечения режимов супервизорного и автономного управления движением [9-11].

Такие системы могут осуществлять:

- мониторинг рабочей среды, анализ опасных факторов и выявление запретных зон для движения;
- автоматический возврат в зону уверенного радиобмена или в точку старта в случае потери связи;
- автоматическую конфигурацию манипулятора или иных рабочих органов в транспортное, рабочее или иные положения.

При этом полностью или частично решены и решаются ключевые технологии робототехники по созданию:

- систем автономного управления транспортными средствами и целевым оборудованием, систем навигации и ориентации;
- систем технического зрения и программно-аппаратных средств группового управления роботами;
- единого индустриально-управляющего пространства и программно-аппаратных средств управления роботами.

Следует отметить, что повышение автономности сельскохозяйственных РТК достигается в ходе внедрения навесного или встраиваемого дополнительного оборудования. Один из основных принципов создания таких систем – сохранение преемственности отработанных технических решений и использование автономных РТК на базе дистанционно управляемых, с сохранением ядра системы дистанционного управления в качестве нижнего (исполнительного) уровня системы автономного управления движением.

Примером такой системы служит запатентованный комплект модулей интеллектуального управления для РТК Ориентир (рис. 3).

Он представляет из себя встраиваемую штатную систему управления наземными РТК, входящими в состав мобильной роботизированной аппаратуры. Предназначен для повышения эффективности работы операторов в дистанционном режиме управления и обеспечения режимов автономного управления движением.

Еще одним примером встраиваемых систем может служить система автоматического (программного) управления движением в составе ДУ РТК, также разработанная и сконструированная сотруд-



Рис. 3. Робототехнический комплекс Ориентир с комплектом модулей

Fig. 3. Robotics complex Orientir with a set of modules

никами МГТУ им. Баумана.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Сравнительный анализ отечественных и зарубежных безэкипажных машин показал, что в области дистанционно управляемой техники можно говорить о паритете отечественных и зарубежных разработок. Отставание РФ в области автономного управления мобильными средствами оценивается специалистами однозначно. Однако технологии роботизации развиты и продуктивно разворачиваются по многим позициям, не уступая зарубежным.

Здесь процесс роботизации идет путем создания полностью автономных машин с помощью разработки дополнительного навесного оборудования.

Выводы. Для увеличения производства сельхозпродукции и снижения ее себестоимости необходимо внедрять новейшие технологии, например беспилотное вождение МЭС. Создание такого рода машин и последующее их использование в группах, работающих в условиях общего информационного пространства, позволит увеличить производительность, уменьшить себестоимость сельхозпродукции и повысить урожайность. Для ликвидации уже существующего, по сравнению с зарубежными образцами, отставания в области создания беспилотных МЭС предложен способ дооснащения сельхозтехники уже созданными и протестированными в рамках специальных разработок отдельными дополнительными встраиваемыми модулями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. The future of Food and Farming: Challenges and choices for global sustainability. The Government Office for Science: Final project report. London, 2011: 16-18.
2. Измайлов А.Ю., Кряжков В.М., Антышев Н.М., Елизаров В.П., Лобачевский Я.П., Сорокин Н.Т., Гурылев Г.С.,

- Савельев Г.С., Сизов О.А., Шевцов В.Г. Концепция модернизации парка сельскохозяйственных тракторов России на период до 2010 года. М.: ВИМ, 2012. С. 187-194.
3. Годжаев З.А., Шевцов В.Г., Гурылев Г.С., Лавров А.В. Прогноз развития сельского хозяйства на основе перво-



очередного воспроизводства тракторного парка // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства: Сборник научных докладов международной научно-технической конференции, Ч. 2. М.: ВИМ, 2015. С. 9-14.

4. Годжаев З.А., Гришин А.П., Гришин А.А. Перспективы развития роботизированных технологий в растениеводстве // *Тракторы и сельхозмашины*. 2015. №12. С. 42-45.

5. Годжаев З.А., Измайлов А.Ю., Евтюшенков Н.Е., Крюков М.Л. К вопросу создания экологически безопасных всесезонных автомобилей сельскохозяйственного назначения // *Тракторы и сельхозмашины*. 2016. №3. С. 48-52.

6. Годжаев З.А., Евтюшенков Н.Е. Снижение воздействия ходовых систем на почву // *Водитель–автомобиль–дорога*. 2016. №8. С. 38-39.

7. Каляев И.А., Капастян С.Г. Групповое управление роботами: проблемы, решения // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. Специальный выпуск «Специальная робототехника и мехатроника». М.: МГТУ

им. Н.Э. Баумана, 2011. С. 3-13.

8. Лапшов В.С., Носков В.П., Рубцов И.В., Рудянов Н.А., Рябов А.В., Хрущев В.С. Формирование модели виртуальной реальности и информационно-навигационных полей для обеспечения автономного функционирования РТК специального назначения // *Известия ЮФУ «Технические науки»*. 2017. №12. С. 248-266.

9. Рубцов И.В., Машков К.Ю., Наумов В.Н. 185 лет МГТУ им. Н.Э. Баумана – состояние и перспективы развития специальной робототехники // Перспективные системы и задачи управления: Сборник материалов Десятой Всероссийской научно-практической конференции. 2015. №1. С. 247-255.

10. Рубцов И.В., Машков К.Ю., Наумов В.Н. Модернизация устаревших ВВТ как один из путей развития современной робототехники // Перспективные системы и задачи управления: Избранные труды Всероссийской научно-практической конференции. Т. 1. М.: 2015. С. 51-59.

11. Носков В.П., Рубцов И.В. Решение целевых задач комплексом РТК-выносной пункт СТЗ // *Известия ЮФУ «Технические науки»*. 2015. №1. С. 121-132.

REFERENCES

1. The future of Food and Farming: Challenges and choices for global sustainability. The Government Office for Science: Final project report. London, 2011: 16-18. (In English)

2. Izmaylov A.Yu., Kryazhkov V.M., Antyshev N.M., Elizarov V.P., Lobachevskiy Ya.P., Sorokin N.T., Gurylev G.S., Savel'ev G.S., Sizov O.A., Shevtsov V.G. Concept of modernization of agricultural tractors and tractor fleet in Russia for the period until 2020. Moscow: VIM, 2012: 67. (In Russian)

3. Godzhaev Z.A., Shevtsov V.G., Gurylev G.S., Lavrov A.V. Agriculture development prediction based on primary reproduction of tractor fleet. *Intellektual'nye mashinnye tekhnologii i tekhnika dlya realizatsii Gosudarstvennoy programmy razvitiya sel'skogo khozyaystva*: Sbornik nauchnykh dokladov mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, Vol. 2. Moscow: VIM, 2015: 9-14. (In Russian)

4. Godzhaev Z.A., Grishin A.P., Grishin A.A. Prospects for robotic technologies development in crop production. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2015; 12: 42-45. (In Russian)

5. Godzhaev Z.A., Izmaylov A.Yu., Evtyushenkov N.E., Kryukov M.L. Revisited creation of ecologically safe all-season machines of agricultural purpose. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2016; 3: 48-52. (In Russian)

6. Godzhaev Z.A., Evtyushenkov N.E. Reducing of running systems impact on the soil. *Voditel'–avtomobil'–doroga*. 2016; 8: 38-39. (In Russian)

7. Kalyaev I.A., Kapastyan S.G. Group control of robots: problems, solution. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Mashinostroenie. Spetsial'nyy vypusk «Spetsial'naya robototekhnika i mekhatronika»*. Moscow: MGTU im. N.E. Bauman, 2011: 3-13. (In Russian)

8. Lapshov V.S., Noskov V.P., Rubtsov I.V., Rudianov N.A., Ryabov A.V., Khrushchev V.S. Model of virtual reality and information-navigational fields forming to ensure the autonomous functioning of robotic systems of special purpose. *Izvestiya YuFU «Tekhnicheskie nauki»*. 2017; 12: 248-266. (In Russian)

9. Rubtsov I.V., Mashkov K.Yu., Naumov V.N. The 185 years of the BMSTU – the state and prospects for the development of special robotics. *Perspektivnye sistemy i zadachi upravleniya*: Sbornik materialov Desyatoy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2015; 1: 247-255. (In Russian)

10. Rubtsov I.V., Mashkov K.Yu., Naumov V.N. Modernization of obsolete weapons and military equipment as one of the ways to develop modern robotics. *Perspektivnye sistemy i zadachi upravleniya*: Izbrannye trudy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Vol. 1. Moscow: 2015: 51-59. (In Russian)

11. Anikin V.A., Kim N.V., Noskov V. P., Rubtsov I.V. Application of a robot system with a remote vision. *Izvestiya YuFU «Tekhnicheskiye nauki»*. 2015; 1: 121-132 (In Russian).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Снижение потерь почвенной влаги на испарение

Юрий Александрович Савельев¹,
доктор технических наук, профессор;
Олег Николаевич Кухарев²,
доктор технических наук, профессор, ректор;
Николай Петрович Ларюшин²,
доктор технических наук, профессор;

Павел Александрович Ишкин^{1,3},
кандидат технических наук, заместитель директо-
ра по науке, доцент, e-mail: ishkin_pa@mail.ru;
Юрий Михайлович Добрынин^{1,3},
кандидат технических наук,
заведующий лабораторией

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

²Пензенский государственный аграрный университет, ул. Ботаническая, 30, г. Пенза, 440014, Российская Федерация

³Поволжская государственная зональная машиноиспытательная станция, ул. Шоссейная, 82, пгт. Усть-Кинельский, г.о. Кинель, Самарская область, 446442, Российская Федерация

Почвенно-климатические условия засушливых регионов России имеют большой потенциал для получения высоких урожаев различных сельскохозяйственных культур, но постоянный дефицит почвенной влаги сдерживает увеличение объемов их производства. Однако он обусловлен не только недостатком атмосферных осадков, но и неэффективным их сбережением. Установлено, что потери влаги на непродуктивное испарение достигают 40-70 процентов выпадающих осадков. Для эффективного накопления и сбережения почвенной влаги применяют осеннюю мелкую мульчирующую обработку, при которой создается разрыхленный верхний слой почвы с замульчированной поверхностью. От обработки верхнего слоя почвы зависит накопление и сохранение влаги не только в верхних, но и в более глубоких почвенных горизонтах. Для реализации такой обработки разработано и изготовлено новое комбинированное почвообрабатывающее орудие. Оно оснащено двумя батареями ножевых дисков, установленных в 2 ряда друг за другом, плоскорежущими лапами, установленными в 2 ряда в шахматном порядке, и катком с укрепленными по его рабочей поверхности штифтовыми элементами. Определили, что при обработке почвы предлагаемым орудием создается качественно разрыхленный слой с замульчированной поверхностью. Улучшенная водопроницаемость и увеличенная влагоемкость повышают проникновение атмосферных осадков в почву и снижают потери влаги на испарение. Проведенные исследования по определению потерь влаги на испарение в зависимости от вида и качества обработки почвы подтвердили преимущество предлагаемого вида обработки. Выявили, что запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы повысились на 31,8; 25,8 и 16,8 мм по сравнению с агрофонами без обработки, дискованием дисковым мульчировщиком ДМ-5,2 и мелкой плоскорежущей обработкой культиватором КПИР-3,6 соответственно. Установили, что урожайность ячменя сорта Волгарь на участке, обработанном экспериментальным орудием, составила 2,24 т/га, на участке, обработанном КПИР-3,6, – 2,12 т/га, ДМ-5,2 – 2,02 т/га, без обработки – 1,46 т/га.

Ключевые слова: водный баланс почвы, сохранение влаги в почве, мульчирующая обработка, температура почвы, осадки, испарение, влагомер, урожайность.

■ **Для цитирования:** Савельев Ю.А., Кухарев О.Н., Ларюшин Н.П., Ишкин П.А., Добрынин Ю.М. Снижение потерь почвенной влаги на испарение // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2018. Т. 12. №1. С. 42-47. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-1-42-47

Soil moisture loss reduction owing to evaporation

Yuriy A. Savel'ev¹, PhD (Eng.), professor,
Oleg N. Kuharev², Dr. Sc. (Eng.), head of university;
Nikolai P. Larjushin², Dr. Sc. (Eng.), professor;

Pavel A. Ishkin^{1,3}, PhD (Eng), deputy director for science,
associate professor, e-mail: ishkin_pa@mail.ru;
Yuriy M. Dobrynin^{1,3}, PhD (Eng), head of laboratory

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

²Penza State Agrarian University, Botanicheskaya St., 30, Penza, 440014, Russian Federation

³Volga State Machinery Testing Station, Shosseynaya St., 82, set. Ust'-Kinel'skiy, Kinel, Samara region, 446442, Russian Federation

Soil-climatic conditions of arid regions of Russia have a great potential for obtaining high yields of various crops, but the constant lack of soil moisture hampers the increase in production volumes. However, the deficiency of soil moisture is due not only to a lack of atmospheric precipitation, but also to inefficient saving. Moisture losses because of unproductive evaporation reach 40-70 percent of atmospheric precipitation. One of the effective ways to accumulate and conserve soil moisture is the autumn shallow mulching tillage, which creates a loosened top layer of soil with a mulched surface. The top layer of soil during loosening and mulching promotes the accumulation and conservation of moisture not only in the upper, but also in the deeper soil horizons. A new combined tillage tool was developed and manufactured to implement such tillage. The tool is equipped with 2 batteries of knife disks placed in two rows one behind the other, with flat hoes arranged in two rows in staggered order, and a roller with pins mounted on its working surface. When soil cultivation by the proposed tool, a qualitatively loosened layer with a mulch surface is created. Enhanced water permeability and moisture capacity increase the penetration of atmospheric precipitation into the soil and reduce the loss of moisture owing to evaporation. The research carried out to determine the loss of moisture due to evaporation, depending on the type and quality of soil cultivation, have confirmed the advantage of the proposed type of tillage. The reserves of productive moisture in a 1 m soil layer increase by 31.8; 25.8 and 16.8 mm in comparison with fields without tillage, shallow tillage by disc mulcher DM-5.2 and by cultivator KPIR-3.6 respectively. The productivity of barley variety Volgar' at the area cultivated by experimental tools was 2.24 t per hectare, by KPIR-3.6 – 2.12 t, DM-5.2 – 2.02 t, without tillage – 1.46 t per hectare.

Keywords: Water balance of soil; Moisture conservation; Mulching tillage; Soil temperature; Precipitation; Evaporation; Moisture meter; Yield.

For citation: Savel'ev Yu.A., Kuharev O.N., Larjushin N.P., Ishkin P.A., Dobrynin Yu.M. Soil moisture loss reduction owing to evaporation. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2018. Vol. 12; 1: 42-47. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-1-42-47

Главными задачами земледелия в зонах с недостаточным количеством осадков являются накопление, сбережение и рациональное использование почвенной влаги, так как в этих условиях именно влага стала ограничивающим фактором для получения высоких и устойчивых урожаев возделываемых культур [1-6]. Основная доля годовых осадков в таких зонах приходится на послеуборочный осенне-зимний период. При этом значительная их доля теряется на непродуктивное физическое испарение, снос ветром и поверхностный сток. Так, в условиях Среднего Поволжья потери влаги на непродуктивное физическое испарение с поверхности поля достигают 60-65% от суммы осадков [2]. Эффективность накопления и сбережения осадков осенне-зимнего периода зависит от способа послеуборочной обработки почвы [1, 4, 5].

Цель исследования – разработка комбинированного орудия для мелкой мульчирующей обработки почвы для снижения потерь почвенной влаги.

Материалы и методы. Установлено, что безотвальная мульчирующая обработка почвы имеет существенное преимущество перед другими способами в накоплении и сбережении почвенной влаги [7-9].

Для реализации безотвальной мульчирующей обработки почвы было разработано и изготовлено комбинированное почвообрабатывающее орудие (рис. 1). Оно состоит из рамы 2 с опорно-регулируемыми колесами 5, навесного устройства 1, батареи ножевых дисков 3, установленных на передней части рамы в два ряда, друг за другом, с противоположными углами атаки, механизмов ре-

гулирования 4 глубины обработки и угла атаки ножевых дисков, плоскорежущих лап 6, размещенных в два ряда в шахматном порядке на задней части рамы и имеющих рыхлительные элементы лемехов, катка 8 с установленными по его рабочей поверхности штифтовыми элементами и механизма до-грузки 7.

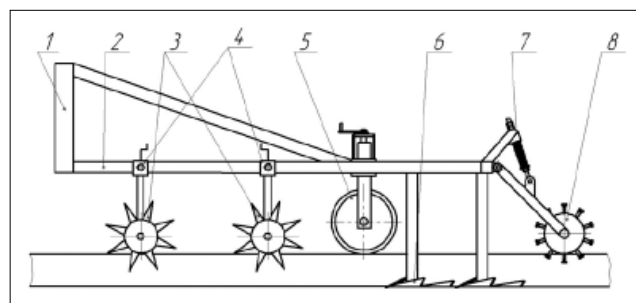


Рис. 1. Комбинированное орудие для мелкой мульчирующей обработки почвы

Fig.1. Combined tool for shallow mulching tillage

Батареи ножевых дисков имеют по периферии ножи, заточенные с двух сторон и выполняющие режущей кромкой условие устойчивого резания со скольжением.

Плоскорежущие лапы имеют стойку и лемехи с рыхлительными элементами, установленными друг за другом. У рыхлительного элемента, расположенного первым по отношению к стойке, угол крошения больше, чем у второго. Рыхлительные элементы выполнены в форме прямоугольных неравносторонних треугольников, длинные катеты которых заострены и образуют переднюю кромку лемехов,

а вершины, образованные гипотенузой и длинным катетом, обращены к стойке.

Каток со штифтовыми элементами на его рабочей поверхности имеет возможность регулирования уровня давления на почву путем изменения рабочей длины пружин механизма догружения.

Технологический процесс работы орудия осуществляется следующим образом. При проходе орудия по полю батареи ножевых дисков ножами выполняют резание со скольжением почвенных агрегатов и пожнивных остатков косым двукратным знакопеременным воздействием, а также рыхление почвы боковыми поверхностями ножей, образуя взрыхленный и замульчированный верхний слой. Плоскорезные лапы с рыхлительными элементами, установленные за батареями ножевых дисков, подрезают слой почвы, расположенный глубже – до заданной глубины мелкой обработки, и эффективно рыхлят его вследствие поочередно создающихся деформаций сжатия и растяжения рыхлительными элементами лемехов.

Каток рабочей поверхностью и штифтовыми элементами дополнительно крошит комки почвы, заделывает стерневые остатки в поверхностный слой с одновременным его уплотнением и выравниванием.

Таким образом, при обработке почвы предлагаемым орудием создается качественно разрыхленный слой с замульчированной поверхностью, который в силу увеличенной водопроницаемости и влагоемкости повышает проникновение атмосферных осадков в почву и в осенний период снижает потери влаги на испарение по сравнению с традиционной технологией обработки.

Для подтверждения эффективности предлагаемого вида осенней мелкой обработки и конструкции комбинированного почвообрабатывающего орудия проведены исследования по определению потерь влаги на испарение из слоя 0-0,30 м в зависимости от вида и качества обработки почвы.

Участок поля характеризовался слабовыраженным микрорельефом. Тип почвы – чернозем обыкновенный среднесуглинистый. Количество оставшихся на поверхности поля стерневых остатков после уборки урожая составляло 4,5 т/га. В исследовании рассматривали дискование, мелкую плоскорезную обработку с мульчированием поверхности и контрольный фон (агрофон без обработки). Дискование проведено дисковым мульчировщиком ДМ-5,2 на глубину 0,12 м, мелкая плоскорезная обработка с мульчированием поверхности – культиватором-плоскорезом игольчато-роторным КПИР-3,6 на глубину 0,16 м, а также предлагаемым комбинированным почвообрабатывающим орудием КОМО-2,0.

Осенью, в процессе суточных колебаний температуры, между почвой и воздухом происходит по-

стоянный обмен влагой – испарение и конденсация. Прежде всего скорость испарения влаги зависит от температуры почвы, которая в свою очередь во многом определяется свойствами мульчирующего слоя. На скорость испарения влияют также такие параметры, как влажность и плотность почвы, температура, влажность и скорость приземного слоя воздуха, величина полученной от солнца радиации и альбедо почвы, зависящее от типа почвы и наличия на поверхности мульчи, а также другие менее значимые параметры [7].

Сравнение изменения запасов влаги в пахотном слое 0-0,30 м на фонах с мелкой плоскорезной обработкой с мульчированием поверхности культиватором-плоскорезом игольчато-роторным КПИР-3,6 и предлагаемым комбинированным почвообрабатывающим орудием КОМО-2,0 проводили в период максимальной скорости испарения – весной перед закрытием влаги. При этом в течение 3 дней круглосуточно через каждые 3 часа измеряли температуру почвы и приземного слоя воздуха, скорость ветра, величину солнечного излучения и влажность почвы. Для измерения температуры почвы на каждом участке были заложены температурные датчики на глубине 0,25 м; 0,15 м; 0,05 м и на поверхности почвы, которые подсоединяли к электротермометру ЭТ-10, имеющему погрешность измерения $\pm 0,5^\circ\text{C}$ (рис. 2). Скорость ветра в приземном слое измеряли ручным чашечным анемометром, который используется для определения скоростей ветра в диапазоне 1-20 м/с с погрешностью $\pm 0,8$ м/с. Величину солнечного излучения и альбедо почвы измеряли с помощью фотоэлектрического люксметра Ю-116 (диапазон измерений – 0,1-100000 Лх, погрешность – $\pm 10\%$). Для проведения полевых измерений был оборудован переносной наблюдательный пост, на котором размещали используемое измерительное оборудование (рис. 3).



Рис. 2. Закладка температурных датчиков в пахотный горизонт

Fig. 2. Laying of temperature sensors in the arable horizon

Суммарное испарение рассчитывали по формуле [10, 11]:

$$E_c = r + (W_n - W_k), \quad (1)$$

где r – количество осадков, мм;

W_n, W_k – начальные и конечные запасы влаги в слое 0-0,30 м, мм.

Эффективность предлагаемого вида почвообработки сравнивали с дискованием дисковым мульчировщиком ДМ-5,2 и мелкой плоскорезной обработкой культиватором-плоскорезом игольчато-роторным КПИР-3,6 [8]. Для этого на каждом обработанном фоне, а также на стерневом фоне без

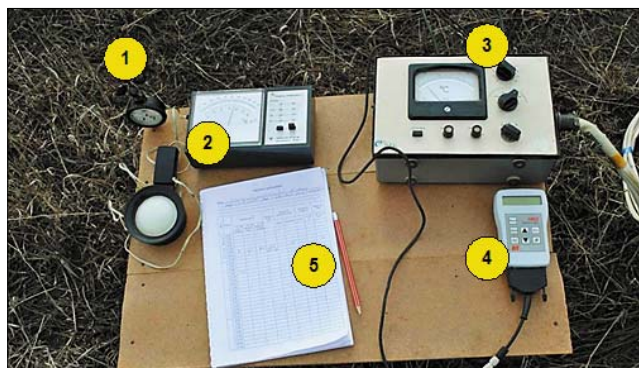


Рис. 3. Наблюдательный пост с приборным оборудованием: 1 – ручной анемометр; 2 – люксметр Ю-116; 3 – электротермометр ЭТ-10; 4 – электронный влагомер НН2; 5 – журнал наблюдений

Fig. 3. Observation post with instrumentation:

1 – hand-held anemometer; 2 – luxmeter Yu-116; 3 – electrothermometer ET-10; 4 – electronic moisture meter HH2; 5 – notebook of observations

обработки (контроль), начиная с закладки опыта и заканчивая проведением первой весенней обработки (закрытие влаги), определяли запасы влаги в метровом слое почвы. Влажность измеряли электронным влагомером НН2 с датчиком *Theta Probe ML2x* в каждом слое по 0,10 м и в самом верхнем – 0-0,05 м. Диапазон измерения влажности – 5-85%, точность измерения – $\pm 1\%$, дискретность – 0,1%.

Расчет запасов влаги в метровом слое вычисляли по формуле:

$$3B = \sum \frac{W \cdot \rho \cdot h}{10}, \quad (2)$$

где W – влажность весовая, %;

ρ – плотность почвы, г/см^3 ;

h – толщина почвенного слоя, см.

Зимой влажность почвы определяли термостатно-весовым методом, используя бюксы, бур прободборник, линейку, сушильный шкаф СШ-3 и весы *GM-612* [9].

Пробы отбирали по диагонали каждого опытного участка в пяти местах послойно через 0,1 м до глубины 1 м. Навески массой 30-40 г помещали в алюминиевые бюксы с герметичной крышкой, нумеровали и взвешивали с точностью до 0,01 г.

Затем образцы высушивали в сушильном шкафу при температуре 105-110°C в течение 6 ч. После охлаждения образцов по разнице в массе до и после сушки определяли количество испарившейся воды.

Влажность почвы вычисляли по формуле, %:

$$W = \frac{g - g'}{g'} \cdot 100, \quad (3)$$

где g – масса образца влажной почвы, г;

g' – масса образца сухой почвы, г.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. В результате исследований динамики запасов влаги в пахотном слое зафиксированы суточные колебания, связанные с изменениями температуры воздуха и почвы (рис. 4). В темное время суток при охлаждении поверхности почвы пахотный слой насыщается влагой из нижележащих слоев и приземного воздуха, повышая запас влаги на 2 мм. В светлое время суток происходит нагревание почвы, что влечет за собой испарение влаги из пахотного горизонта и вытеснение ее в более холодные нижележащие слои почвы.

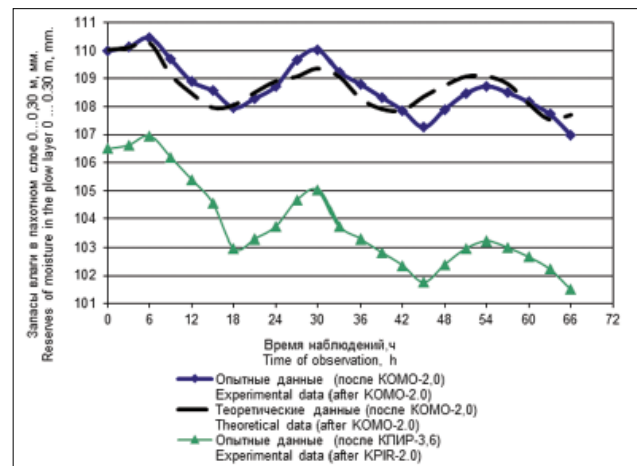


Рис. 4. Динамика запасов влаги в пахотном горизонте почвы при различных обработках

Fig. 4. Dynamics of moisture reserves in the arable soil horizon under various tillages

При этом теряется до 4 мм влаги.

Анализ результатов лабораторно-полевых исследований динамики изменения запасов влаги в пахотном слое почвы в зависимости от варианта обработки почвы показал, что при равных почвенных условиях за 66 ч наблюдений поверхность, обработанная культиватором КПИР-3,6, потеряла 5 мм запаса влаги, а в варианте с орудием КОМО-2,0 – 3 мм, что позволяет сделать вывод о лучших влагосберегающих свойствах замульчированной поверхности почвы, обработанной экспериментальным орудием.

Преимущество по общим запасам влаги агрофона с мелкой плоскорезной мульчирующей обработкой объясняется наличием мульчирующего поверхностного слоя, обладающего более низкой теплопроводностью и обеспечивающего снижение непродуктивных потерь влаги на испарение [10, 11].

В результате полевых исследований оценена эффективность применения экспериментального комбинированного орудия по динамике изменения запасов продуктивной влаги в метровом почвенном горизонте в течение осенне-весеннего периода. Сравнение проводили с агрофонами: без обработки, после обработки дисковым мульчировщиком

ДМ-5,2 на глубину 0,12 м, после мелкой плоскорезной обработки культиватором-плоскорезом игольчато-роторным КПИР-3,6 на глубину 0,16 м (рис. 5).

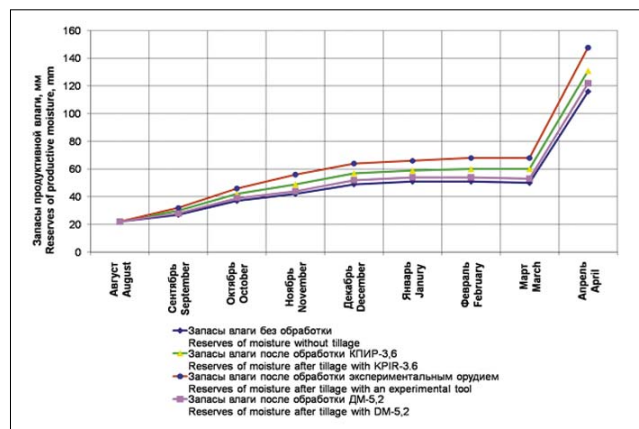


Рис. 5. Запасы продуктивной влаги в 1 м слое почвы на различных агрофонах

Fig. 5. Reserves of productive moisture in 1 m layer of soil at various tillages

Изменение запасов влаги в сравнении с агрофонами – без обработки, дискованием дисковым мульчировщиком ДМ-5,2 и мелкой плоскорезной обработкой культиватором-плоскорезом игольчато-ро-

торным КПИР-3,6 – показывает, что предлагаемая обработка имеет постоянное преимущество до периода проведения весенне-полевых работ в апреле-мае перед сравниваемыми агрофонами, соответственно, на 31,8; 25,8 и 16,8 мм.

После закрытия влаги на опытных участках высеяли яровой ячмень сорта Волгарь – посевным агрегатом АУП-18.05 с нормой высева 230 кг/га. Урожайность на участке, обработанном экспериментальным орудием, составила 22,4 ц/га, при обработке КПИР-3,6 – 21,2 ц/га, ДМ-5,2 – 20,2 ц/га, без обработки – 14,6 ц/га.

Выводы. Осенняя мелкая мульчирующая обработка почвы – перспективный агроприем. Он создает верхний мульчирующий слой почвы, обладающий необходимыми теплоизоляционными и влагоудерживающими свойствами, позволяет повысить запасы влаги в метровом слое почвы и урожайность возделываемых культур. Предлагаемое комбинированное орудие для реализации осенней мелкой мульчирующей обработки почвы в сравнении с мелкой плоскорезной обработкой культиватором-плоскорезом игольчато-роторным КПИР-3,6 обеспечивает прибавку урожайности ярового ячменя сорта Волгарь на 5,7% (1,2 ц/га).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Корчагин В.А., Золотарев Н.И. Влаго- и ресурсосберегающие системы обработки почвы в степных районах Среднего Заволжья. Самара, 1997. 98 с.
2. Казаков Г.И. Обработка почвы в Среднем Поволжье. Самара: Самарская ГСХА, 1997. 200 с.
3. Лобачевский Я.П. Новые почвообрабатывающие технологии технические средства // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 2000. №8. 30-32.
4. Лачуга Ю.Ф., Савченко И.В., Чекмарев П.А., Шогенов Ю.Х., Кирсанов В.В., Шумов Ю.А., Голубев Д.А., Измайлов А.Ю., Мазитов Н.К., Кряжков В.М., Лобачевский Я.П., Елизаров В.П., Смирнов И.Г., Шайхов М.К., Жук А.Ф., Марченко О.С., Сорокин Н.Т., Белых С.А., Рычков В.А., Солдатова Т.Г. и др. Влагоаккумулирующие технологии, техника для обработки почв и использование минеральных удобрений в экстремальных условиях. Рязань: ВНИМС, 2014. 245 с.
5. Мазитов Н.К., Лобачевский Я.П., Сахапов Р.Л., Галютдинов Н.Х. Шарафиев Л.З. Влаго- и энергосберегающая технология обработки почвы и посева в остро засушливых условиях // *Техника и оборудование для села*. 2013. №3(189). С. 2-6.
6. Лачуга Ю.Ф., Мазитов Н.К., Бледных В.В., Кряжков В.М., Краснощеков Н.В., Черноиванов В.И., Кормановский Л.П., Попов В.Д., Липкович Э.И., Сысуев В.А., Ковалев Н.Г., Измайлов А.Ю., Федоренко В.Ф., Сахапов Р.Л., Рахимов Р.С., Хлызов Н.Т., Боровицкий М.В., Хаецкий Г.В., Алфеев В.Р., Стоян С.В. и др. Почвообрабатывающий и посевной комплекс для энерго-ресурсосберегающего производства продукции растениеводства: Рекомендации. М.: Столичная типография, 2008. 104 с.
7. Савельев Ю.А., Добрынин Ю.М., Ишкин П.А. Теоретическое исследование водного баланса почвы и процесса испарения почвенной влаги // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2017. №1. С. 23-28.
8. Патент №2421961 РФ. Комбинированное почвообрабатывающее орудие / Савельев Ю.А., Милюткин В.А., Добрынин Ю.М. 2011. Бюл. №18.
9. Савельев, Ю.А. Добрынин Ю.М. Орудие для мелкой мульчирующей обработки // *Сельский механизатор*. 2011. №11. С. 9.
10. Denisov Yu.M., Sergeev A.I., Bezbrodov G.A., Bezbrodov Yu.G. Moisture evaporation from bare soils. *Irrigation and Drainage Systems*. Netherlands. 2002; 16: 175-182.
11. Kalma J.D., McVicar T.R., McCabe M.F. Estimating land surface evaporation: A review of methods using remotely sensed surface temperature data. *Surv. Geophys.* 2008, 29: 421-469.



REFERENCES

1. Korchagin V.A., Zolotarev N.I. Vlogo-i resursosberegayushchie sistemy obrabotki pochvy v stepnykh rayonakh Srednego Zavolzh'ya [Moisture and resource saving systems of soil cultivation in the steppe areas of the Middle Transvolga]. Samara, 1997: 98. (In Russian)
2. Kazakov G.I. Obrabotka pochvy v Srednem Povolzh'e [Soil cultivation in the Middle Volga Region]. Samara: Samarskaya GSKhA, 1997: 200. (In Russian)
3. Lobachevskiy Ya.P. New soil-cultivating technologies and technical means. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva*. 2000; 8: 30-32. (In Russian)
4. Lachuga Yu.F., Savchenko I.V., Chekmarev P.A., Shogonov Yu.Kh., Kirsanov V.V., Shumov Yu.A., Golubev D.A., Izmaylov A.Yu., Mazitov N.K., Kryazhkov V.M., Lobachevskiy Ya.P., Elizarov V.P., Smirnov I.G., Shaykhov M.K., Zhuk A.F., Marchenko O.S., Sorokin N.T., Belykh S.A., Rychkov V.A., Soldatova T.G., et al. Vlogoakkumuliruyushchie tekhnologii, tekhnika dlya obrabotki pochv i ispol'zovanie mineral'nykh udobreniy v ekstremal'nykh usloviyakh [Water storage technologies, machines for soil cultivation and mineral fertilization in extreme conditions]. Ryazan': VNIMS, 2014: 245. (In Russian)
5. Mazitov N.K., Lobachevskiy Ya.P., Sakhapov R.L., Galyautdinov N.Kh., Sharafiev L.Z. Moisture and energy saving technology of soil cultivation and sowing in strongly arid conditions. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2013; 3(189): 2-6. (In Russian)
6. Lachuga Yu.F., Mazitov N.K., Blednykh V.V., Kryazhkov V.M., Krasnoshchekov N.V., Chernoi Ivanov V.I., Kormanovskiy L.P., Popov V.D., Lipkovich E.I., Sysuev V.A., Kovalev N.G., Izmaylov A.Yu., Fedorenko V.F., Sakhapov R.L., Rakhimov R.S., Khlyzov N.T., Borovitskiy M.V., Khaetskiy G.V., Alfeev V.R., Stoyan S.V. Pochvoobrabatyvayushchiy i posevnoy kompleks dlya energo-resursosberegayushchego proizvodstva produktov rasteniyevodstva [Soil-cultivating and sowing complex for power-resource-saving production of crop industry]: Rekomendatsii. Moscow: Stolichnaya tipografiya, 2008: 104. (In Russian)
7. Savel'ev Yu.A., Dobrynin Yu.M., Ishkin P.A. Theoretical study of soil water balance and process of soil moisture evaporation. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2017; 1: 23-28. (In Russian)
8. Patent No2421961 RF. Kombinirovannoe pochvoobrabatyvayushchee orudie [Combined tillage tool]. Savel'ev Yu.A., Milyutkin V.A., Dobrynin Yu.M. 2011. Byul. N18. (In Russian)
9. Savel'ev, Yu.A. Dobrynin Yu.M. Tool for shallow mulching tillage. *Sel'skiy mekhanizator*. 2011; 11: 9. (In Russian)
10. Denisov Yu.M., Sergeev A.I., Bezbrodov G.A., Bezborodov Yu.G. Moisture evaporation from bare soils. *Irrigation and Drainage Systems*. Netherlands. 2002; 16: 175-182. (In English)
11. Kalma J.D., McVicar T.R., McCabe M.F. Estimating land surface evaporation: A review of methods using remotely sensed surface temperature data. *Surveys in Geophysics*. 2008; 29: 421-469. (In English)

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

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

на бюджетные и платные места

высшее образование – программа подготовки научно-педагогических кадров

в аспирантуру

на 2017-18 учебный год

Лицензия №2498 от 15.02.2016

Государственная аккредитация № 2475 от 19 января 2017 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 технического обслуживания в сельском хозяйстве;

Профиль: Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве.

Профиль: технологии и средства механизации сельского хозяйства.

высшее образование – программа Магистратуры на платные места

Лицензия №2498 от 15.02.2016

Адрес института: 109428, Москва, 1-й Институтский проезд, 5. Телефон для справок: 8 (499) 709-33-68.

НОВЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ

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

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

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

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

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

Статьи аспирантов публикуются бесплатно.

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

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

В каждой статье должны быть указаны следующие данные:

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

- ученая степень, ученое звание автора, должность;
- реферат (объем 200-250 слов);
- ключевые слова;
- библиографический список.

Статью и реферат следует структурировать, обязательно указав следующие разделы:

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

Списки литературы (**не менее 10 источников**) следует оформлять по международным требованиям. Более 50 процентов источников из списка литературы должны быть опубликованы за последние 5 лет, в том числе в журналах, индексируемых в базах данных Web of Science, Scopus, Science Index. Лишь в случае необходимости допустимы ссылки на более ранние труды. В список литературы НЕ включаются учебные пособия, нормативные и архивные материалы, статистические сборники, газетные заметки без указания автора, авторефераты и диссертации.

Реферат

Реферат – это самостоятельный законченный материал. В вводной части нужно коротко и емко отразить актуальность и цель исследований, привести полученные результаты (с обязательным аргументированием на основании цифрового материала), сформулировать выводы.

Объем реферата – 200-250 слов.

Нельзя использовать аббревиатуры и сложные элементы форматирования (например, верхние и нижние индексы).

На английский язык следует перевести:

- название статьи;
- полное название научного учреждения;
- реферат и ключевые слова;
- библиографический список.

Машинный перевод недопустим!

Рукопись статьи должна быть подписана лично авторами. Автор несет юридическую и иную ответственность за содержание статьи.

Несоответствие статьи хотя бы одному из перечисленных условий может служить основанием для отказа в публикации.

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ АГРОИНЖЕНЕРНЫЙ ЦЕНТР ВИМ НОВЕЙШАЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНИКА



МАШИНЫ ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕНСИВНОГО САДОВОДСТВА



МУЛЬЧЕР (ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬ ТРАВЫ, КУСТАРНИКА И МЕЛКИХ ДЕРЕВЬЕВ)

ПОДПИСКА 2018

**КАК
подписаться
на журнал?**



ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!

Подписку на второе полугодие 2018 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

www.vimsmit.com

e-mail: smit@vim.ru