

Сельскохозяйственные МАШИНЫ и ТЕХНОЛОГИИ

AGRICULTURAL MACHINERY AND TECHNOLOGIES

Том 12 №3 2018

Vol. 12 №3 2018

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

SCIENTIFIC-THEORETICAL JOURNAL

УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ
CONTROLLING TECHNOLOGICAL PROCESSES IN CROP PRODUCTION

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ
ASSESSING PERFORMANCE EFFICIENCY OF GRAIN COMBINE HARVESTERS

МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБЛУЧАТЕЛЬНЫМИ УСТАНОВКАМИ
MICROPROCESSOR CONTROL SYSTEMS OF IRRADIATION INSTALLATIONS





ВИМ

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
ЦЕНТР



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: <http://elibrary.ru>

Охраняется законом РФ №5351-1
«Об авторском праве и смежных правах»
от 9 июля 1993 года. Контент распростра-
няется под лицензией Creative Commons
Attribution 4.0 License. Нарушение закона
будет преследоваться в судебном порядке.

НАД НОМЕРОМ РАБОТАЛИ:

Е.В. Прокопович,
В.В. Бижаев,
Р.М. Нурбагандова

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

<http://www.vimsmit.com>
e-mail: smit@vim.ru

© ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, 2018

Отпечатано в ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
Формат 205 x 290 мм
Подписано в печать 15.06.2018
Тираж 500 экз.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Андрей Юрьевич Измайлов

доктор технических наук, академик Российской академии наук, член Президиума Российской академии наук, директор Федерального научного агроинженерного центра ВИМ, Москва, Российская Федерация

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Виктор Валентинович Альт

доктор технических наук, профессор, академик Российской академии наук, заслуженный деятель науки Российской Федерации, академик НАН Монголии, руководитель научного направления Сибирского физи-ко-технического института аграрных проблем, г. Новосибирск, Российская Федерация

Христо Иванов Белоев

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

Михаил Никитиевич Ерохин

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

Юрий Анатольевич Иванов

доктор сельскохозяйственных наук, академик Российской академии наук, директор Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства, г. Подольск, Российская Федерация

Иван Михайлович Куликов

доктор экономических наук, профессор, академик Российской академии наук, директор Всероссийского селекционно-технологического института садоводства и питомниководства, Москва, Российская Федерация

Яков Петрович Лобачевский

доктор технических наук, профессор, член-корреспондент Российской академии наук, первый заместитель директора Федерального научного агроинженерного центра ВИМ, Москва, Российская Федерация

Юрий Федорович Лачуга

доктор технических наук, профессор, академик Российской академии наук, академик-секретарь Отделения сельскохозяйственных наук Российской академии наук, Москва, Российская Федерация

Антонин Махалек

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

Тадеуш Павловски

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

Владимир Дмитриевич Попов

доктор технических наук, профессор, академик Российской академии наук, руководитель научного направления Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства, Санкт-Петербург, Российская Федерация

Жарылкасын Сарсембекович Садыков

доктор технических наук, профессор, директор Научно-исследовательского института агроинженерных проблем и новых технологий Казахского национального агроуниверситета, г. Алматы, Республика Казахстан

Дмитрий Семенович Стребков

доктор технических наук, профессор, академик Российской академии наук, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Юлия Сергеевна Ценч

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

Вячеслав Иванович Черноиванов

доктор технических наук, профессор, академик Российской академии наук, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Сергей Григорьевич Яковчик

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



SCIENTIFIC-THEORETICAL
JOURNAL

The journal is registered by
Federal Agency for Supervision of
Legislation Observance of Mass
Communications Sphere and
Cultural Heritage Protection
Certificate ПИ No. ФС77-68608
from February, 3, 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

Protected by the Russian Federal
Law RF №5351-1 "On Copyright
and Related Rights" dated July 9,
1993. Content is distributed under
Creative Commons Attribution 4.0
License. Violations are subject to
prosecution.

EXECUTIVE EDITORS:

Prokopovich E.V.,
Bizhaev V.V.,
Nurbagandova R.M.

EDITORIAL OFFICE'S ADDRESS

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

<http://www.vimsmit.com>
e-mail: smit@vim.ru

Printed by FSAC VIM
Russian Academy of Science

The format is 205 × 290 mm
The issue was submitted 15.06.2018
The circulation is 500 copies

[SEL'SKOKHOZYAYSTVENNYE MASHINY I TEKHNologii]

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

EDITOR-IN-CHIEF

Andrey Yu. Izmaylov

Dr. Sc. (Eng.), Academician of the Russian Academy of Sciences, Academic Board Member of the Russian Academy of Sciences, Director of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

EDITORIAL BOARD

Viktor V. Al't

Dr. Sc. (Eng.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honoured Scientist of Russian Federation, Academician of NAS of Mongolia, Head of Scientific Division of Siberian Institute of Physics and Technology of Agrarian Problems, Novosibirsk, Russian Federation

Khristo. I. Beloev

Dr. Sc. (Eng.), Professor, Corresponding Member of the Bulgarian Academy of Sciences, University of Ruse, Republic of Bulgaria

Mikhail N. Erokhin

Dr. Sc. (Eng.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Yuriy A. Ivanov

Dr. Sc. (Agr.), Academician of the Russian Academy of Sciences; Director of the All-Russian Scientific and Research Institute of Livestock Mechanization, Podolsk, Russian Federation

Ivan M. Kulikov

Dr. Sc. (Econ.), Professor, Member of the Russian Academy of Sciences, Director of the All-Russian Horticultural Institute for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Moscow, Russian Federation

Yakov P. Lobachevskiy

Dr. Sc. (Eng.), Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, First Deputy Director of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Yuriy F. Lachuga

Dr. Sc. (Eng.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Academician Secretary of Department of Agricultural Sciences at the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

Antonin Makhalek

Dr. Sc. (Eng.), Director of the Agricultural Machinery Research Institute, Prague, Czech Republic

Tadeush Pavlovsky

Dr. Sc. (Eng.), Professor, Director of the Industrial Institute of Agricultural Machines, Poznan, Poland

Vladimir D. Popov

Dr. Sc. (Eng.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Head of the Research Direction of the Institute of Agroengineering and Environmental Problems of Agricultural Production, St. Peterburg, Russian Federation

Zharylkasyn S. Sadykov

Dr. Sc. (Eng.), Professor, Director of Research Institute of Agroengineering Problems and New Technologies, Kazakh National Agrarian University, Almaty, Republic of Kazakhstan

Dmitriy S. Strebkov

Dr. Sc. (Eng.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Yulia S. Tsench

PhD (Ped.), Associate Professor, Head of Publishing Activity, Education and Technical information Department of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Vyacheslav I. Chernoiyanov

Dr. Sc. (Eng.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Sergey G. Yakovchik

PhD (Agri.), General Director of the Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Agricultural Mechanization, Minsk, Republic of Belarus

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

- Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Хорошенков В.К., Смирнов И.Г., Гончаров Н.Т., Лужнова Е.С.**
 Оптимизация управления технологическими процессами в растениеводстве.4

ТЕХНИКА ДЛЯ РАСТЕНИЕВОДСТВА

- Черников В.Г., Романенко В.Ю.**
 Определение связи лент льнотресты со стлищем при подборе их пальцами подбирающего аппарата12

ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

- Астафьев В.Л., Жалнин Э.В.**
 Оценка эффективности зерноуборочных комбайнов различных классов в условиях Северного Казахстана17

ПРЕДПОСЕВНАЯ ОБРАБОТКА СЕМЯН

- Кубеев Е.И., Антропов Б.С.**
 Декомпозиция технологических процессов для оценки эффективности функционирования поточной линии по предпосевной обработке семян22

ТЕХНИКА ДЛЯ ОВОЩЕВОДСТВА

- Сибирев А.В., Аксенов А.Г., Дорохов А.С.**
 Уточненный расчет сепарирующей поверхности машины для уборки лука.28

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

- Кондратьева Н.П., Корепанов Р.И., Ильясов И.Р., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г., Сомова Е.Н., Маркова М.Г.**
 Эффективность микропроцессорной системы автоматического управления работой светодиодных облучательных установок32

ТЕХНИКА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

- Сыромятников Ю.Н.**
 Показатели качества работы почвообрабатывающей рыхлительно-сепарирующей машины38

ИСТОРИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ

- Несмиян А.Ю., Ценч Ю.С.**
 Тенденции и перспективы развития отечественной техники для посева зерновых культур45

INFORMATION TECHNOLOGIES

- Izmailov A.Yu., Lobachevsky Ya.P., Khoroshenkov V.K., Smirnov I.G., Goncharov N.T., Luzhnova Ye.S.**
 Optimization of technological process management in plant growing4

MACHINERY FOR PLANT GROWING

- Chernikov V.G., Romanenko V.Yu.**
 Determination of the bonding force between the rettery and flax swaths in their picking up by pick-up device fingers12

PROBLEMS AND DECISIONS

- Astafyev V.L., Zhalnin E.V.**
 Efficiency evaluation of grain harvesters of different types under North Kazakhstan conditions17

PRESOWING TREATMENT OF SEEDS

- Kubeev E.I., Antropov B.S.**
 Decomposition of technological processes for evaluating the performance of production line for the presowing treatment of seeds22

MACHINERY FOR VEGETABLE GROWING

- Sibirev A.V., Aksenov A.G., Dorokhov A.S.**
 Proximate design of onion harvester separating surface28

NEW TECHNICS AND TECHNOLOGIES

- Kondratieva N.P., Korepanov R.I., Ilyasov I.R., Bolshin R.G., Krasnolutskaya M.G., Somova E.N., Markova M.G.**
 The efficiency of automated control microprocessor systems for the LED irradiation installations32

MACHINERY FOR SOIL

- Syromyatnikov Yu.N.**
 Qualitative performance indicators of a ripping-and-separating machine for soil cultivation38

HISTORY OF SCIENCE AND ENGINEERING

- Nesmiyan A.Yu., Tsench Yu.S.**
 Tendencies and prospects for the development of domestic machinery for sowing grain crops.45

Оптимизация управления технологическими процессами в растениеводстве

Андрей Юрьевич Измайлов,
доктор технических наук,
академик Российской академии наук, директор;
Яков Петрович Лобачевский, доктор технических наук,
член-корреспондент Российской академии наук,
главный научный сотрудник;
Вячеслав Кузьмич Хорошенков,
кандидат технических наук, заведующий

лабораторией. e-mail; vim-avt@rambler.ru;
Игорь Геннадьевич Смирнов,
кандидат сельскохозяйственных наук,
ведущий научный сотрудник;
Николай Тимофеевич Гончаров,
старший научный сотрудник;
Елена Самуиловна Лужнова,
научный сотрудник

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

На современном этапе развития производства сельскохозяйственные предприятия сталкиваются с постоянным давлением со стороны рынка. (*Цель исследований*) Оптимизация управления сельскохозяйственным производством путем внедрения новейших технологий, снижения расходов и более эффективного управления. (*Материалы и методы*) Создание централизованной унифицированной автоматизированной информационной системы управления мобильными агрегатами и стационарными процессами сводится к следующим аспектам: автоматизация технологического процесса с увязкой определения местоположения любого мобильного агрегата на поле (машинно-тракторного агрегата, комбайна, транспортного средства или стационарного объекта) передача интегрированных технологических параметров на сервер диспетчерского центра, преобразование этих параметров в форму удобную для предоставления технологу, агроному, руководящему звену предприятия; передача управляющих команд по корректировке технологического процесса исполнителям. (*Результаты и обсуждение*) Разрабатываемые системы земледелия нового поколения направлены на обеспечение уровня продуктивности агроценозов с высоким коэффициентом полезного действия вложенных средств и использования ландшафтного потенциала. Продуктивность растений зависит прежде всего от обеспеченности почв элементами минерального питания с оптимальным их соотношением на каждом элементарном участке обрабатываемого поля, а также от мероприятий по защите растений. (*Выводы*) Повышение производства и снижение себестоимости сельхозпродукции не могут быть осуществлены без внедрения новейших информационных автоматизированных систем управления производственными процессами на базе сетевых технологий сбора, накопления, анализа и выработки оптимальных управленческих решений. Большое значение в сельскохозяйственном производстве придается степени машиноиспользования, а также ритмичности и согласованности производственных процессов.

Ключевые слова: средства автоматизации, роботизация и информатизация, цифровые технологии, технологические процессы в полеводстве, сельскохозяйственные агрегаты.

■ **Для цитирования:** Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Хорошенков В.К., Смирнов И.Г., Гончаров Н.Т., Лужнова Е.С. Оптимизация управления технологическими процессами в растениеводстве // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. Т. 12. 3. С. 4-11. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-3-4-11

Optimization of Technological Process Management in Plant Growing

Andrey Yu. Izmailov, Dr.Sc. (Eng), Member of the Russian Academy of Sciences, Director;
Yakov P. Lobachevsky, Dr.Sc. (Eng), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher;

Vyacheslav K. Khoroshenkov,
PhD (Eng), Head of the Laboratory;
Igor G. Smirnov, PhD (Agri), Leading Researcher;
Nikolai T. Goncharov, Senior Research Engineer;
Yelena S. Luzhnova, Research Engineer

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation. e-mail; vim-avt@rambler.ru

Abstract. At the current development stage of agricultural production, agricultural enterprises are faced with precedent pressure from the market. (*Research of purpose*) Optimize the control parameters of agricultural production by introducing



the latest technologies, reducing costs and ensuring more efficient production management. (*Materials and methods*) The elaboration of a centralized unified automated information management system for mobile units and stationary processes incorporates the following components: Automation of the technological process with the possibility of locating every mobile machine, tractor, combiner harvester, any other vehicle, or fixed object in the field; Transferring integrated process parameters to the dispatch center server, transforming these parameters into a convenient form for technologists, agronomists, and managerial staff; Transferring control commands to adjust the process by its performers (operators). (*Results and discussion*) The authors have developed agricultural production systems of a new generation to ensure the productivity level of agrocenoses with high efficiency of invested funds and the use of landscape capacity. The basic prerequisite here is that the productivity of plants depends, first of all, on the soil content of mineral nutrients with their optimum ratio in each elementary field section, as well as a set of crop protection measures. (*Conclusions*) Increased production and cost reduction cannot be achieved without the introduction of the latest information-based automated control systems for production processes based on network technologies for gathering, collecting, analyzing relevant data and developing optimal management decisions. Especially important in agricultural production is the intensity rate of machinery utilization, as well as the line balance and consistency of manufacturing processes.

Keywords: means of automation, robotization and informatization, digital technologies, technological processes in field crop cultivation, agricultural machinery units.

For citation: Izmailov A.Yu., Lobachevsky Ya.P., Khoroshenkov V.K., Smirnov I.G., Goncharov N.T., Luzhnova Ye.S. Optimization of technological process management in plant growing. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tehnologii*. 2018. 12(1): 4-11. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-3-4-11. (In Russian)

Сельскохозяйственное производство характеризуется широким спектром технологических операций и технологических средств по выполнению полевых работ [1]. Для оптимизации управления производством необходимо разработать алгоритмы микропроцессорной многомерной унифицированной системы, которую можно было бы максимально использовать как на мобильных средствах, так и на стационарных пунктах послеуборочной обработки и хранения сельскохозяйственной продукции [2].

В аппаратно-программном комплексе нет разницы в обслуживании мобильных или стационарных объектов. Все сводится к обработке аналоговой, дискретной или частотной информации от соответствующих датчиков, передаче управляющих команд на исполняющие устройства, и передаче интегрированных показателей технологического процесса на сервер диспетчерского центра для дальнейшей обработки и архивации.

Цель исследований – оптимизация управления сельскохозяйственным производством путем внедрения новейших технологий, снижения расходов и более эффективного управления.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Создание централизованной унифицированной автоматизированной информационной системы управления мобильными агрегатами и стационарными процессами сводится к следующим аспектам:

- автоматизация технологического процесса с увязкой определения местоположения мобильного агрегата на поле: будет ли это машинно-тракторный агрегат, комбайн, транспортное средство или стационарный объект;
- передача интегрированных технологических

параметров на сервер диспетчерского центра, преобразование этих параметров в форму, удобную для предоставления информации технологу, агроному, руководящему звену предприятия;

- передача управляющих команд по корректировке технологического процесса исполнителям.

Такая система управления позволяет совершенствовать организационную модель предприятия, структуру производственных и управленческих подразделений, функцию обработки информации, выработку управленческих решений, доведение их до исполнителей, что в итоге повышает эффективность технологических процессов за счет ритмичности работы, оптимальной загруженности производственных мощностей, быстрого устранения аварийных ситуаций агрегатов, машин и отдельных процессов, протекающих при выполнении технологических операций.

На *рис. 1* представлена блок-схема автоматизированных технологий производства зерновых, технических овощных культур и картофеля.

В настоящее время в сельскохозяйственном производстве резко возросли требования к гибкости производства и к оперативности принятия управленческих решений, что в свою очередь обуславливает необходимость интеллектуализации и информатизации процессов управления [3]. А для этого необходимо решать следующие задачи:

- мониторинг всех технологических процессов сельскохозяйственного производства;
- поддержка принятия управленческих решений на базе математического моделирования и использования информационно-аналитических систем;
- экспертная оценка принимаемых решений и их оптимизация.

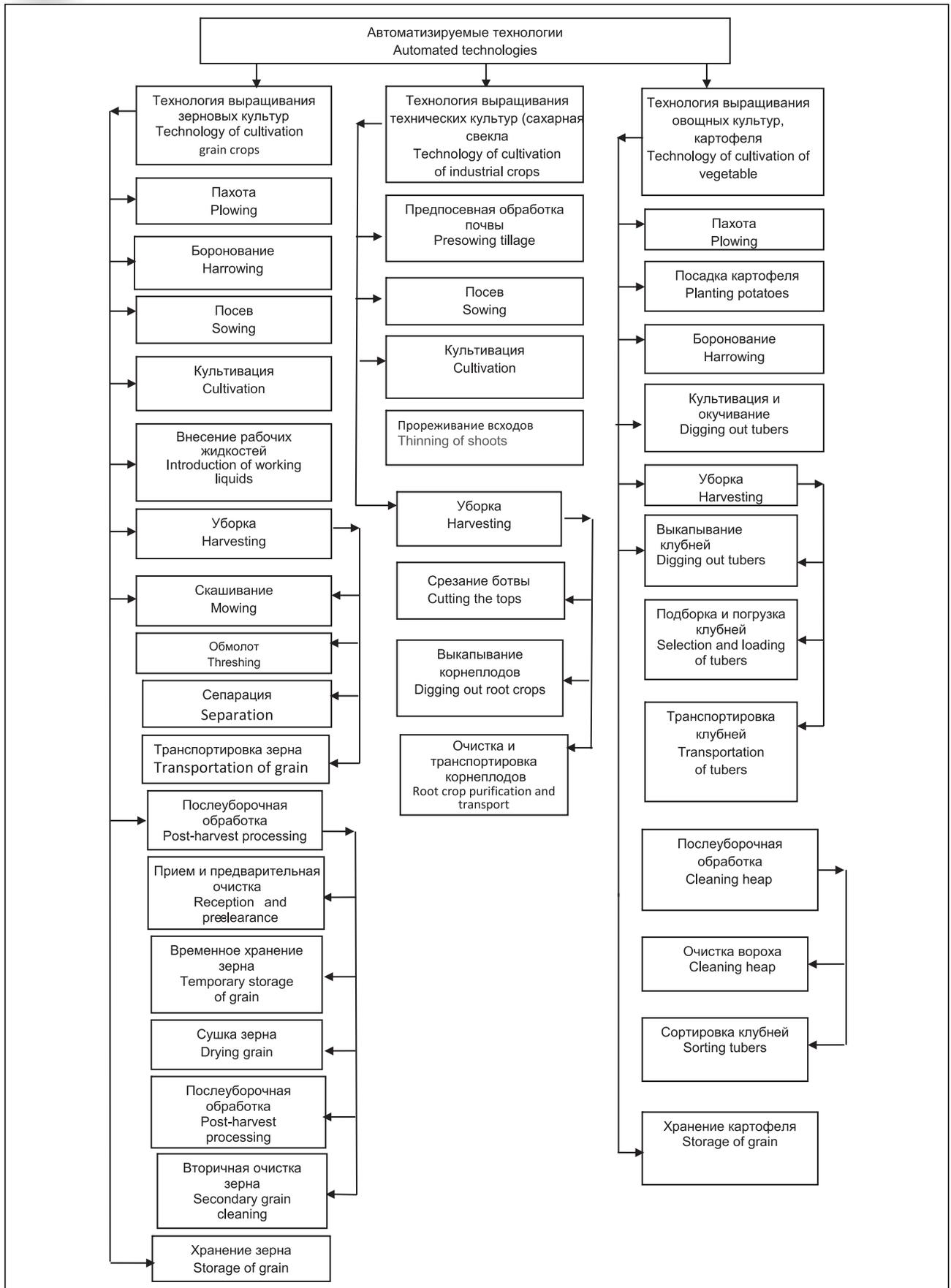


Рис.1. Блок-схема автоматизированных технологий в растениеводстве

Fig. 1. Block diagram of automated technologies in plant growing



Сбор и анализ поступающей информации обо всех технологических процессах сельскохозяйственного производства в реальном времени, выявление узких мест производства, аварийных ситуаций, непроизводительных простоев оборудования и мобильных средств должны базироваться на использовании цифровых технологий, мехатроники, на разработке оптимальных алгоритмов высокоскоростных потоков информации и их математического обеспечения с учетом быстроразвивающихся микропроцессорных средств [4].

Системные аппаратные и программные средства современных автоматизированных систем позволяют создавать условия для решения самых разнообразных проблем – организационных, технических, финансовых, психологических, в том числе и экономических, и предоставлять оперативную и достоверную информацию о состоянии производства, необходимую для автоматической генерации ключевых показателей и принятия оптимальных управленческих решений.

Аппаратные и программные средства, выпускаемые отечественной промышленностью и зарубежными фирмами для систем автоматизации, объединяют в своем составе:

- программируемые контроллеры;
- системы комплексного управления;
- станции распределенного ввода-вывода;
- модульное программное обеспечение;
- устройства и системы человеко-машинного интерфейса;
- компоненты различной связи;
- Web-технологии;
- системы управления непрерывными процессами;
- системы регулирования и управления приводами;
- системы так называемого машинного зрения.

В этой связи чрезвычайно важное значение приобретает разработка математических моделей и алгоритмического обеспечения, адекватно отражающих такие технологические процессы, как обработка почвы, посев, внесение удобрений, уборка урожая, послеуборочная обработка и хранение сельхозпродукции [5].

Применение математического аппарата в решении задачи оптимизации управления сельскохозяйственного производства сводится к поиску экстремума целевого функционала по заданному критерию эффективности всего предприятия.

Включение искусственного интеллекта в состав управляющего звена позволяет перейти к управлению объектом (почва, растение, машина, технологии) не по отклонению какого-либо из параметров или группы параметров от принятой нормы, а в соответствии с функцией назначения объекта управления и ограничениями, накладываемыми экологическими

требованиями, сезонным характером работ, характером воздействия внешних факторов [6, 7].

Вместе с базой данных (БД), полученной из множества источников различных систем, информация накапливается и консолидируется в едином хранилище данных, создавая интегрированную информационную среду для решения широкого спектра задач, включая расчет ключевых показателей, позволяющих осуществлять анализ производственных и технологических ситуаций.

Комплексный системный анализ производственных и технологических ситуаций в сельскохозяйственном производстве включает:

- определение информационных требований пользователей, то есть выявление формы, в которой информация должна быть предоставлена агроному, зоотехнику, инженеру, механику, оператору;
- определение неизвестных факторов влияния на производственный процесс;
- выработку рекомендаций по оптимальному управлению производственными процессорами и ликвидации простоев оборудования;
- визуализацию результатов анализа хозяйственной деятельности сельхозпредприятий, подготовку отчетов по производству и реализации продукции.

Комплексная автоматизированная информационная система управления всеми технологическими процессами в сельскохозяйственном производстве должна решать следующие задачи:

- прием технологических данных при проведении полевых работ, при послеуборочной обработке и хранении сельхозпродукции;
- передача технологических данных в производственно-диспетчерскую службу, а также их сбор и хранение в централизованной базе данных;
- передача управляющих команд с вышестоящих уровней общей системы управления на нижестоящий уровень;
- занесение в архив в общедоступном формате данных обо всех показателях;
- формирование отчетов и сводок.

Информационная увязка технологических и технических средств позволяет обеспечить максимальное машиноиспользование энергетических и транспортных средств, а также машин общего назначения.

Для решения такой задачи необходима разработка и создание базы данных, состоящей из следующих разделов и подсистем:

1. *Нормативно-справочная и инфраструктурная подсистема* (администраторы системы) подразумевающая ведение нормативной информации по:
 - паспортизация полей в оцифрованном виде;
 - сельхозкультурам, включая различные сорта, стадии их развития (жизненный цикл) и оптимальные сроки;
 - севообороту;

- типам удобрений, средствам защиты растений, СЗР;
- типам почв;
- инфраструктуре агрофирмы: отделения, дороги, постоянные хранилища, склады ГСМ, машинные парки, ремонтные мастерские, рациональные пути, соединяющие пары объектов;
- типам используемых тракторов, транспортных средств, комбайнов, погрузчиков, навесных орудий, по регламентам ТО;

- сельхозработам и сельхозоперациям,
- а также паспортизация полей в цифровом виде.

2. Подсистема сбора первичной информации об объекте управления (администратор системы, диспетчер) – сбор и обработка первичной информации:

- автоматически снимаемой с датчиков мобильных объектов;
- снимаемой с объекта управления вручную;
- получаемой с помощью анализа проб и аппаратуры;

- а также срочная доставка сообщений о непредвиденных событиях лицам, принимающим решения (автоматическая доставка диспетчерам и руководству предприятия).

3. Подсистема планирования работ растениеводства и соответствующего им ресурсного обеспечения (планировщики-агрономы, механики, снабженцы) – планирование:

- использования полей под выращивание сельхозпродукции;

- годового выполнения плана сельхозработ для каждого поля и всех стадий проведения агрокомпании;

- использования операций для выполнения сельхозработ по каждому полю и всем стадиям проведения агрокомпании;

- потребностей в машинных ресурсах для выполнения сельхозработ с разделением по типам машин и срокам их задействования;

- потребности в удобрениях, СЗР, ГСМ, сроков их закупки и транспортировки в хранилища;

- оценка требуемых объемов использования собственных машинных ресурсов, семян, удобрений, СЗР, ГСМ на посев, выращивание сельхозкультуры, уборку урожая;

- а также составление оперативного исполнительного плана выполнения работ с привязкой к полям и с учетом планируемых операций;

- формирование нарядов на использование техники и накладных для получения семян, удобрений, СЗР, ГСМ, запчастей;

- корректировка исполнительного плана выполнения работ (с учетом информации о состоянии почв, посевах, объемах выполненных работ) для поля в условиях посевной кампании;

- комплекс задач по планированию перевозок урожая.

4. Подсистема оперативного диспетчерского

управления работами и операциями растениеводства и соответствующим им ресурсным обеспечением (диспетчеры-агрономы):

- мониторинг качества выполнения сельхозопераций и возможностей их выполнения;

- выработка вариантов решений (реакций) на непредвиденные события (в том числе и корректировка исполнительного плана).

5. Подсистема оценки состояния объектов управления – оценка:

- почвы;

- посевов в поле;

- объемов выполнения работ, включая сельскохозяйственные работы и работы по восстановлению ресурсов;

- текущих запасов ресурсов (удобрения, семена, СЗР, ГСМ, техника, свободные объемы хранилищ, персонал);

- потерь при хранении сельхозпродукции;

- технической базы стационарных объектов.

Принципы контроля и управления многомерной унифицированной автоматизированной системой включают способы оценки состояния технологического процесса как объекта контроля и управления, принятие решения о соответствии этого управления установленным требованиям.

Для реализации этих принципов необходимы алгоритмы контроля и управления. В основу таких алгоритмов следует положить зависимости, связывающие статистику показателей эффективности функционирования технологических процессов с допусками и с вероятностями их сохранения или превышения [8]. Сельскохозяйственные агрегаты и их комплексы работают в условиях изменяющихся внешних воздействий [9]. Главные из них, кроме климатических факторов, – физико-механические свойства почвы (влажность, плотность, гранулометрический состав); рельеф, дорожные условия, определяющие затраты энергии на передвижение агрегата и обработку почвы; свойства растений (урожайность и др.), влияющие на энергозатраты и качество работы машин; изменение массы агрегата и его технического состояния во время выполнения технологического процесса. Функционирование агрегата обычно рассматривают как реакцию на входные возмущающие и управляющие воздействия. На рис. 2 представлена обобщенная структурная схема пахотного агрегата, представляющего собой один из объектов полеводческого подразделения.

К математической модели объекта автоматического регулирования загрузки двигателя трактора на схеме относятся передаточные функции по каналу управления – $W_{U1}(p)$, $W_{U2}(p)$, $W_{U3}(p)$, $W_{U4}(p)$, по каналу возмущения – $W_{F1}(p)$, по перекрестным связям внутри объекта – $W_{П1}(p)$, $W_{П2}(p)$, $W_{П3}(p)$, и между объектами – $W_{П4}(p)$ и $W_{П5}(p)$.

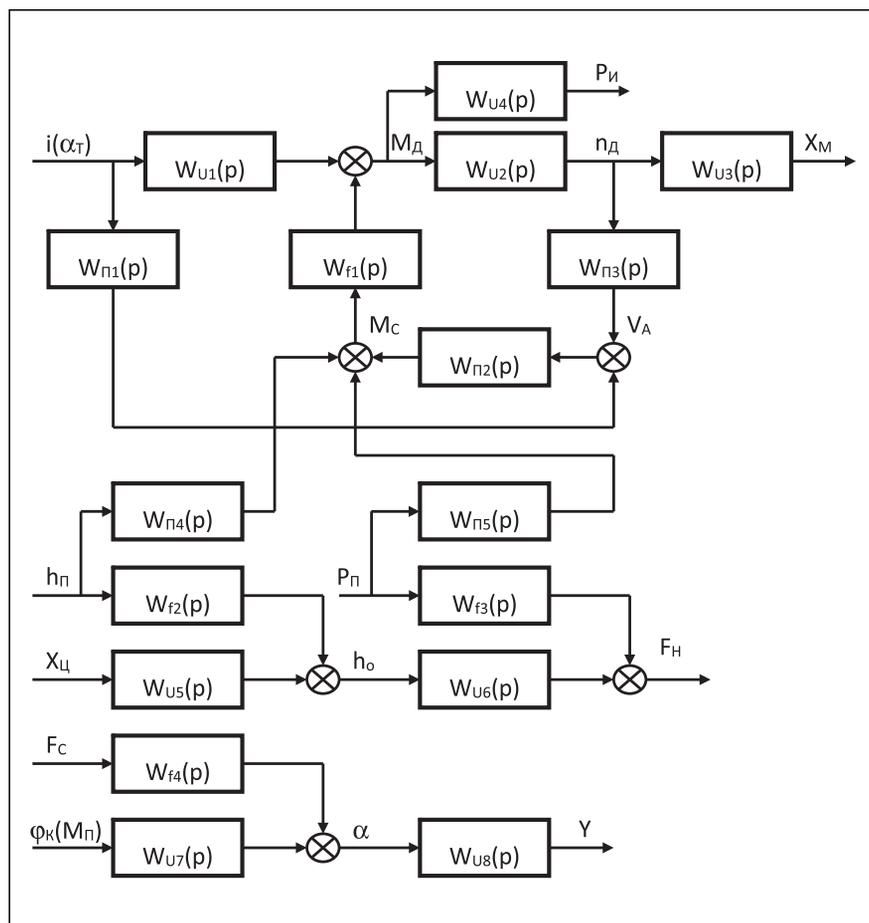


Рис. 2. Обобщенная структурная схема пахотного МТА как многомерного объекта автоматического регулирования

Fig. 2. Generalized structural scheme of ploughing MTA as a multidimensional object of automatic control

К математической модели объекта автоматического регулирования глубины обработки почвы на схеме относятся передаточные функции по каналу управления – $W_{U5}(p)$, $W_{U6}(p)$, по каналам возмущения – $W_{F2}(p)$, $W_{F3}(p)$, по перекрестным связям – $W_{П4}(p)$, $W_{П5}(p)$.

К математической модели объекта автоматического вождения МТА на схеме относятся передаточные функции по каналу управления – $W_{U7}(p)$, $W_{U8}(p)$ и передаточная функция по каналу возмущения – $W_{F4}(p)$.

Модель функционирования агрегата (контроль и автоматизация работы) представляет в виде системы, на входе которой действуют векторные функции условий работы $X=[x_1(t), \dots, x_n(t)]$, управления $U=[u_1(t), \dots, u_m(t)]$ и внутренних связей $\Phi = [\varphi_1(t), \dots, \varphi_l(t)]$. Это значит, что на агрегат действуют n возмущающих, m управляющих и l внутренних воздействий.

Выходные переменные образуют векторную k -мерную функцию $Y=[y_1(t), \dots, y_k(t)]$, определяющую технологические, энергетические, эксплуатационные и другие показатели работы при заданных векторах X , U и Φ . Число составляющих n , m , l и k век-

торов зависит от типа агрегата и степени учета условий работы [10].

Для оперативного контроля эффективности функционирования технологического процесса, определяемого реализацией $y(t)$ на конкретном периоде T , необходимо непрерывно иметь информацию о реализации $y(t)$, находить статистику этой реализации и сравнивать ее с допусками при заданных допуске Δy и вероятности $P_{\Delta y}$.

Такой алгоритм контроля эффективности функционирования технологического процесса аппаратно реализовать весьма сложно, так как в процессе контроля нужно формировать среднее значение реализации $y(t)$, с которым следует сравнивать текущее значение параметра контроля. Целесообразнее использовать в качестве базы отсчета отклонение ординат реализации не среднее значение m_y реализации $y(t)$, а настроечное (номинальное) значение y_n . При заданном допуске Δy_n на отклонение $y(t)$ показатели от настроечного значения y_n и обобщенная оценка $P_{\Delta n}$ аппаратно реализуются

довольно просто, поскольку значения ординат реализации $y(t)$ непосредственно сравниваются с y_n . За определенный период контроля T в измерительном блоке за счет математического ожидаемого m_y формируются оценки:

$$P_{\Delta n}^+ = T_{\Delta n}^+ / T; P_{\Delta n}^- = T_{\Delta n}^- / T; P_{\Delta n} = P_{\Delta n}^+ + P_{\Delta n}^-$$

где $P_{\Delta n}$ – общая оценка вероятности нахождения реализации $y(t)$ в поле допуска.

Разработан также алгоритм вывода информации при обработке почвы и по другим технологическим операциям посева, при внесении жидких комплексных удобрений (ЖКУ) и СЗР, по функционированию мобильного сельскохозяйственного агрегата.

На рис. 3 представлен алгоритм управления зерноочистительной машиной.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Разрабатываемые системы земледелия нового поколения направлены на обеспечение уровня продуктивности агроценозов с высоким коэффициентом полезного действия вложенных средств и использования ландшафтного потенциала, при этом продуктивность растений зави-

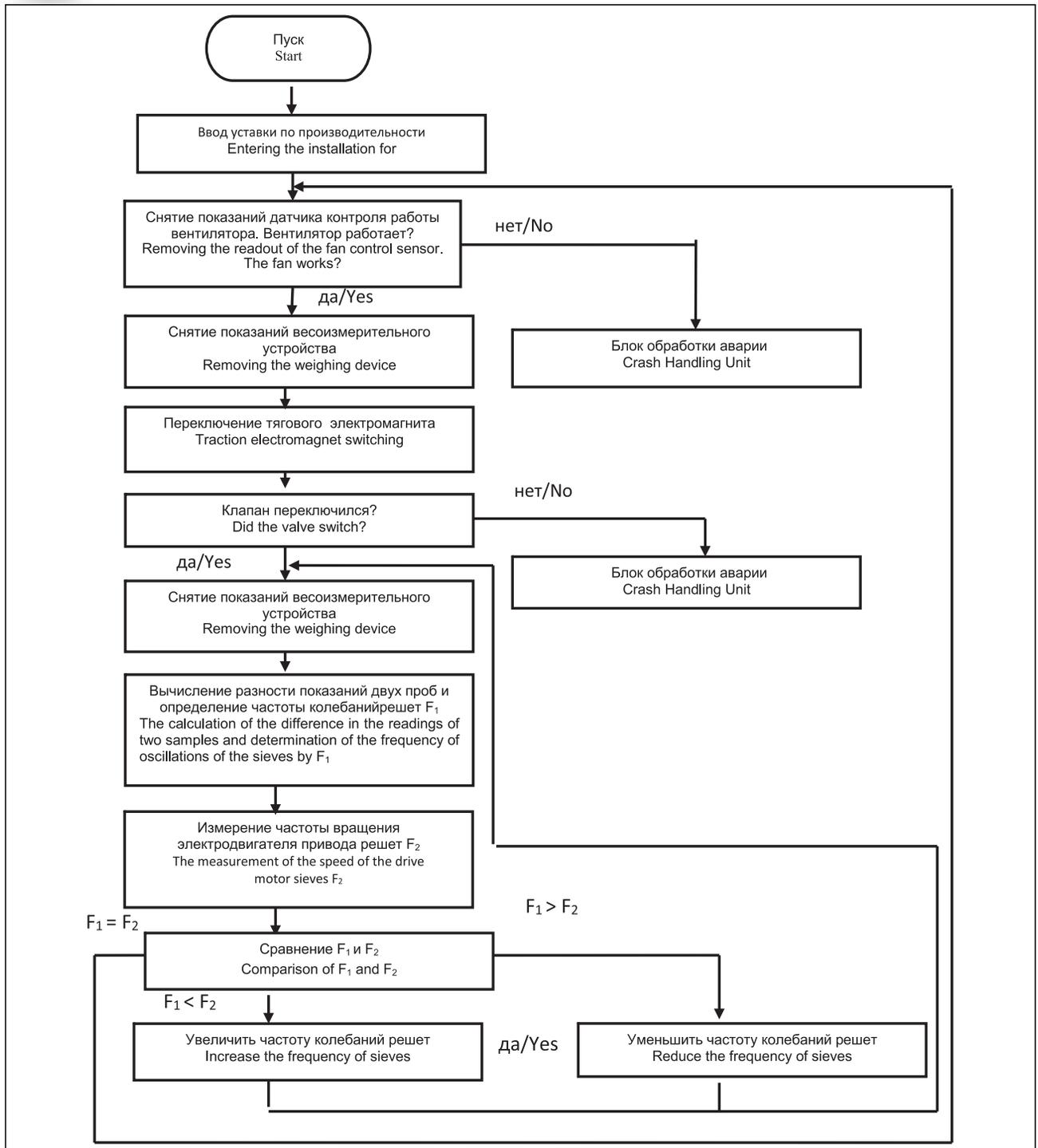


Рис. 3. Алгоритм программы автоматического контроля и регулирования работы зерноочистительной машины
 Fig. 3. Program algorithm for automatic control and regulation of a grain cleaning machine

сит, прежде всего, от обеспеченности почвы элементами минерального питания с оптимальным их соотношением на каждом элементарном участке обрабатываемого поля, а также от мероприятий по защите растений [10].

Выводы

Интенсификация производства и снижение себестоимости сельхозпродукции не могут быть осуществлены без внедрения новейших информаци-

онных автоматизированных систем управления производственными процессами на базе сетевых технологий сбора, накопления анализа и выработки оптимальных управленческих решений.

Акцент на количественном анализе производственной ситуации позволяет перенести центр тяжести процедуры выработки проекта решения с логико-интуитивных методов на глубоко формализованную базу вычислительной техники.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П. Система машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства на период до 2020 года // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2013. N 6. С. 6-10.
2. Kargar AHB Automatic weed detection system and smart herbicide sprayer robot for corn fields. / Kargar AHB, Shrizadifar AM// RSI/ISM Int Conf on Robotics and Mechatronics; February. 2013. 13-15.
3. Измайлов А.Ю., Хорошенков В.К., Колесникова В.А., Алексеев И.С., Лонин С.Э., Гончаров Н.Т. Средства автоматизации для управления сельскохозяйственной техникой // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2017. N3. С. 3-9.
4. Jensen K. A low cost, modular robotics tool carrier for precision agriculture research. / Jensen K, Nielsen S.H., Jorgensen R.N., Bogild A., Jacobsen N.J., Jorgensen O.J., Hansen C.L.J. // Proc Int Conf on Precision Agriculture; July – 2012.
5. Krishnaswamy R. Aravind, Purushothaman Raja and Manuel Pérez-Ruiz Task-based agricultural mobile robots

- in arable farming: A review / *Spanish journal of agricultural research*. 15(1): March 2017. 3-16.
6. Grimstad L. Initial field-testing of Thorvald, a versatile robotic platform for agricultural applications / Grimstad L., Phan HNT, Pham CD, Bjugstad N, From PJ// Proc of the IROS Workshop on Agri-Food Robotics. October 2015. 23-29.
7. Устойчивая оптимизация сельскохозяйственного производства Basil Manos, Parthena Chatzinikolaou, Fedra Kiomourtzi ICESD 2013: January 19-20. Dubai, UAE.
8. Измайлов А.Ю., Хорошенков В.К. Автоматизированная система управления посевом и внесением удобрений // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2011. N4. С. 9-12.
9. Елизаров В.П., Антышев Н.М., Бейлис В.М. Шевцов В.Г. Исходные требования на технологические операции в растениеводстве // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2011. N1. С. 11-14.
10. Хорошенков В.К., Гончаров Н.Т., Лужнова Е.С., Мальцев Н.В. Автоматизация управления машинно-тракторным агрегатом с использованием навигационных систем // *Техника в сельском хозяйстве*. 2010. N 3. С. 19-23.

REFERENCES

1. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P. Sistema mashin i tekhnologiy dlya kompleksnoy mekhanizatsii i avtomatizatsii sel'skokhozyaystvennogo proiz-vodstva na period do 2020 goda [The system of machines and technologies for integrated mechanization and automation of agricultural production for the period up to 2020] // *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2013. N 6: 6-10. (In Russian)
2. Kargar AHB Automatic weed detection system and smart herbicide sprayer robot for corn fields. / Kargar AHB, Shrizadifar AM// RSI/ISM Int Conf on Robotics and Mechatronics; February. pp: 13-15. 2013.
3. Izmaylov A.Yu., Khoroshenkov V.K., Kolesnikova V.A., Alekseyev I.S., Lonin S.E., Goncharov N.T. Sredstva avtomatizatsii dlya upravleniya sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Means of automation for controlling agricultural machinery] // *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2017. N3: 3-9. (In Russian)
4. Jensen K. A low cost, modular robotics tool carrier for precision agriculture research. / Jensen K., Nielsen S.H., Jorgensen R.N., Bogild A., Jacobsen N.J., Jorgensen O.J., Hansen C.L.J. // Proc Int Conf on Precision Agriculture; July – 2012.
5. Krishnaswamy R. Aravind, Purushothaman Raja and Manuel Pérez-Ruiz Task-based agricultural mobile robots in arable farming: A review / *Spanish journal of agricultural*

- research*. 15(1): March 2017. 3-16.
6. Grimstad L. Initial field-testing of Thorvald, a versatile robotic platform for agricultural applications. / Grimstad L., Phan HNT, Pham CD, Bjugstad N, From PJ// Proc of the IROS Workshop on Agri-Food Robotics. October 2015. 23-29.
7. Ustoychivaya optimizatsiya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva [Sustainable optimization of agricultural production] Basil Manos, Parthena Chatzinikolaou, Fedra Kiomourtzi ICESD 2013: January 19-20. Dubai, UAE.
8. Izmaylov A.Yu., Khoroshenkov V.K. Avtomatizirovannaya sistema upravleniya posevom i vneseniyem udobreniy // *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2011. N4: 9-12. (In Russian)
9. Yelizarov V.P., Antyshev N.M., Beylis V.M. Shevtsov V.G. Iskhodnyye trebovaniya na tekhnologicheskiye operatsii v rasteniyevodstve [Initial requirements for technological operations in plant cultivation] // *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2011. N1: 11-14. (In Russian)
10. Khoroshenkov V.K., Goncharov N.T., Luzhnova Ye.S., Mal'tsev N.V. Avtomatizatsiya upravleniya mashinno-traktornym agregatom s ispol'zovaniyem navigatsionnykh sistem [Automation of the control of a machine-tractor unit with the use of navigation systems] // *Tekhnika v sel'skom khozyaystve*. 2010. N3: 19-23. (In Russian)

Статья поступила в редакцию 03.04.2018

Статья принята к публикации 27.04.2018

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Определение связи лент льнотресты со стлищем при подборе их пальцами подбирающего аппарата

Виктор Григорьевич Черников,
доктор технических наук, профессор,
член-корреспондент Российской академии наук,
главный научный сотрудник;

Владислав Юрьевич Романенко,
кандидат технических наук, заведующий
лабораторией, e-mail: v.romanenko@vniiml.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт механизации льноводства, г. Тверь, Российская Федерация

Качество льнотресты во многом зависит от выбора способа получения тресты. В настоящее время лучшим и широко распространенным способом получения тресты считается росная мочка. Стебли льна укладывают тонким слоем на лугу (стлище), на поле из-под клевера (клеверище) или на участке, где их выращивали (льнище). В процессе вылежки лента прорастает при температуре 18 градусов Цельсия и влажности воздуха 50-60 процентов. При ее подъеме необходимо приложить определенное усилие чтобы не повредить стебли. *(Цель исследования)* Определить величину сил связи стеблей тресты с льнищем или стлищем и коэффициенты сцепления стеблей. *(Материалы и методы)* Для регистрации и замера исследуемых сил, характера процесса подъема был создан прибор, который работал совместно с измерительной информационной системой ИП 264 (БС), а также разработана методика исследований. Данную систему подключили к мобильному компьютеру с установленным в нем программным обеспечением «Испытания». Одна из особенностей программы – возможность передачи данных в формате MS Excel для дальнейшего построения графиков. *(Результаты и обсуждение)* Показали, что характер изменения сил связи стеблей в процессе их подъема, а также величина максимальной силы связи зависят от степени прорастания лент травой и густоты травостоя. *(Выводы)* При подъеме проросшей ленты склонность к разрыву непрерывности ее поступления увеличивается и проявляется при таких значениях соотношения поступательной скорости подборщика и окружной скорости конца пальца подбирающего аппарата, когда относительное удлинение ленты при подъеме на пальцах больше величины относительного удлинения в месте отрыва ее от земли, а коэффициент сопротивления отрыву лент, разостланных на клеверище, больше коэффициента сопротивления отрыву лент, разостланных на льнище и лугу.

Ключевые слова: льнотреста, льнище, стебель льна, сила отрыва, коэффициент сопротивления.

Для цитирования: Черников В.Г., Романенко В.Ю. Определение связи лент льнотресты со стлищем при подборе их пальцами подбирающего аппарата // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. Т. 13. №3. С. 12-16. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-3-12-16

Determination of the Bonding Force Between the Rettery and Flax Swaths in Their Picking Up by Pick-Up Device Fingers

Viktor G. Chernikov, Dr.Sci.(Eng), Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher;

Vladislav Yu. Romanenko, Ph.D.(Eng), Head of Laboratory

All-Russian Research Institute for Flax Production (VNIIML), Komsomolsky Ave., 17/56 Tver, 170041, Russian Federation, e-mail: v.romanenko@vniiml.ru

Abstract. The quality of flax products depends on the way of flax straw retting. Currently, the best and most widely used method of flax straw retting is way of dew retting. Flax stems are laid in a thin layer on the flax field where they were grown or on a clover or grass field. During the retting process, plants tend to grow through the flax swaths depending on the air temperature (starting from 18°C) and humidity (50-60%). Therefore, the flax straw picking up process should be done with certain efforts, however, without damaging the stems. *(Research purpose)* To determine the bonding forces of the flax straw with the rettery (a flax field or a grass field). *(Materials and methods)* The authors have designed an instrument to measure and register the considered forces as well as a general mechanism of the flax straw picking up process, which operates in

conjunction with the IP 264 (BS) measurement information system, and also developed a research methodology. This system is integrated with a laptop with the pre-installed «Testing» software. The system is adopted to use the MS Excel software to transfer data in MS Excel format for further plotting. (*Results and discussion*) It has been shown that the bonding forces of flax stems, their changing pattern, and the maximum value during the picking up process depend on the degree of penetration by grass plants into flax swaths and the grass plant density per square meter. (*Conclusions*) In process of picking up the grass-penetrated swaths, they show weak strength characteristics for transportation and an increased tendency to break the continuity of their picking up. The values of the ratio of the translational speed of a pick-up device and the rotary speed of a picking device fingertip can be greater than the value of the relative elongation at the point of pulling the swath away from the ground. The coefficient of strength to pick up the swaths from a clover reterry is higher than that of flax and grass reterries.

Keywords: Retted flax straw, Flax field, Flax stems, Bonding force, Coefficient of strength.

For citation: Chernikov V.G., Romanenko V.Yu. Determination of the bonding force between the reterry and flax swaths in their picking up by pick-up device fingers. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny iologii*. 2018. 12:(3): 12-16. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-3-12-16. (In Russian)

Уборка льна состоит из ряда последовательных операций: теребление стеблей, отделение семенных коробочек, расстил стеблей для вылежки, подбор их и прессование в крупные паковки, а также транспортирование паковок. Особое место среди перечисленных выше операций, в значительной мере определяющих качество продукции, занимает подбор стеблей и прессование их в крупные паковки [1]. Выход длинного волокна на льнозаводах во многом зависит от качества подбора тресты и ее состояния после подбора, то есть зависит от выбора способа получения тресты.

Наиболее широко распространен способ росной мочки. В настоящее время он считается наилучшим [2]. Стебли льна укладывают тонким слоем на лугу (стлище), на поле из-под клевера (клеверище), или на участке, где их выращивали (льнище). В процессе вылежки лента прорастает при температуре 18°C и влажности воздуха 50-60%. Поэтому при ее подъеме необходимо приложить определенное усилие, чтобы не повредить стебли.

Выбор величины окружной скорости концов пальцев подборщика, а также характер взаимодействия движущихся пальцев подборщика с поднимаемой лентой можно рассматривать только на основе достаточных данных о жесткости стеблей тресты и степени их связи с льнищем.

Для обеспечения чистоты подбора лент с льнища и выхода длинного волокна без потерь необходимо, чтобы лента поступала в подборщик без разрывов и сгуживания, а это зависит от выбора окружной скорости концов пальцев подбирающего аппарата, величины силы взаимодействия пальцев со стеблями [1-4].

Цель исследований – определить величину сил связи стеблей тресты с льнищем или стлищем и коэффициент сцепления стеблей.

Материалы и методы. Для регистрации и замера исследуемых сил, выявления отдельных фаз про-

цесса подъема ленты разработан прибор, функционирующий совместно с измерительной информационной системой ИП 264 (БС) (рис. 1).



Рис. 1. Общий вид измерительной системы ИП 264 подключенной к ноутбуку и модулю согласования МС-1

Fig. 1. General view of the testing system IP-264 connected to the laptop and the module of coordination MC-1

Система предназначена для научно-исследовательских целей, а также энергетической, эксплуатационно-технологической оценок машин и проведения тяговых испытаний тракторов. Она обеспечивает прием дискретных и аналоговых сигналов от первичных преобразователей любого типа. Прибор и принципиальная схема измерений приведены на рис. 2.

На рисунке 2 представлены силовое звено 1 и приборы, размещенные в передвижной измерительной системе ИП 264 (БС). Данная система была подключена мобильному компьютеру, с установленным в нем программным обеспечением «Испытания» с возможностью передачи данных в формате MS Excel для дальнейшего построения графиков.

Силовое звено представляет из себя упругую резиновую пластину прямоугольного сечения 30×40 мм с двумя наклеенными на него проволочным датчиками. Связь между силовым звеном, измерительной системой ИП 264 (БС) и ноутбуком осуществляется с помощью проводного соединения. Использовали переносной источник питания 12 В.

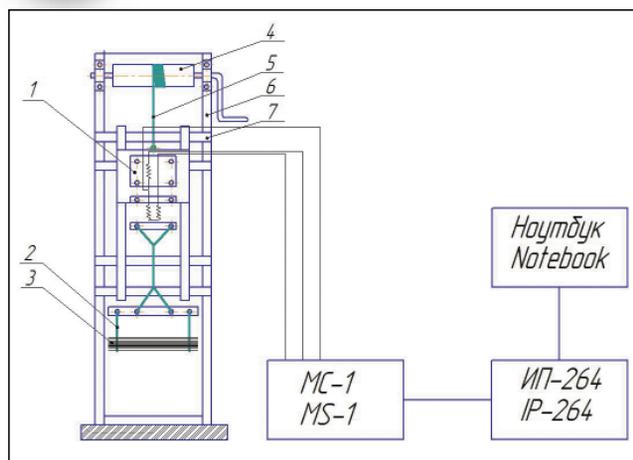


Рис. 2. Прибор и принципиальная схема для измерения сил связи лент льнотресты со стлещем

Fig. 2. The device and the basic scheme for the measuring of bonding forces of the flax stems swaths with the field

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Опыты проводили в Бежецком районе Тверской области. Прибор устанавливали вдоль разостланной ленты. Концы гибких тросиков 2 пропускали под ленту 3 так, чтобы не нарушалась связь между стеблями тресты и льнищем. При вращении барабаника 4 на него наматывался тросик 5, перемещая вверх по направляющим 6 салазки 7. Салазки увлекали за собой прикрепленную к ним резиновую пластину с наклеенными датчиками (силовое звено), которая через тросик и рейку была связана с поднимаемыми стеблями ленты тресты 3.

За счет сил связи стеблей тресты с льнищем резиновая пластина деформировалась, вместе с ней деформировались и наклеенные на ее поверхность рабочие датчики.

При деформации датчиков менялось их сопротивление, а, следовательно, мост выходил из состояния баланса: ток попадал в согласующий модуль МС-1, из него – в систему ИП 264 (БС), а далее сигнал поступал в ноутбук, который регистрировал усиления связи стеблей с льнищем.

Каждый из опытов имел десятикратную повторяемость на различных лентах и с разным количеством одновременно поднимаемых стеблей.

Предварительно была проведена тарировка силового звена путем деформирования его в условиях, сходных с рабочими. На рис. 3 показана нагрузочная характеристика силового звена.

На осциллограммах фиксировали: характер изменения сил связи стеблей в процессе их подъема, а также величину максимальной силы связи для определенного количества стеблей.

Если сравнить характер изменения кривых на осциллограммах разных опытов (с разным количеством стеблей), то нетрудно заметить, что независимо от количества стеблей кривые на осциллограм-

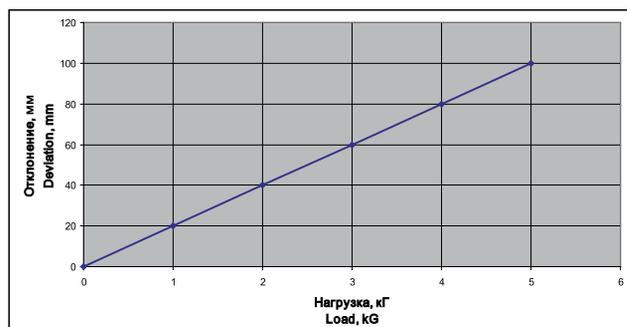


Рис. 3. Нагрузочная характеристика силового звена

Fig. 3. Load characteristic of the power link

мах по своей форме аналогичны и отличаются только величиной ординат. На каждой осциллограмме можно выделить три характерных участка (рис. 4).

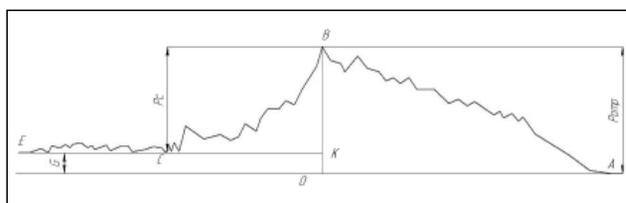


Рис. 4. Характеристика отдельных фаз отрыва ленты:

A – начало отрыва; B – максимальная сила отрыва ленты; C – конец отрыва

Fig. 4. Characteristics of the phases of a flax swath's detachment: A – beginning; B – maximum banding force; C – the ending of detachment

Участок AB – участок соответствует максимальному сопротивлению стеблей отрыву. Точка A – начало фазы отрыва стеблей тресты от льнища (нарушение связей захваченных стеблей с травянистым покровом льнища и с соседними стеблями лент). Точка B – максимальная сила связи стеблей с льнищем соответствует моменту отрыву стеблей от льнища на большей их части по ширине ленты.

Участок BC – на нем происходит дальнейший и окончательный отрыв стеблей по всей ширине ленты с характерным падением силы связи. Точка C соответствует концу фазы отрыва стеблей от льнища.

Участок CE параллелен оси абсцисс и соответствует массе поднятых стеблей со льнища. Точка E – конец подъема стеблей льна.

Как отмечалось выше, точка B соответствует максимальному значению силы связи стеблей с льнищем, а ее величина на осциллографе – ординате BO . Обозначим ее через $P_{отр}$. Ордината KO на осциллограмме соответствует весу поднятых стеблей G . Тогда разность между $P_{отр}$ и весом стеблей расценивается как сила сцепления стеблей с льнищем, то есть $P_{сц}$, которой на осциллограмме соответствует ордината BK .

Математически эту зависимость можно выразить формулой:



$$P_{\text{сц}} = P_{\text{отр}} - G, \tag{1}$$

или

$$P_{\text{отр}} = P_{\text{сц}} + G. \tag{2}$$

Сила сцепления стеблей с льнищем $P_{\text{сц}}$ может быть выражена в виде:

$$P_{\text{сц}} = l_{\text{ср}} f_{\text{сц}}, \tag{3}$$

где $l_{\text{ср}}$ – средняя длина стеблей, м;

c – длина участка захвата стеблей, м;

$f_{\text{сц}}$ – коэффициент сцепления или коэффициент сопротивления отрыву стеблей, кг/м² [5, 6].

Произведение $l_{\text{ср}}c$ – площадь, занимаемая поднятыми стеблями, м². Если известно среднее количество стеблей n шт./пог.м, то легко установить зависимость между количеством стеблей m , шт., находящихся на участке c и n [7]:

$$m = cn, \tag{4}$$

или:

$$c = m/n. \tag{5}$$

Формулу (3) можно переписать в виде:

$$P_{\text{сц}} = l_{\text{ср}} \frac{m}{n} f_{\text{сц}} \tag{6}$$

Если подставить значение силы сцепления $P_{\text{сц}}$ в формулу (2), получим:

$$P_{\text{отр}} = l_{\text{ср}} \frac{m}{n} f_{\text{сц}} + G. \tag{7}$$

Вес поднятых стеблей с участка можно выразить формулой:

$$G = q_{\text{ср}} m, \tag{8}$$

где $q_{\text{ср}}$ – средний вес одного стебля.

Уравнение (7) можно переписать с учетом уравнения (8) в виде:

$$P_{\text{отр}} = l_{\text{ср}} \frac{m}{n} f_{\text{сц}} + q_{\text{ср}} m. \tag{9}$$

Как показали экспериментальные исследования, для разного вида льниц и стлиц эта сила значительно изменяется при одном и том же количестве стеблей m и зависит от высоты травостоя, его густоты и вида, а также от других факторов.

Средняя величина силы отрыва в зависимости от количества стеблей m , а также пределы ее колебания в зависимости от вида льнища при том же количестве стеблей m приведены в таблице.

Зависимость силы отрыва $P_{\text{отр}}$ от количества стеблей приведена на рисунке 5. Экспериментально найденные величины $P_{\text{отр}}$ для разного вида льниц и стлиц с учетом формулы (9) позволяют вычислить пределы изменения коэффициента сопротивления стеблей отрыву для лент, разостланных:

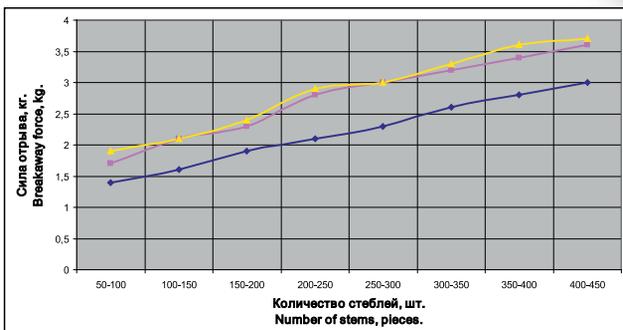


Рис. 5. Зависимость силы отрыва $P_{\text{отр}}$ от количества поднимаемых стеблей: желтая линия – льнище с растительным покровом 150 г/м²; розовая – льнище с растительным покровом 137 г/м²; синяя – льнище с растительным покровом 105 г/м²

Fig. 5. Dependence of the bonding force P on the number of lifted stems: yellow line – flax field with the plants of biomass in 150 g/m²; pink line – Flax field with the plants of biomass in 137 g/m²; blue line – Flax field with the plants of biomass in 105 g/m²

- на льнищах $f_{\text{сц}} = 0,0015 - 0,0020$ кг/см²;
- на лугу $f_{\text{сц}} = 0,001 - 0,0018$ кг/см²;
- по клеверищу $f_{\text{сц}} = 0,0025 - 0,0046$ кг/см².

Table		Таблица		
ИЗМЕНЕНИЕ СИЛЫ ОТРЫВА $P_{\text{отр}}$ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОЛИЧЕСТВА ПОДНИМАЕМЫХ СТЕБЛЕЙ И ВИДА ЛЬНИЩА				
CHANGE IN THE DETACHMENT FORCE $P_{\text{отр}}$ DEPENDING ON THE NUMBER OF PICKED UP FLAX STEMS AND THE TYPE OF RETTERY				
Количество стеблей, шт. Number stems, pieces	Сила отрыва $P_{\text{отр}}$, кг, Bonding force, kg			
	льнище с растительным покровом 105 г/м ² , Flax field with the plants of biomass in 105 g/m ²	льнище с растительным покровом 137 г/м ² , Flax field with the plants of biomass in 137 g/m ²	льнище с растительным покровом 150 г/м ² , Flax field with the plants of biomass in 150 g/m ²	
50-100	1,4	1,7	1,9	
100-150	1,6	2,1	2,1	
150-200	1,9	2,3	2,4	
200-250	2,1	2,8	2,9	
250-300	2,3	3,0	3,0	
300-350	2,6	3,2	3,3	
350-400	2,8	3,4	3,6	
400-450	3,0	3,6	3,7	

Выводы.

Повышение качества льносырья, определяющее конкурентоспособность отрасли, требует изучения особенностей уборки льна в различных условиях созревания тресты и применения технических средств, наиболее эффективно выполняющих технологические этапы [8]. Проведенные эксперименты по изучению особенностей отрыва лент льна, приготовленных на различных фонах, показали:

- чем больше по высоте и густоте травостой, то есть чем больше проросли ленты травой, тем выше коэффициент сопротивления отрыву, а следовательно, тем большие усилия необходимо приложить, чтобы оторвать стебли от земли;

- коэффициент сопротивления отрыву лент, разостланных на клеверище, больше коэффициента сопротивления отрыву лент, разостланных на льнище и лугу;

- при подъеме проросшей ленты склонность к разрыву непрерывности ее поступления увеличивается и реализуется при таких значениях соотношения поступательной скорости подборщика и окружной скорости концов пальцев подбирающего аппарата, когда относительное удлинение ленты при подъеме на пальцах больше величины относительного удлинения в месте отрыва ее от земли.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Черников В.Г., Ростовцев Р.А., Романенко В.Ю. Исследование подбирающего аппарата с жесткими зубьями // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2011. N2. С. 34-36.
2. Родионова А.Е. Технология выращивания и первичной переработке льна-долгунца // *Монография*. Тверь. 2008. 442 с.
3. Черников В.Г., Ростовцев Р.А., Романенко В.Ю., Пучков Е.М. Влияние характеристик условий работы на надежность и точность выполнения технологических процессов льноуборочными машинами // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 2016. N4. С. 9-11.
4. Ростовцев Р.А., Дмитриев В.И. Определение коэффициента трения стеблей о поверхность почвы // *Достижения*

науки и техники АПК. 2006. N4. С. 16-18.

5. Ковалев М.М., Апыхин А.М., Лачуга Д.Ю., Толстущко Н.А. Повышение эффективности прессования льноволокна в кипы // *Сільськогосподарські машини*. 2014. N27. С. 61-67.
6. Шило И.Н., Дашков В.Н. Ресурсосберегающие технологии сельскохозяйственного производства // *Монография*. Минск. 2003. 182 с.
7. Uschapovsky I. The Russian flax sector: bottlenecks and solutions // *Journal of Natural Fibers*. 2009. 6. N1. 108-113.
8. Marchenkov A., Rozhmina T., Uschapovsky I., Muir A.D. Cultivation of flax // *Flax: the genus Linum*. Edited by Alister D. Muir and Neil D. Westcott. New York, 2003. P. 74-91.

REFERENCES

1. Chernikov V.G., Rostovtsev R.A., Romanenko V.Yu. Issledovanie podbirayushchego apparata s zhestkimi zubyami [Study of the pick-up mechanism with rigid teeth] // *Selskokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2011. N2: 34-36. (In Russian)
2. Rodionova A.Ye. Tekhnologiya vyrashchivaniya i pervichnoy pererabotke lna-dolguntsa [Technology of cultivation and primary processing of fiber flax] // *Monograph*. Tver. 2008: 442. (In Russian)
3. Chernikov V.G., Rostovtsev R.A., Romanenko V.Yu., Puchkov Ye.M. Vliyaniye kharakteristik usloviy raboty na nadezhnost i tochnost vpolneniya tekhnologicheskikh protsessov lnuborochnymi mashinami [Influence of working conditions on the reliability and accuracy of technological processes performed by flax harvesting machines] // *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo khozyaystva*. 2016. N4: 9-11. (In Russian)
4. Rostovtsev R.A., Dmitriev V.I. Opredeleniye koeffitsienta treniya stebley o poverkhnost pochvy [Determination of the

coefficient of friction between stems and the soil surface] // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2006. N4: 16-18. (In Russian)

5. Kovalev M.M., Apykhin A.M., Lachuga D.Yu., Tolstushko N.A. Povysheniye effektivnosti pressovaniya lnovolokna v kipy [Increasing the efficiency of pressing flax fiber into bales] // *Silskogospodarski mashiny*. 2014. N27: 61-67. (In Russian)
6. Shilo I.N., Dashkov V.N. Resursosberegayushchie tekhnologii selskokhozyaystvennogo proizvodstva [Resource-saving technologies of agricultural production] // *Monograph*. Minsk. 2003: 182. (In Russian)
7. Uschapovsky I. The Russian flax sector: bottlenecks and solutions // *Journal of Natural Fibers*. 2009. 6. N1: 108-113. (In English)
8. Marchenkov A., Rozhmina T., Uschapovsky I., Muir A.D. Cultivation of flax // *Flax: the genus Linum*. Edited by Alister D. Muir and Neil D. Westcott. New York, 2003: 74-91. (In English)

Статья поступила в редакцию 19.04.2018

Статья принята к публикации 22.05.2018

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Оценка эффективности зерноуборочных комбайнов различных классов в условиях Северного Казахстана

Владимир Леонидович Астафьев¹, доктор технических наук, профессор, директор;

Эдуард Викторович Жалнин², доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник

¹Костанайский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства», г. Костанай, Республика Казахстан, e-mail: vladast01@mail.ru;

²Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация, e-mail: vim@vim.ru

Решение проблемы выбора и эффективности применения той или иной зерноуборочной техники является весьма актуальным. Это обусловлено тем, что в условиях агрессивной рекламы при продаже техники со стороны ее изготовителей производителям сельскохозяйственной продукции нелегко сделать правильный выбор в пользу той или иной фирмы и марки зерноуборочного комбайна. (*Цель исследования*) Оценка эффективности зерноуборочных комбайнов различных классов в условиях Северного Казахстана с учетом погодных условий. (*Материалы и методы*) Применены технико-экономические исследования по стандартной методике с последующим анализом полученных результатов. Расчет выполнен на технологической операции прямое комбайнирование по классам 4, 5 и 6 зерноуборочных комбайнов ведущих отечественных и зарубежных фирм, оснащенных широкозахватными жатками. (*Результаты и обсуждение*) Рассчитали прямые затраты на обмолот одной тонны зерна при благоприятных условиях уборки и с учетом потерь при неблагоприятных условиях, а также комплексные затраты на обмолот одной тонны зерна с учетом того, что 30 процентов зерна убирается при благоприятных условиях уборки, а 70 процентов – при неблагоприятных. (*Выводы*) Установили, что стоимость намолота одной тонны зерна, характеризующая эффективность применения зерноуборочных комбайнов, зависит от соотношения цены и производительности комбайна, урожайности, а также условий уборочного периода. При благоприятных условиях уборки преимущества имеют зерноуборочные комбайны более низкого класса с оптимальным соотношением цена-качество. Однако из-за опасности растягивания сроков уборочных работ из-за неблагоприятных погодных условий приоритет должен отдаваться комбайнам более высокого класса.

Ключевые слова: зерноуборочные комбайны, производительность, погодные условия, стоимость одной тонны намолота.

■ **Для цитирования:** Астафьев В.Л., Жалнин Э.В. Оценка эффективности зерноуборочных комбайнов различных классов в условиях Северного Казахстана // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. Т. 12. №3. С. 17-21. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-3-17-21

Efficiency Evaluation of Grain Harvesters of Different Types under North Kazakhstan Conditions

Vladimir L. Astafyev¹,
Dr.Sc. (Eng), Professor, Director;

Eduard V. Zhalnin²,
Dr.Sc. (Eng), Professor, Key Research Engineer

¹Kostanay Branch of LLP “Kazakh Scientific Research Institute of Farm Mechanization and Electrification”, Kostanay, Kazakhstan, e-mail: vladast01@mail.ru;

²Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation, e-mail: vim@vim.ru

Abstract. The problem of selecting certain types of grain combine harvesters is quite urgent now. This is because the agricultural manufacturers are struggling to make a right selection of a grain harvester of a definite firm or make due to the aggressive marketing from the manufacturers. (*Research purpose*) Efficiency evaluation of grain harvesters of different types under the North Kazakhstan weather conditions. (*Materials and methods*) Technical and economic research has been performed according to the standard methodology followed by data analysis. The calculation has been made for direct combining by 4, 5 and 6-class harvesters equipped with wide-cut headers from leading domestic and foreign manufacturers.

(Results and discussions) the authors have also calculated direct costs for threshing of one ton of grain under favorable harvesting conditions, total costs for threshing of one ton of grain including grain losses under unfavorable harvesting conditions, as well as total costs for threshing of one ton of grain considering that 30% of grain is harvested under favorable harvesting conditions and 70% - under the ones. (Conclusion) It has been found that the price of threshing of one ton of grain that characterizes the efficiency of utilizing grain harvesters depends on the price/efficiency ratio of a harvester, yield and harvesting conditions. Combine harvesters of a lower class with the optimum price/efficiency ratio are more preferable under favorable harvesting conditions. However, in case of the harvest period prolongation due to unfavorable harvesting conditions, combine harvesters of a higher class are more preferable.

Keywords: Grain combine harvesters, Efficiency, Weather conditions, Price of one ton of threshed grain.

For citation: Astafyev V.L., Zhaltin E.V. Efficiency evaluation of grain harvesters of different types under North Kazakhstan conditions. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2018. 12(3): 17-21. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-3-17-21. (In Russian)

Для Северного Казахстана характерно наличие хозяйств различных категорий: фермерских хозяйств, средних и крупных сельхозпредприятий (с размерами посевных площадей соответственно 300-3000 га; 3000-10000 га; более 10000 га). Причем крупных и средних хозяйств, в которых сосредоточено 71% посевных площадей, в регионе более 20% [1]. Начало уборочного периода (третья декада августа) обычно сухое, но в сентябре, как правило, начинаются дожди. Потенциальная урожайность в регионе составляет около 13 ц/га с колебаниями от 8 ц/га в засушливые годы до 19 ц/га – во влажные. В последние годы в регион поступали зерноуборочные комбайны различной производительности заводов-изготовителей из разных стран. Идет увеличение доли комбайнов среднего и высокого класса из ближнего и дальнего зарубежья. Это обусловлено ограниченными сроками благоприятной погоды в осенний период в регионе и стремлением производителей сельскохозяйственной продукции максимально увеличить производительность машин в уборочном процессе при нехватке механизаторов. Решение проблемы выбора и эффективности применения той или иной зерноуборочной техники сталкиваются с большими трудностями. Вызвано это тем, что в условиях агрессивной рекламы при продаже техники со стороны ее изготовителей сельхозпроизводителям нелегко сделать правильный выбор в пользу той или иной фирмы и марки зерноуборочного комбайна [2-5].

Цель исследований – оценка эффективности применения зерноуборочных комбайнов различных классов в условиях Северного Казахстана с учетом погодных условий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Проведены технико-экономические исследования по стандартной методике с последующим анализом полученных результатов. Расчет выполнен на технологической операции прямое комбайнирование зерноуборочными комбайнами различных марок (табл. 1). В Республике Казахстан зерноуборочные комбайны агрегируются с хедерами и жатками-хедерами раз-

личной ширины захвата. В расчет принята максимальная ширина захвата хедеров и жаток-хедеров. Широкозахватные хедеры обеспечивают наиболее полную загрузку комбайнов по пропускной способности.

Скорость движения комбайнов при заданной урожайности рассчитывали по формуле с учетом коэффициента зональности [6]:

$$V_p = \frac{q \cdot K_z \cdot 10}{B \cdot \beta \cdot Y \cdot (1 + \delta)}, \quad (1)$$

где V_p – рабочая скорость, м/с; q – пропускная способность, кг/с; K_z – коэффициент зональных условий; B – ширина захвата жатки, м; β – коэффициент использования ширины захвата жатки; Y – урожайность, т/ч; δ – коэффициент соломистости.

Учитывали, что при урожайности до 20 ц/га комбайны 4 класса имеют ограничения по рабочей скорости 2,20 м/с; 5 класса – 2,50 м/с и 6 класса – 3,06 м/с. При превышении этих значений скорости на указанной урожайности резко возрастают потери зерна. С учетом скорости движения комбайна и ширины захвата хедера рассчитывали производительность за 1 ч сменного времени:

$$W_{cm} = 0,36 \cdot B \cdot \beta \cdot V_p \cdot K_{cm} \quad (2)$$

где W_{cm} – сменная производительность, га/ч; K_{cm} – коэффициент использования времени смены.

Комплексные затраты на уборку зерна сравниваемыми зерноуборочными комбайнами рассчитывали по формуле:

$$C_k = \frac{C_o}{W_{cm}} + P_y, \quad (3)$$

где C_k – комплексные затраты, долл./га; C_o – эксплуатационные (прямые) затраты, долл./ч; P_y – стоимость потерь, долл./га.

Разницу в комплексных затратах по сравниваемым комбайнам принимали за существенную, если она превышала 5%.

Эксплуатационные расходы составили:



Показатели Characteristics	Есиль-740 Esil-740*	Медион-310 Medion-310	Акрос-530 Acros-530	Мега-360 Mega-360	9660-STS
Страна производитель Manufacturer country	Казахстан Kazakhstan	Германия Germany	Россия Russia	Германия Germany	США USA
Класс комбайна Harvester class	4	4	5	5	6
Пропускная способность, кг/с Throughput capacity, kg/s	7,7	7,9	10,0	10,4	13,0
Ширина захвата хедера (жатки-хедера), м Width of header, m	7,0	7,0	9,1	9,0	11,7

1 т зерна занимает комбайн Акрос-530. Стоимость намолота 1 т зерна комбайнами 9660-STS, Мега-360 и Медион-310 при урожайности 10-15 ц/га – на 3-5 долл./т больше, а при урожайности 20 ц/га – на 5-9 долл./т больше стоимости намолота зерна комбайном Есиль-740.

Приведенное ранжирование справедливо для благоприятных погодных условий и при отсутствии биологических потерь из-за несвоевременного выполнения работ.

$C_3 = C_a + C_p + C_o + C_t$, (4)
где C_a – амортизационные отчисления, долл./ч; C_p – затраты на ремонт, долл./ч; C_o – затраты на оплату труда, долл./ч; C_t – стоимость топлива, долл./ч.

Если принять, что наиболее производительный (эталонный) комбайн проводит уборку без потерь, тогда для менее производительных комбайнов количество рабочих суток, которые сопровождаются потерями, определится по формуле:

$$D = D_{opt} \cdot \left(\frac{W_6}{W_p} - 1 \right), \quad (5)$$

где D – количество суток, сопровождающихся потерями, сут.; D_{opt} – количество оптимальных суток уборки, сут.; W_6 – производительность эталонного комбайна, га/ч (т/ч); W_p – производительность сравниваемого комбайна, га/ч (т/ч).

Потери зерна от недобора урожая определяли по формуле:

$$P_y = K_n \cdot C_n \cdot D \cdot Y, \quad (6)$$

где P_y – потери от недобора урожая, долл./га; K_n – суточная интенсивность потерь урожая при растягивании срока работы по сравнению с оптимальным, доля/сут.; $K_n = 0,01$; C_n – закупочная цена, 120 долл./т. Y – урожайность, т/га.

Если разделим правую часть выражения (6) на урожайность, то получим величину потерь, в долл. США на тонну.

Результаты и обсуждение. Результаты расчета стоимости уборки 1 т зерна зерноуборочными комбайнами в благоприятных условиях без растягивания сроков работ представлены в табл. 2.

Проведем ранжирование комбайнов по стоимости уборки 1 т зерна. Наиболее низкую стоимость намолота зерна в благоприятных погодных условиях обеспечивает комбайн 4 класса Есиль-740, что объясняется лучшим соотношением его цены и производительности.

Второе место в порядке увеличения стоимости

работ. При простое из-за осадков наиболее значительные биологические потери выявлены у комбайна с более низкой производительностью. Это обусловлено тем, что у такого комбайна на период выпадения осадков остается самая большая неубранная площадь, что приводит к потерям зерна. Из-за несвоевременного выполнения работ комплексные за-

Комбайн Harvester	Прямые затраты на 1 т, долл. США при урожайности, ц/га Direct costs per 1 ton, \$ at a given yield, centner/ha		
	10	15	20
Есиль-740 Esil-740	19,27	16,56	16,16
Медион-310 Medion-310	25,46	19,80	18,89
Акрос-530 Acros-530	23,73	18,57	18,09
Мега-360 Mega-360	28,50	21,88	20,54
9660-STS	24,13	21,73	20,74

траты на 1 т зерна составят (табл. 3).

В неблагоприятных условиях при наличии потерь из-за несвоевременного выполнения работ приоритет по эффективности применения получают более высокопроизводительные комбайны 9660-STS, Акрос-530, затем Мега-360, далее Есиль-740 и Медион-310.

В условиях Северного Казахстана при благоприятной погоде убирается не более 50% площадей. Наши работы проведены в южных районах региона со средним уровнем урожайности около 10 ц/га.

Под осадки попадают площади со средним уровнем урожайности около 20 ц/га. С учетом этого принято допущение, что в условиях северной части Ка-

захстана 30% зерна намолачивается при благоприятной погоде и 70% – при неблагоприятной. Расчет стоимости намолота 1 т зерна сравниваемыми комбайнами при этом условии представлен в *табл. 4*.

При соотношении объемов зерна, намолачиваемого при благоприятной погоде и осадках 30:70

Комбайн Harvester	Комплексные затраты на 1 т, долл. США при урожайности, ц/га Composite costs per 1 ton, \$ at a given yield, centner/ha		
	10	15	20
Есиль-740 Esil-740	34,73	27,75	26,70
Медион-310 Medion-310	40,69	31,27	28,14
Акрос-530 Acros-530	29,72	22,04	20,11
Мега-360 Mega-360	35,03	25,83	22,37
9660-STС	24,13	21,73	20,74

ранжирование комбайнов по стоимости намолота происходит следующим образом: на урожайности 15-20 ц/га наименьшую стоимость намолота зерна обеспечивает комбайн 5 класса Акрос-530, на 1 долл./т больше стоимость зерна от комбайна 9660-STС.

При урожайности 10 ц/га наименьшую стоимость намолота зерна обеспечивает комбайн 6 класса 9660-STС, на 4 долл./т дороже стоимость зерна от комбайна 5 класса Акрос-530. Комбайны Есиль-740 и Мега-360 обеспечивают стоимость намолота больше, чем Акрос-530 и 9660-STС на 2-3 долл./т при урожайности 15-20 ц/га, и на 3-9 долл./т при урожайности 10 ц/га. Медион-310 дает самую высокую стоимость намолота при соотношении объемов зерна, намолачиваемого при благоприятной погоде и осадках как 30:70. Таким образом, при благоприятных условиях уборки приоритет имеют зерноуборочные комбайны более низкого класса с оптимальным соотношением цена-качество.

Однако при опасности растягивания сроков уборочных работ из-за неблагоприятных погодных условий приоритет должен отдаваться комбайнам более высокого класса.

Полученные результаты дополняют исследования СИБИМЭ, свидетельствующие о том, что в экстремальных условиях Сибири прямые затраты на обмолот у комбайнов более высокого класса могут быть меньше, чем у комбайнов более низкого класса [7]. Однако по данным СИБИМЭ, нижний порог

Комбайн Harvester	Комплексные затраты на 1 т, долл. США при урожайности, ц/га Composite costs per 1 ton, \$ at a given yield, centner/ha		
	10	15	20
Есиль-740 Esil-740	30,09	24,39	23,54
Медион-310 Medion-310	36,12	27,83	25,37
Акрос-530 Acros-530	27,92	21,00	19,50
Мега-360 Mega-360	33,07	24,65	21,82
9660-STС	24,13	21,73	20,74

эффективного использования высокопроизводительных комбайнов ведущих фирм зарубежного производства соответствует урожайности 35-40 ц/га. Согласно нашим исследованиям при неблагоприятных условиях уборки этот порог может быть значительно ниже в случае оснащения этих комбайнов широкозахватными жатками.

Результаты наших исследований подтверждают выводы В.Д. Саклакова в том, что «для каждого технического средства (машинно-тракторного агрегата) существует своя оптимальная длительность полевых работ» [8-11].

Выводы.

1. Стоимость намолота 1 т зерна, характеризующая эффективность применения зерноуборочных комбайнов, зависит от соотношения цены и производительности комбайна, урожайности, а также условий уборочного периода.

2. В благоприятных условиях при отсутствии потерь от несвоевременного выполнения уборочных работ наиболее эффективно применение комбайнов 4 и 5 кл. Есиль-740 и Акрос-530, более высокие затраты имеют Медион-310, 9660-STС и Мега-360.

3. При неблагоприятных условиях уборки приоритет по эффективности применения следует отдавать в порядке убывания комбайнам 6 и 5 классов 9660-STС и Акрос-530, затем идут Мега-360, а также комбайны 4 класса Есиль-740 и Медион-310.

4. В реальных условиях возможны периоды с благоприятными и неблагоприятными погодными условиями при выполнении уборочных работ. В связи с этим комбайновый парк Северного Казахстана целесообразно комплектовать сочетанием зерноуборочных комбайнов преимущественно 5 и 6 классов, оснащенных широкозахватными жатками и жатками-хедерами.



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Астафьев В.Л., Гайфуллин Г.З., Гридин Н.Ф. и др. Рекомендации по техническому обеспечению внедрения влаго-ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур. Костанай, 2008. 44 с.
2. Голиков В.А., Астафьев В.Л., Селихов В.Т. Результаты испытаний импортных зерноуборочных комбайнов в Северном Казахстане // *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 2000. N8. С. 42-43.
3. Жалнин Э.В. Какие комбайны нужны российскому полю // *Сельский механизатор*. 2006. N5. С. 6-7.
4. Жалнин Э.В. Эффективное использование зерноуборочных комбайнов // *Сельский механизатор*. 2013. N9. С. 5-7.
5. Астафьев В.Л., Малыгин С.Л. Эффективность зерноуборочных комбайнов различных классов в условиях Казахстана // *Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана*. 2011. N5. С. 86-91.
6. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники, часть II. Нормативно-справочный материал. М. 1998. 251 с.
7. Жалнин Э.В. Резервы повышения эффективности производства // *Сельский механизатор*. 2012. N1. С. 12-13.
8. Чепурин Г.Е., Иванов Н.М., Кузнецов А.В. и др. Уборка и послеуборочная обработка зерновых культур в экстремальных условиях Сибири: Рекомендации. М: Росинформагротех. 2011. 176 с.
9. Сахлаков В.Д. Теоретические основы оптимизации технической оснащенности и трудообеспеченности производственных процессов в растениеводстве // *Вестник ЧГАУ*. 1996. Т. 15. С. 83-97.
10. Кормановский Л.П., Краснощеков Н.В., Черноиванов В.И., Насыпайко И.Г., Сазонов С.Н. Концепция развития инженерно-технического сервиса фермерских хозяйств. – М.: Всероссийский научно-исследовательский технологический институт ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка Россельхозакадемии, 1992. 49 с.
11. Masek J., Novak P., Pavlicek T. Evaluation of combine harvester fuel consumption and operation costs // 14th International Scientific Conference ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT Proceedings, Volume 14. Jelgava, 2015. pp. 78-83.

REFERENCES

1. Astaf'yev V.L., Gayfullin G.Z., Gridin N.F. et al. Rekomendatsii po tekhnicheskomu obespecheniyu vnedreniya vlago-resursosberegayushchikh tekhnologiy vozdel'yvaniya zernovykh kul'tur [Recommendations on technical support for the implementation of moisture-resource-saving technologies for the cultivation of grain crops]. Kostanay, 2008. 44.
2. Golikov V.A., Astaf'yev V.L., Selikhov V.T. Rezul'taty ispytaniy importnykh zernouborochnykh kombaynov v Severnom Kazakhstane [Results of tests of imported grain harvesters in Northern Kazakhstan] // *Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny*. 2000. N8. 42-43.
3. Zhalnin E.V. Kakiye kombayny nuzhny rossiyskomu polyu [What types of combines are needed for the Russian field] // *Sel'skiy mekhanizator*. 2006. N5. 6-7. (In Russian).
4. Zhalnin E.V. Effektivnoye ispol'zovaniye zernouborochnykh kombaynov [Effective use of combine harvesters] // *Sel'skiy mekhanizator*. 2013. N9. 5-7. (In Russian).
5. Astaf'yev V.L., Malygin S.L. Effektivnost' zernouborochnykh kombaynov razlichnykh klassov v usloviyakh Kazakhstana [Efficiency of using combine harvesters of various classes in Kazakhstan conditions] // *Vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki Kazakhstana*. 2011. N5. 86-91. (In Russian).
6. Metodika opredeleniya ekonomicheskoy effektivnosti tekhnologiy i sel'skokhozyaystvennoy tekhniki, chast' II. Normativno-spravochnyy material [Methods for determining the economic efficiency of technology and agricultural machinery, Part II. Normative reference material]. M. 1998. 251. (In Russian).
7. Zhalnin E.V. Rezervy povysheniya effektivnosti proizvodstva [Reserves of increasing the production efficiency] // *Sel'skiy mekhanizator*. 2012. N1. 12-13. (In Russian).
8. Chepurin G.Ye., Ivanov N.M., Kuznetsov A.V. i dr. Uborka i posle-uborochnaya obrabotka zernovykh kul'tur v ekstremal'nykh usloviyakh Sibiri: Rekomendatsii [Harvesting and after-harvesting processing of cereals in extreme conditions of Siberia. Recommendations]. M: Rosinformagrotekh. 2011. 176. (In Russian).
9. Saklakov V.D. Teoreticheskiye osnovy optimizatsii tekhnicheskoy osnashchennosti i trudoobespechennosti proizvodstvennykh protsessov v ras-teniyevodstve [Theoretical bases of optimization of technical equipment and labor availability of production processes in crop growing] // *Vestnik ChGAU*. 1996. Vol. 15: 83-97. (In Russian).
10. Kormanovskiy L.P., Krasnoshchekov N.V., Chernoi vanov V.I., Nasypayko I.G., Sazonov S.N. Kontseptsiya razvitiya inzhenerno-tekhnicheskogo servisa fermerskikh khozyaystv [The concept of development of engineering and technical service in farms]. – Moscow: Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy tekhnologicheskii institut remonta i ekspluatatsii mashinno-traktornogo parka Rossel'khozakademii, 1992. 49.
11. Masek J., Novak P., Pavlicek T. Evaluation of combine harvester fuel consumption and operation costs // 14th International Scientific Conference ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT Proceedings, Volume 14. Jelgava, 2015. 78-83.

Статья поступила в редакцию 15.05.2018

Статья принята к публикации 07.06.2018

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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



Декомпозиция технологических процессов для оценки эффективности функционирования поточной линии по предпосевной обработке семян

Ермат Ишбаевич Кубеев, доктор технических наук, профессор кафедры, kubeevei@ystu.ru;

Борис Сергеевич Антропов, доктор технических наук, профессор кафедры

Ярославский Государственный технический университет, г. Ярославль, Российская Федерация

Важным этапом повышения эффективности растениеводства является разработка научно обоснованных технологий и технических средств предпосевной подготовки и обработки семян. Среди разнообразных методов, положительно влияющих на повышение урожая, скороспелость и устойчивость к неблагоприятным условиям, одним из перспективных является дражирование. (*Цель исследования*) Математически представить связь между входными и выходными параметрами технологического процесса предпосевной обработки семян для определения его неизвестных динамических характеристик. Обосновали целесообразность использования дражированных семян, в состав оболочки которых включены вещества, необходимые для активного роста и повышения устойчивости к неблагоприятным воздействиям. Искусственное покрытие обеспечило их более точный высев. (*Материалы и методы*) Провели экспериментальные исследования с применением компьютерного математического моделирования. Обработали результаты экспериментов методами математической статистики с применением пакета статистического анализа, пакета прикладных программ для исследования, анализа и моделирования технологических процессов. Определили физико-механические свойства семян, показатели их качества и наполнителей. (*Результаты и обсуждение*) Использовали программу для решения задач экспериментальных исследований, включающую в себя получение: информации о процессах, выполняемых машинами по предпосевной обработке семян в соответствии с разработанными моделями их функционирования; выбор наиболее эффективных средств измерения, регистрации и обработки информации о работе машин и оборудования в нормальных условиях функционирования; проверку эффективности разработанных методов и средств, обеспечивающих качество технологического процесса в условиях случайных возмущений. Исследовали параметры и режимы установки для дражирования семян. (*Выводы*) Вычислили средние значения параметров процессов предпосевной обработки семян в условиях нормального функционирования машин и оборудования с учетом достоверности, надежности полученных характеристик. Разработали основы технологического процесса нанесения искусственных оболочек на поверхность семян. Результаты исследования могут быть использованы в качестве рекомендаций на практике для организации предпосевной обработки семян с целью повышения всхожести и урожайности сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: информационная модель, модель функционирования, совершенствование технологий предпосевной обработки, технологический процесс, дражиратор, дражирование, поточная линия.

■ **Для цитирования:** Кубеев Е.И., Антропов Б.С. Декомпозиция технологических процессов для оценки эффективности функционирования поточной линии по предпосевной обработке семян // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. Т. 12. №3. С. 22-27. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-3-22-27

Decomposition of Technological Processes for Evaluating the Performance of Production Line for PreSowing Treatment of Seeds

Ermat I. Kubeyev,
Dr.Sc. (Eng), Professor of Department,
kubeevei@ystu.ru;

Boris S. Antropov,
Dr.Sc. (Eng), Professor of Department

Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russian Federation

Abstract. An important step in improving the efficiency of crop production is the development of scientifically valid technologies and technical means of presowing preparation and treatment of seeds. Among the various methods that have a positive impact on crop growth, early maturity and resistance to adverse conditions, one of the most promising is seed pelleting. (*Research purpose*) The reasonability of the use of pelleted seeds (dragees) was shown the shell composition of which includes the substances necessary for active growth and increase resistance to adverse effects, and, in addition, it provides a more accurate seeding. We substantiate the need for improvements to existing technologies and agricultural equipment (for example, seed pelleting



machine). due to the significant lack of hightech means of mechanization of seed presowing preparation at domestic agricultural enterprises. (*Materials and methods*) Experimental studies have been carried out with the use of computer mathematical modeling. Results of experiments were processed by methods of mathematical statistics, statistical analysis and data processing package, research application package, filtering, analysis and modeling of technological processes. Physical and mechanical properties and quality indicators of seeds and fillers have been determined in accordance with the applicable state standards. (*Results and discussion*) Use has been made of a program that includes obtaining information about the processes to solve the problems of experimental studies carried out by machines for pre-sowing treatment of seeds in accordance with the developed models of their functioning; the choice of the most effective means of measuring, recording and processing information about the operation of machines and equipment in normal operating conditions; as well as checking the effectiveness of the developed methods and tools to ensure the quality of the process in case of accidental disturbances. (*Conclusions*) The authors have studied main parameters and operating modes of a seed pelleting installation. An average values of the process parameters of the presowing treatment of seeds have been calculated under the conditions of normal functioning of machinery and equipment taking into account the validity and reliability of the obtained characteristics. The authors have developed the technological fundamentals of the artificial coating of seed surface. The study results can be used as practical recommendations for the organization of presowing treatment of seeds in order to increase seed germination and crop yields.

Keywords: Information model, Operations model, Improving of presowing treatment, Technological process, Seed pelleting, Production line.

For citation: Kubeev E.I., Antropov B.S. Decomposition of technological processes for evaluating the performance of production line for the presowing treatment of seeds. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2018. 12(3): 22-27. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-3-22-27. (In Russian)

Исследованию процесса предпосевной обработки семян предшествует подготовительный период, одной из задач которого является изучение теоретических основ работы дражирователя, составление методики обработки экспериментальных данных и интерпретация полученных результатов. С этой целью провели эксперименты с применением метода компьютерного моделирования. В целом технологический процесс с помощью разных математических способов можно представить в виде соотношения между входными $x_1(t), \dots, x_n(t)$ и выходными параметрами $y_1(t), \dots, y_k(t)$ [1-3].

Цель исследования – совершенствовать методы и средства экспериментальных исследований процесса предпосевной обработки, заключающиеся в изучении схемы, вероятностных характеристик и моделей функционирования предпосевной обработки семян; математически представить связь между входными и выходными параметрами технологического процесса предпосевной обработки семян для определения неизвестных динамических характеристик.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Динамическая характеристика технологического процесса предпосевной обработки семян может быть представлена как неизвестная линейная система. Целесообразно рассматривать ее как элемент, определяющий связь между входными и выходными параметрами технологического процесса (рис. 1).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. Информационную модель технологических процессов предпосевной подготовки семян и оценку качества их функционирования представим в виде следующих структурно взаимосвязанных систем (рис. 2) [4].

Задача оптимизации сводится к максимизации

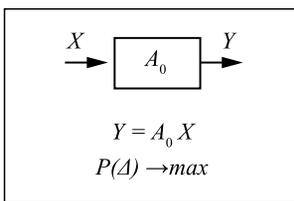


Рис. 1. Общая информационная модель с критерием качества

Fig. 1. General informational model with quality criterion

вероятности сохранения допуска количественных и качественных параметров каждого из этапов технологических процессов Q , где выбором вектора управляемых параметров машин служат (X_{a1}, X_{a2}) .

Из-за помехи E_i функция сохранения допуска может изменяться, и следует говорить о максимизации ее математического ожидания.

$$Q_{cp} = [X_{a1}, X_{a2}, \dots, E_1, E_2, \dots, B', B'' \dots] = M[X_{a1}, X_{a2}, \dots, E_1, E_2, \dots, B', B'' \dots] = \int_{E \in \Omega} A_i [X_{a1}, X_{a2}, \dots, E_1, E_2, \dots, B', B'' \dots] P(E) dE, \quad (1)$$

где A_i – оператор преобразования входных векторов в выходные; $X_{a1}, X_{a2} \dots$ – набор машин для подготовительно-заключительных операций; $E_1, E_2 \dots$ – векторы помех, определяемые свойствами семян и компонентов оболочки; $B', B'' \dots$ – подготовительно-заключительные операции.

Процедура многопараметрической оптимизации сводится к нахождению векторов X (одного из вариантов подготовительно-заключительных операций), которые удовлетворяют неравенствам:

$$d_{js} [(X_{a1}, X_{a2}, \dots)(E_1, E_2, \dots)(B', B'', \dots)] \geq Q, \quad (2)$$

$$Q^* < Q[(X_{a1}, X_{a2}, \dots)(E_1, E_2, \dots)(B', B'', \dots)] < Q^0, \quad (3)$$

где Q^0, Q^* – заданный уровень качества системы и ее минимальное значение соответственно. Максимизация вероятности сохранения допуска не предполагает достижения максимума всеми его составляющими, которые могут принимать определенные значения и характеризовать свойства системы. Принято считать, что фактически обобщенная система оценки вероятности сохранения допуска Q^0 и совокупность значений дополнительных оценочных показателей q^+ меньше или равны значениям Q^0 и q^0 (параметрам, удовлетворяющим наложенным ограничениям), причем q^0 могут не принимать экстремальных значений. Варианты технологических процессов подготовки семян, защитно-стимулирующих компонентов и клеящей жидкости можно выразить как:

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_1^0 \leq Q_{1\text{доп}}^0 \\ Q_2^0 \leq Q_{2\text{доп}}^0 \\ Q_3^0 \leq Q_{3\text{доп}}^0 \\ q_1^0 \leq q_{1\text{доп}}^0 \\ q_2^0 \leq q_{2\text{доп}}^0 \\ q_3^0 \leq q_{3\text{доп}}^0 \end{array} \right. \quad (4)$$

Выполнение этих условий предполагает выполнение всех операций с соблюдением агротехнических требований и необходимого качества.

Допуск на текущее значение выходного технологического процесса (или операции), находящегося под воздействием случайных возмущений, может быть сохранен, если входные возмущения соответствуют допускаемому. Они были учтены при комплектовании машин и оборудования как динамических систем. Таким образом, если характеристики входных возмущений и режимы работы машин и оборудования не соответствуют допускаемому, то некорректна и сама постановка вопроса сохранения допуска выходного технологического процесса. Сохранение допуска $\Delta_y^{\text{вbx}} = f(U, \Delta_x^{\text{вx}})$ выходного процесса $Y(t)$ зависит от режима работы машин и оборудования U и допуска $\Delta_x^{\text{вx}}$ на текущее значение входного процесса $X(t)$:

$$\Delta_y^{\text{вbx}} = f(U, \Delta_x^{\text{вx}}) \quad (5)$$

В случае функциональной статистической связи между входными и выходными процессами задача оценки и сохранения текущих значений допусков технологических процессов решена в работах [4, 5].

Особую сложность задача оценки и сохранения допускаемых значений выходных технологических процессов приобретает тогда, когда связь между входными и выходными процессами носит динамический характер и описывается дифференциальными уравнениями, а поля допуска формируются случайными функциями времени (рис. 3).

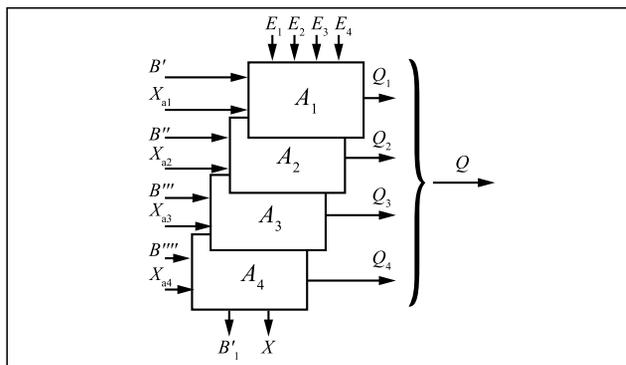


Рис. 2. Информационная модель оценки технологических процессов предпосевной подготовки и обработки семян
Fig. 2. Information model of technological processes evaluation of pre-sowing preparation and seed treatment

Если на вход динамических систем поступают входные возмущения, являющиеся случайными функциями времени со своими оценками статистических характеристик: средними значениями $m(t)$, дисперсиями D_x , плотностями распределения вероятностей $f(x)$, корреляционными функциями $R(\tau)$ и их спектральными плотностями $S(\omega)$, то справедлива запись следующего вида:

$$\left\{ \begin{array}{l} D_y \\ R_y(\tau) \\ S_y(\omega) \end{array} \right\} \Rightarrow f \left\{ \begin{array}{l} D_x \\ R_x(\tau) \\ W(S) \end{array} \right\}, \quad (6)$$

где $D_y, R_y(\tau), S_y(\omega)$ – соответственно дисперсия, корреляционная функция и спектральная плотность выходного процесса.

В соответствии с выражением (6) получим:

$$\left\{ \begin{array}{l} N \\ A_{v\text{min}} \\ m_{vs}, \sigma_{vs} \\ m_{vt}, \sigma_{vt} \\ f(vs), f(vt) \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \pm \Delta_y^{\text{вbx}} \\ \rho_x(\tau) \\ S_x(\omega) \\ W(S) \end{array} \right\}, \quad (7)$$

где $\pm \Delta_y^{\text{вbx}}$ – допуск на текущее значение выходного технологического процесса; N – количество выбросов за установленный случайный уровень; $A_{v\text{min}}$ и $A_{v\text{max}}$ – минимальное и максимальное значение выброса соответственно; $m_{vs}, \sigma_{vs}; m_{vt}, \sigma_{vt}$ – параметры среднего значения и среднего квадратического отклонения площади и длительности выброса соответственно; $f(vs), f(vt)$ – значения плотностей вероятности распределения площадей v_s и длительности v_t выбросов соответственно.

При подготовке семян и других компонентов к процессу нанесения искусственных оболочек ввиду изменения их физико-механических свойств, а также в зависимости от производительности соответствующих установок их загружаемая масса $m_c(t), m_n(t), m_k(t)$ преобразуется соответственно в подачу

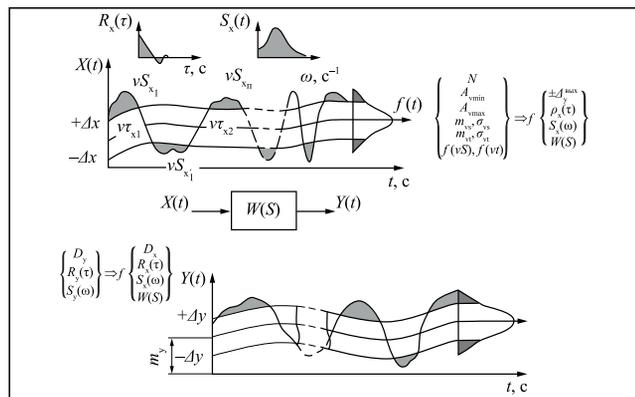


Рис. 3. Схема оценки допустимых значений выходных процессов при динамической функциональной связи между входными и выходными процессами машины

Fig. 3. Scheme of evaluation of permissible values of output processes in the dynamic functional relationship between the input and output processes of the machine

$q_c(t)$, $q_n(t)$, $q_k(t)$. На предварительном этапе нанесения искусственных оболочек из-за взаимодействия семян $q_c(t)$ и клеящей жидкости $q_n(t)$ у первых изменяются физико-механические свойства, что приводит к изменению скорости скатывания их по внутренней поверхности барабана $v_c(t)$. При достаточно высокой скорости скатывания (без отрыва от поверхности) подача наполнителя $q_k(t)$ обеспечивает коагуляцию наполнителя с поверхностью семян и выход их с искусственной оболочкой $q_n(t)$ [6-8].

Например, при обработке семян эфиромасличных культур перед посевом вместо шлифования проводят замачивание (рис. 4) с целью удаления (растворения) эфирной оболочки, содержащей ингибирующие вещества, кроме того семена проходят ферментацию. Чтобы растворить эфирную оболочку, необходимо менять воду, используемую для замачивания зерен. При этом в процессе замены воды возможна потеря семян $\Pi_c(t)$ [9-11].

При заблаговременном нанесении искусственной оболочки проводят шлифование (рис. 4). Для обеспечения необходимого качества технологического процесса необходимо установить требуемый зазор δ между барабаном и пластинами, а также обороты $\omega(t)$. Следует учесть, что вместе с отходами $q_{max}(t)$ возможны потери семян $\Pi_c(t)$. С учетом вышеизложенного построена модель функционирования технологических процессов подготовки семян и нанесения на них искусственных оболочек (рис. 5).

Расчет допустимых значений оценок показателей работы машин по предпосевной обработке семян

Для качества технологических процессов, участвующих в подготовке семян к посеву, необходимо выявить количественные оценки их протекания.

Таковыми оценками, исходя из изложенного и при условии, что исследуемые процессы являются случайными величинами со свойствами стационарности

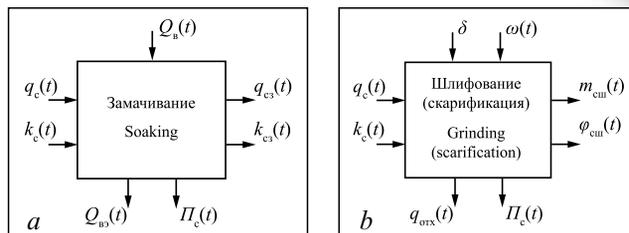


Рис. 4. Модель предпосевной обработки семян:

a – замачиванием, b – шлифованием

Fig. 4. Pre-sowing seed treatment model: a – soaking, b – grinding

и эргодичности, возможны допуски $\pm \Delta_x$ на протекание их во времени.

Вероятность сохранения допуска (количественной оценки качества протекания процессов при предпосевной обработке) определяется как:

$$P_{\Delta} = \int_{-\Delta_x}^{+\Delta_x} f(x) dx, \tag{8}$$

где $f(x)$ – плотность распределения параметров x .

Распределение этих параметров отличается от нормального, но при расчете допустимых значений оценок качества технологических процессов и операции предпосевной обработки можно считать их распределение нормальным. При таком распределении параметров соотношение (8) приводится к виду:

$$P(-\Delta_x < x < +\Delta_x) = \Phi\left(\frac{\Delta_x - m_x}{\sigma_x}\right) - \Phi\left(\frac{m_x - \Delta_x}{\sigma_x}\right), \tag{9}$$

где $\Phi(x)$ – функция Лапласа,

$\frac{\Delta - m_x}{\sigma_x}$ – нормированное значение аргумента.

При симметричном отклонении $\pm \Delta_k$ относительно среднего значения m_x возможность проявления оценки качества технологического процесса, с вероятностью P в интервале $\pm \Delta_x$ определится следующим образом: если интервал Δ_{x1} и Δ_{x2} симметричен относительно центра рассеивания и $\Delta_{x1} = m_x - \Delta_x$, а $\Delta_{x2} = m_x + \Delta_x$ то формула (9) примет вид:

$$P(|x - m_x| < \Delta_x) = \Phi\left(\frac{\Delta_{x1}}{\sigma_x}\right) - \Phi\left(\frac{\Delta_{x2}}{\sigma_x}\right), \tag{10}$$

и поскольку $\Phi(x)$ – функция нечетная, то уравнение будет иметь вид:

$$P(|x - m_x| < \Delta_x) = 2\Phi\left(\frac{\Delta_x}{\sigma_x}\right) \tag{11}$$

или

$$P(|x - m_x| < \Delta_x) = 2\Phi\left(\frac{\delta_x}{v_x}\right), \tag{12}$$

где Δ – функциональный допуск на отклонение,

$$\delta_x = \frac{\Delta_x}{m_x} - 1 \left[\frac{(\Delta_x - m_x) / \sigma_x}{m_x \left(\frac{\Delta_x - 1}{m_x} \right) / \sigma_x} \right],$$

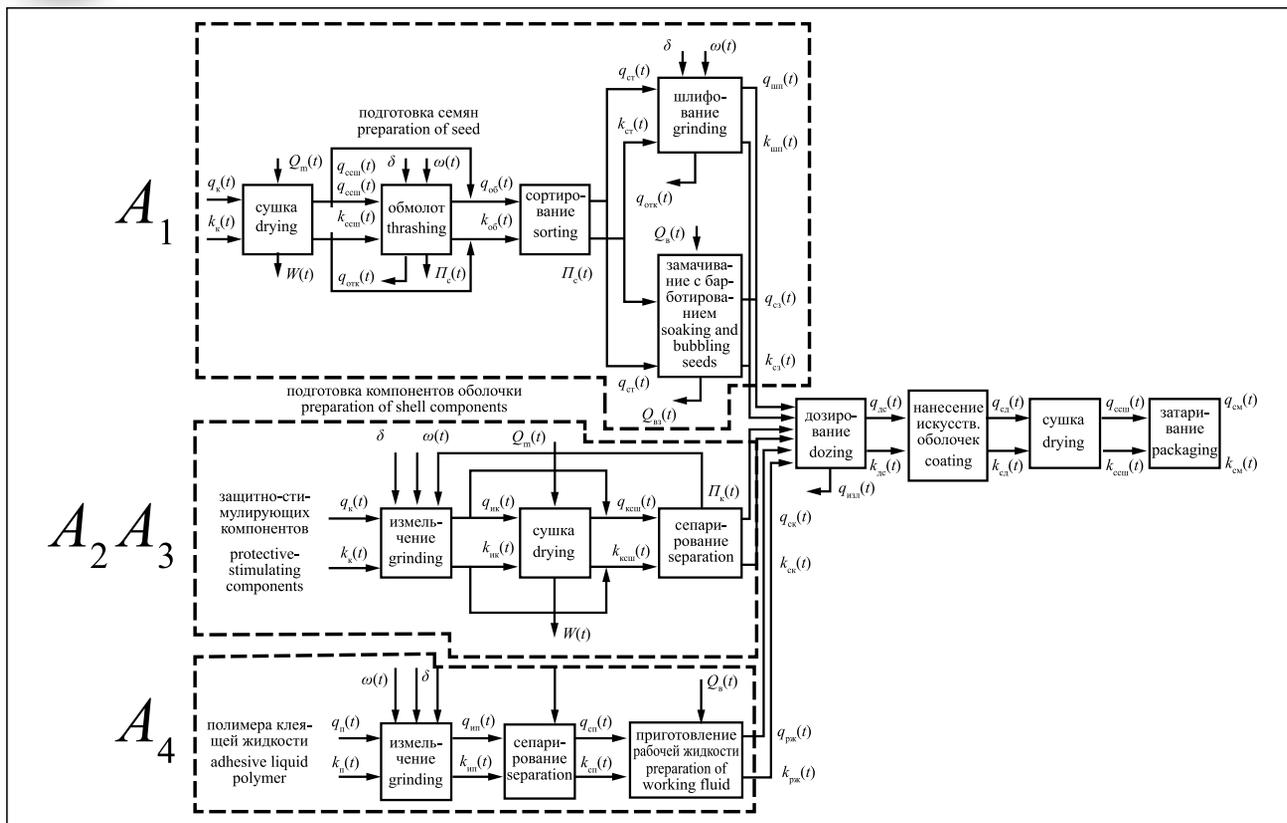


Рис. 5. Модель функционирования технологического процесса нанесения искусственных оболочек

Fig. 5. Model of functioning of technological process of drawing artificial covers

относительный диаметр полученных драже, выраженный в%;

$$v_x = \left(\frac{\sigma_x}{m_x} \right) - \text{коэффициент вариации.}$$

Здесь m_k – среднее значение диаметра полученных драже, мм, (как мера количественной оценки качества технологического процесса).

Выводы. Критерием оптимизации процессов при предпосевной обработке семян будет вероятность сохранения допуска на данный процесс, следовательно, чем выше вероятность сохранения допуска, тем более строгим технологическим требованиям должен отвечать весь технологический процесс предпосевной обработки семян и качество работы каждой машины.

Выражения (11) и (12) использованы для определения вероятности сохранения заданных допусков $\pm A_x$ по результатам экспериментальных исследований процессов нанесения искусственных оболочек после определения их числовых характеристик – среднего значения m_x и среднеквадратического отклонения σ_x и расчетов их допускаемых значений при заданном значении δ_x . Благодаря статистической природе процессов предпосевной обработки семян в условиях нормального функционирования машин и оборудования для оценки параметров вы-

числили средние значения этих параметров с учетом достоверности и надежности полученных характеристик. Установив ограничения на показатель P_Δ , по полученным характеристикам определяли допустимые значения в рамках агротехнических требований к процессам предпосевной обработки семян и качеству работы машин и оборудования.

С учетом изложенного, критерием повышения эффективности технологических процессов при нанесении искусственных оболочек должно служить повышение вероятности сохранения допуска $P(\Delta) \Rightarrow \max$ показателей качества технологических процессов, а именно: угла трения и подачи семян; концентрации и подачи клеящей жидкости; гранулометрического состава и подачи защитно-стимулирующих компонентов; скорости пневмотранспорта защитно-стимулирующих компонентов; кинематического режима процесса нанесения искусственных оболочек.

Деагрегирование структурной модели технологического процесса предпосевной обработки семян (рис. 2) на составляющие (рис. 4 и 5) позволило установить набор технологических процессов, количественные характеристики и динамика протекания которых существенно влияют на процесс предпосевной обработки семян в целом. Эта совокупность включает следующие процессы: подготовка семян, клеящей жидкости, защитно-стимулирующих компонентов и наполнителей, а также обеспечение их взаимодействия с целью наслаивания и коагуляции последних, с образованием искусственной оболочки.



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Моделирование сельскохозяйственных агрегатов и их систем управления /Под ред. А.Б. Лурье. Л.: Колос. 1979. 312 с.
 2. Валге А.М., Пашченко Ф.Ф. Математическое моделирование технологических процессов сельскохозяйственного производства по экспериментальным данным (Динамические модели): Методические рекомендации НИПТИМЭСХ НЗ РСФСР. Л.: Пушкин, 1980. 85 с.
 3. Валге А.М. Обработка экспериментальных данных и моделирование динамических систем при проведении исследований по механизации сельскохозяйственного производства. СПб.: СЗНИИМЭСХ, 2002. 176 с.
 4. Еникеев В.Г., Кербер В.Н., Крячко К.А. Получение первичной информации и ее обработка для моделирования сельскохозяйственных агрегатов и их систем регулирования //Записки ЛСХИ. Л., 1966. Т. 108. Вып. 1. С. 41-46.
 5. Еникеев В.Г., Валге А.М., Плаксина Е.Г. Использование статистических методов для обработки данных при проведении научных исследований по механизации и электрификации сельскохозяйственного производства. Л., 1978. 64 с.

6. Кубеев Е.И. Оптимизация кинематического режима дражирования // *Аграрная наука*. 2010. N7. С. 29-30.
 7. Кубеев Е.И. Взаимодействие семян и компонентов драже // *Техника в сельском хозяйстве*. 2010. N3. С. 37-39.
 8. Кубеев Е.И. Увеличить всхожесть семян моркови // *Сельский механизатор*. 2010. N8. С. 16-17.
 9. Кубеев Е.И. Вероятностная оценка качества калибровки дражированных семян овощных культур // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 2010. N4. С. 26-27.
 10. Черноиванов В.И., Ежевский А.А., Федоренко В.Ф. Мировые тенденции машинно-технологического обеспечения интеллектуального сельского хозяйства. М.: Росинформагротех. 2012. 284 с.
 11. Tariq Shah, Amir Zaman Khan, Asif ur Rehman, H. Akbar, A. Muhammad, S.K. Khalil. Influence of pre-sowing seed treatments on germination properties and seedling vigor of wheat // *Research in: Agricultural & Vet. Sci.* Vol. 1, N1, 2017, pp. 62-70.

REFERENCES

1. Modelirovaniye sel'skokhozyaystvennykh agregatov i ikh sistem upravleniya [Modeling of agricultural units and their control systems] /Ed. by A.B. Lur'ye. L.: Kolos. 1979. 312. (In Russian).
 2. Valge A.M., Pashchenko F.F. Matematicheskoye modelirovaniye tekhnologicheskikh protsessov sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva po eksperimental'nym dannym (Dinamicheskiye modeli): Metodicheskiye rekomendatsii [Mathematical modeling of technological processes of agricultural production according to experimental data (Dynamic models): Guidelines] NIPTIMESKH NZ RSFSR. L.: Pushkin, 1980. 85. (In Russian).
 3. Valge A.M. Obrabotka eksperimental'nykh dannykh i modelirovaniye dinamicheskikh sistem pri provedenii issledovaniy po mekhanizatsii sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva [Processing of experimental data and modeling of dynamic systems during research on agricultural production mechanization]. SPb.: SZNIMESKH, 2002. 176. (In Russian).
 4. Yenikeev V.G., Kerber V.N., Kryachko K.A. Polucheniye pervichnoy informatsii i yeye obrabotka dlya modelirovaniya sel'skokhozyaystvennykh agregatov i ikh sistem regulirovaniya [Generation and processing of primary information for the simulation of agricultural machines and their control systems] //Zapiski LSKHI. L., 1966. Vol. 108. Issue 1: 41-46. (In Russian).
 5. Yenikeev V.G., Valge A.M., Plaksina Ye.G. Ispol'zovaniye statisticheskikh metodov dlya obrabotki dannykh pri provedenii nauchnykh issledovaniy po mekhanizatsii i elektrifikatsii sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva [Use

of statistical methods for data processing in conducting a scientific research on the mechanization and electrification of agricultural production]. L., 1978. 64. (In Russian).
 6. Kubeyev Ye.I. Optimizatsiya kinemacheskogo rezhima drazhirovaniya [Optimization of the kinematic mode of pelleting] // *Agrarnaya nauka*. 2010. N7. 29-30. (In Russian).
 7. Kubeyev Ye.I. Vzaimodeystviye semyan i komponentov drazhe [Interaction of seed and pellet components] // *Tekhnika v sel'skom khozyaystve*. 2010. N3. 37-39. (In Russian).
 8. Kubeyev Ye.I. Uvelichit' vskhozhest' semyan morkovi [Increasing the germination rate of carrot seeds] // *Sel'skiy mekhanizator*. 2010. N8. 16-17. (In Russian).
 9. Kubeyev Ye.I. Veroyatnostnaya otsenka kachestva kalibrovaniya drazhированных semyan ovoshchnykh kul'tur [Probabilistic assessment of the calibration quality of pelleted vegetable seeds] // *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva*. 2010. N4. 26-27. (In Russian).
 10. Chernoi vanov V.I., Ezhevskiy A.A., Fedorenko V.F. Mirovyeye tendentsii mashinno-tekhnologicheskogo obespecheniya intellektual'nogo sel'skogo khozyaystva [Global trends in machine-technological support of intellectual agriculture]. Moscow: Rosinformagrotekh. 284. (In Russian).
 11. Tariq Shah, Amir Zaman Khan, Asif ur Rehman, H. Akbar, A. Muhammad, S.K. Khalil. Influence of pre-sowing seed treatments on germination properties and seedling vigor of wheat // *Research in: Agricultural & Vet. Sci.* Vol. 1, N1, 2017, 62-70. (In English)

Статья поступила в редакцию 01.02.2018

Статья принята к публикации 09.04.2018

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Уточненный расчет сепарирующей поверхности машины для уборки лука

Алексей Викторович Сибирёв,
кандидат технических наук, старший научный
сотрудник, e-mail: sibirev2011@yandex.ru;
Александр Геннадьевич Аксенов,
кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник;

Алексей Семенович Дорохов,
доктор технических наук, член-корреспондент
Российской академии наук,
главный научный сотрудник

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Многообразие почвенно-климатических условий России требует разработки и применения соответствующих технологий и технических средств уборки корнеплодов. Определяющие влияние на развитие машин и технологий уборки овощных культур оказывают физико-механические свойства убираемой культуры, тип и состояние почвы. *(Цель исследования)* Определить интенсивность сепарации луко-почвенного вороха на прутковом элеваторе, величину подачи вороха с поверхности пруткового элеватора на устройства вторичной сепарации применительно к машинам для уборки лука. *(Материалы и методы)* Лимитирующим фактором при выделении основных конструктивных параметров рабочих органов технического средства служат размерно-массовые характеристики исследуемого материала. Рассмотрели вопрос о повышении качественных показателей работы сепарирующих устройств лукоуборочных машин в результате уточнения основных входных параметров, определяющих технологический процесс очистки луковиц от почвенно-растительных примесей. Установили величину подачи вороха лука на подкапывающий лемех лукоуборочной машины в соответствии с размерно-массовыми характеристиками луковиц. *(Результаты и обсуждение)* Определили долю луковиц в общем объеме подкапываемого вороха, массу вороха лука и примесей на сходе с поверхности пруткового элеватора, подачу вороха лука с поверхности пруткового элеватора на устройства вторичной сепарации. Уточнили зависимости, характеризующие вероятность исключения потерь фракционного состава вороха лука через щелевые отверстия пруткового элеватора и интенсивность сепарации. Выявили влияние конструктивных и технических параметров пруткового элеватора, а также массы мелкой почвенной фракции на интенсивность сепарации вороха луковиц на прутковом элеваторе. *(Выводы)* Получили формулу, определяющую подачу вороха луковиц на устройства вторичной сепарации с поверхности пруткового элеватора в зависимости от его конструктивных и технологических параметров, а также от массы вороха луковиц. **Ключевые слова:** лук, уборка лука, почвенные комки, подача вороха, фракции вороха, интенсивность сепарации.

■ **Для цитирования:** Сибирёв А.В., Аксенов А.Г., Дорохов А.С. Уточненный расчет сепарирующей поверхности машины для уборки лука // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2018. Т. 12. №3. С. 28-31. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-3-28-31

Proximate Design of Onion Harvester Separating Surface

Aleksei V. Sibirev,
Ph.D. (Eng.), Senior Research Engineer,
email: sibirev2011@yandex.ru;
Aleksandr G. Aksenov,
Ph.D. (Eng.), Key Research Engineer;

Aleksey S. Dorokhov, Dr.Sc. (Eng), Corresponding
Member of the Russian Academy of Sciences,
Chief Researcher;

Federal Research Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract: High variability of soil and climatic conditions in Russia requires to develop and use appropriate technologies and technical means to harvest root crops. The authors have determined input parameters that depend on physical and mathematical characteristics of harvested crops, soil type and condition and have a critical impact on developing crop harvesters and harvesting technologies. *(Research purpose)* The research aims at determining the separation intensity of onion-soil heap on the rod elevator, as well as onion heap supply from the surface of the rod elevator trails to the secondary separation mechanisms – all relating to onion harvesting machines. *(Materials and methods)* The size and mass parameters of the studied material are limitative for



designing basic parameters of the working elements of technical equipment. The issue of increasing quality indicators of onion picker separators is considered on condition that basic input parameters should be precisely defined as they determine technological process of onion cleaning from soil and plant impurities. The authors have determined the amount of onion heap supply to the onion harvester lifting share in accordance with onion dimensional and mass characteristics. (*Results and discussion*) The onion fraction in the total lifted heap has been determined as well as the weight of onion heap and impurities on the rod elevator trails and onion heap supply from the surface of the rod elevator trails to the secondary separation mechanisms. The authors have also specified separation intensity as well as interdependencies describing a possibility of loss prevention in onion heap fractional composition passing through the rod elevator slots. The influence of design and technical parameters of the rod elevator as well as the influence of fine soil fraction mass on the onion heap separation intensity of the rod elevator have been revealed as well. (*Conclusions*) The formula has been obtained to determine onion heap supply from the rod elevator surface to the secondary separation mechanisms depending on design and technical parameters of the rod elevator as well as the onion heap weight.

Keywords: Onion; Onion harvesting; Clumped soil; Heap supply; heap fractions; separation intensity.

For citation: Sibirev A.V., Aksenov A.G., Dorokhov A.S. Proximate design of onion harvester separating surface: *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tehnologii*. 2018; 12(2): 28-31. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-3-28-31. (In Russian)

Развитие промышленного производства лука-севка сдерживается отсутствием средств механизированной уборки луковиц, отвечающих одному из агротехнических требований – полноте сепарации вороха луковиц от почвенных примесей [1, 2]. Кроме того, в связи с повышением урожайности лука-севка использованием в качестве семенного материала высокоурожайных гибридов (Геркулес *FL*, Стурон, Трой *FL*, Штур БС 20, Центурион *FL*, Форум *FL*, Глобус, Золотничок) возрастают масса и количество луковиц лука-севка на одном погонном метре [3]. Следовательно, увеличивается подача вороха луковиц с поверхности подкапывающих устройств на сепарирующие рабочие органы первичной и вторичной сепарации современных лукоуборочных машин, которые не обеспечивают полноту выделения почвенных примесей при уборке лука.

Качество выполнения технологического процесса работы машины для уборки лука в первую очередь определяется работой выкапывающего рабочего органа. В зависимости от его типа и технологических параметров меняются конструктивно-технологические параметры сепарирующих устройств [4-7]. Выявлены особенности изменения интенсивности сепарации клубненосного вороха картофелеуборочного комбайна [8]. Но клубни картофеля и луковицы лука-севка обладают различными размерно-массовыми и физико-механическими свойствами. Поэтому при расчете сепарирующих устройств луковиц требуется уточнить соответствующие эмпирические коэффициенты и аналитические зависимости.

Цель исследования – определение интенсивности сепарации луко-почвенного вороха на прутковом элеваторе, величины подачи вороха с поверхности пруткового элеватора на устройства вторичной сепарации применительно к машинам для уборки лука.

Материалы и методы. Для определения величины подачи вороха луковиц с подкапывающих на сепарирующие рабочие органы лукоуборочной машины необходимо в рамках лаборатории воссоздать условия,

идентичные реальным, при возделывании лука.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Долю луковиц $W_{\text{л}}$ по отношению к общему объему луко-почвенного вороха определяем по выражению [9]:

$$W_{\text{л}} = \frac{V_{\text{л}}}{V_{\text{в}}}, \quad (1)$$

где $V_{\text{л}}$ – объем луковиц, подкапываемый лемехом, м³; $V_{\text{в}}$ – объем луко-почвенного вороха, подкапываемый лемехом, м³.

Подачу вороха лука $Q_{\text{вп}}$ на подкапывающий лемех находим по выражению [10]:

$$Q_{\text{вп}} = \frac{V_{\text{в}} v_{\text{л}} (\rho_{\text{п}} + \rho_{\text{л}})}{l_{\text{п}}}, \quad (2)$$

где $v_{\text{л}}$ – поступательная скорость подкапывающего лемеха, м/с; $\rho_{\text{п}}$ – плотность почвы, кг/м³; $\rho_{\text{л}}$ – плотность луковиц, кг/м³; $l_{\text{п}}$ – длина подкапывающего лемеха, м.

Таким образом, при известной схеме посевов лука величину подачи вороха на подкапывающий лемех можно определить по формуле (2), учитывающей физико-механические свойства почвы и луковиц.

Состав вороха лука $m_{\text{вп}}$, поступающего с поверхности подкапывающего рабочего органа на сепарирующие органы, образован пятью основными фракциями (по массе, кг):

- мелкими почвенными примесями m_1 ;
- комками почвы, соизмеримыми с луковицами m_2 ;
- крупными почвенными комками m_3 ;
- луковицами m_4 ;
- растительными примесями m_5 .

Рабочая поверхность пруткового элеватора образована набором прутков диаметром $d_{\text{п}}$ с шелевым расстоянием между ними $S_{\text{п}}$, обусловленным выполнением технологического процесса сепарации с соблюдением условий [4]:

- максимальное просеивание почвенных и других примесей;
- сокращение до минимума потерь и повреждений

корнеклубнеплодов. Реализация первого условия требует увеличения просветов в элеваторе и интенсивности воздействия на компоненты вороха. Выполнение второго условия предполагает сужение просветов и шадящий режим работы. Согласно технологической схеме машины для уборки корнеклубнеплодов и лука, устройства первичной сепарации предназначены для выделения мелких почвенных примесей m_1 , поэтому щелевые отверстия для предупреждения потерь товарной продукции выбирают из условия:

$$S_{\Pi} < d_K, \quad (3)$$

где d_K – минимальный диаметр корнеклубнеплода, м.

Следовательно, фракционный состав вороха лука-севка на сходе $m_{СХэл}$ с пруткового элеватора состоит из:

- комков почвы, соизмеримых по размерам с луковичками, m_2 ;
- крупных почвенных комков, m_3 ;
- луковиц, m_4 .

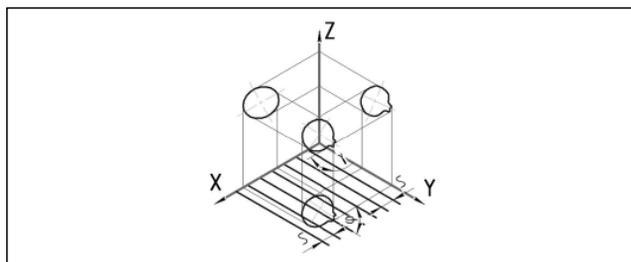


Рис. Схема определения вероятности прохождения луковички через просветы пруткового элеватора

Fig. Diagram to possibility determination of onion penetration through rod elevator blanks

Возможен случай пересечения луковичкой поверхности пруткового элеватора параллельно его пруткам (рисунки).

Вероятность данного события [4]:

$$P = \frac{8}{\pi^2 S} \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \int_{\gamma_1}^{\gamma_2} \frac{d_K \sin \varphi \sin \gamma - S_{\Pi}}{2} d\varphi d\gamma, \quad (4)$$

где φ – угол между горизонтальной проекцией луковички и прутками элеватора, град;

γ – угол между вертикальной проекцией луковички и прутками элеватора, град.

При этом:

$$\varphi_1 = \arcsin \frac{S_{\Pi}}{d_K \sin \gamma}; \quad (5)$$

$$\varphi_2 = \arcsin \frac{2S_{\Pi}}{d_K \sin \gamma}; \quad (6)$$

$$\gamma_1 = \arcsin \frac{d_K \sin \varphi}{2S_{\Pi}}; \quad (7)$$

$$\gamma_2 = \arcsin \frac{2S_{\Pi}}{d_K \sin \varphi}, \quad (8)$$

где γ_1, φ_1 – минимальные, а γ_2 и φ_2 – максимальные

значения параметров. Вероятность P' исключения потерь фракционного состава вороха лука (m_2, m_3, m_4) через щелевые отверстия пруткового элеватора определяем выражением [4]:

$$P' = \frac{\pi - 2\eta_2}{\pi} + \frac{2d_K}{\pi^2 S_{\Pi}} (\eta_2 - \eta_1) - \frac{d_K}{\pi^2 S_{\Pi}} (\sin 2\eta_2 - \sin 2\eta_1) - \frac{4}{\pi^2} (\eta_2 - \eta_1), \quad (9)$$

где:

$$\eta_1 = \arcsin \sqrt{\frac{S_{\Pi}}{d_K}}; \quad (10)$$

$$\eta_2 = \arcsin \sqrt{\frac{2S_{\Pi}}{d_K}}, \quad (11)$$

где η_1, η_2 – пределы изменения углов φ и γ , благоприятствующих данному событию.

С сепарирующей поверхности пруткового элеватора сходят фракции луковиц, крупные почвенные комки и комки, соизмеримые с луковичками. Поэтому масса вороха лука на сходе с пруткового элеватора равна:

$$m_{СХэл} = (m_2 + m_3 + m_4)P'. \quad (12)$$

Вычислим вероятность прохода P'_{Π} массы $m_{СХэл}$ через щелевые отверстия S_{Π} пруткового элеватора:

$$P'_{\Pi} = 1 - P'. \quad (13)$$

Согласно формуле (12) получаем массу вороха лука на сходе $m_{СХэл}$ с поверхности пруткового элеватора:

$$m_{СХэл} = 2P'(m_2 + m_3 + m_4) - (m_2 + m_3 + m_4). \quad (14)$$

Массу отсепарированной мелкой почвенной фракции m_1 найдем по выражению:

$$m_1 = m_{Вп} - m_{СХэл}, \quad (15)$$

где $m_{Вп}$ – масса вороха лука, поступающего с подкапывающих на сепарирующие рабочие органы, кг:

$$m_{Вп} = \frac{Q_{Вп} l_{\Pi}}{v_l}. \quad (16)$$

При известной подаче $Q_{Вп}$ вороха лука на подкапывающий лемех определим интенсивность сепарации вороха луковиц на поверхности пруткового элеватора уборочной машины q_B . В соответствии с [11, 12] уточним известную формулу согласно выражению (12):

$$q_B = \frac{m_1 v_{эл}}{Bl_{эл}^2}, \quad (17)$$

где $v_{эл}$ – поступательная скорость движения пруткового элеватора, м/с;

B – ширина пруткового элеватора, м;

$l_{эл}$ – длина пруткового элеватора, м.

Подачу вороха луковиц с поверхности пруткового элеватора на устройства вторичной сепарации определяем по формуле:

$$Q_{Вэл} = \frac{m_{СХэл} v_{эл}}{l_{эл}}. \quad (18)$$

Выводы. Результаты проведенных исследований



позволяют определить интенсивность сепарации луковиц, величину подачи вороха луковиц с поверхности пруткового элеватора на устройства вторичной

сепарации применительно к машинам для уборки лука. Эти показатели служат определяющим фактором при проектировании устройств вторичной сепарации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П. Система машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства на период до 2020 года // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2013. №6. С. 6-10.
2. Лобачевский Я.П., Емельянов П.А., Аксенов А.Г., Сибирев А.В. Машинная технология производства лука: Монография. М.: ВИМ, 2016. 168 с.
3. Аксенов А.Г., Сибирев А.В. Исследование размерно-массовых характеристик лука-севка гибрида Геркулес F1 // *Вестник Казанского ГАУ*. 2016. №2(40). С. 5-9.
4. Хвостов В.А., Рейнгарт Э.С. Машины для уборки корнеплодов и лука (теория, конструкция, расчет). М.: 1995. 391 с.
5. Алдошин Н.В., Дидманидзе О.Н. Инженерно-техническое обеспечение качества механизированных работ: Монография. М.: РГАУ-МСХА, 2015. 188 с.
6. Алдошин Н.В. Стабильность технологических процессов в растениеводстве // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 2007. №3. С. 5-7.

7. Алдошин Н.В. Анализ технологических процессов в растениеводстве // *Техника в сельском хозяйстве*. 2008. №1. С. 34-37.
8. Сорокин А.А. Теория и расчет картофелеуборочных машин: Монография. М.: ВИМ. 2006. 158 с.
9. Костенко М.Ю., Костенко Н.А. Вероятностная оценка сепарирующей способности элеватора картофелеуборочной машины // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 2009. №12. С. 4.
10. Сибирев А.В. Аналитическое определение величины подачи вороха лука-севка на подкапывающий лемех // *Аграрный научный журнал*. 2017. №5. С. 75-78.
11. Латышенок М.Б., Горячкина И.Н. Костенко М.Ю. Результаты исследования интенсивности сепарации на лабораторном прутковом элеваторе при регулировании загрузки // *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева*. 2010. №5. С. 70-72.
12. Thompson A.K. Post-harvest Technology of Fruit and Vegetables. Berlin: Blackwell Science, 1996: 282. (In English)

REFERENCES

1. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P. Sistema mashin i tekhnologiy dlya kompleksnoy mekhanizatsii i avtomatizatsii sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva na period do 2020 goda [System of machinery and technologies for integrated mechanization and automation of agricultural production for the period up to 2020] // *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2013. №6: 6-10. (In Russian)
2. Lobachevskiy Ya.P., Yemel'yanov P.A., Aksenov A.G., Sibirev A.V. Mashinnaya tekhnologiya proizvodstva luka: Monografiya [Machine technology of onion production: Monograph]. M.: VIM, 2016: 168. (In Russian)
3. Aksenov A.G., Sibirev A.V. Issledovaniye razmerno-massovykh kharakteristik luka-sevka gibrida Gerkules F1 [Study the dimensionmass characteristics of Hercules F1 hybrid onion] // *Vestnik Kazanskogo GAU*. 2016. №2(40): 5-9. (In Russian)
4. Khvostov V.A., Reyngart E.S. Mashiny dlya uborki korneplodov i luka (teoriya, konstruktsiya, raschet) [Root crop and onion harvesters (theory and design)]. M.: 1995: 391. (In Russian)
5. Aldoshin N.V., Didmanidze O.N. Inzhenerno-tekhnicheskoye obespecheniye kachestva mekhanizirovannykh rabot: Monografiya [Engineering and technical support of the quality of mechanized works: Monograph]. M.: RGAU-MSKhA, 2015: 188. (In Russian)
6. Aldoshin N.V. Stabil'nost' tekhnologicheskikh protsessov v rasteniyevodstve [Consistency of technology processes in crop production] // *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo*

7. Aldoshin N.V. Analiz tekhnologicheskikh protsessov v rasteniyevodstve [Analysis of technological processes in crop production] // *Tekhnika v sel'skom khozyaystve*. 2008. №1: 34-37. (In Russian)
8. Sorokin A.A. Teoriya i raschet kartofeleuborochnykh mashin: Monografiya [Theory and design of potato harvesters: Monograph]. M.: VIM. 2006: 158. (In Russian)
9. Kostenko M.Yu., Kostenko N.A. Veroyatnostnaya otsenka separiruyushchey sposobnosti elevatora kartofeleuborochnoy mashiny [Probabilistic estimation of the separating capacity of the potato harvesting machine elevator] // *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva*. 2009. №12: 4. (In Russian)
10. Sibirev A.V. Analiticheskoye opredeleniye velichiny podachi vorokha luka-sevka na podkapyvayushchiy lemekh [Analytical determination of the amount of seed onion heap supply to a lifting share] // *Agrarnyye nauchnyy zhurnal*. 2017. №5: 75-78. (In Russian)
11. Latyshenok M.B., Goryachkina I.N., Kostenko M.Yu. Rezul'taty issledovaniya intensivnosti separatsii na laboratornom prutkovom elevatore pri regulirovaniy zagruzki [Analysis results of the separation intensity of a lab raddle elevator with adjustable load] // *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva*. 2010. №5: 70-72. (In Russian)
12. Thompson A.K. Post-harvest Technology of Fruit and Vegetables. Berlin: Blackwell Science, 1996: 282. (In English)

Статья поступила в редакцию 10.09.2017

Статья принята к публикации 02.06.2018

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Эффективность микропроцессорной системы автоматического управления работой светодиодных облучательных установок

Надежда Петровна Кондратьева¹, доктор технических наук, e-mail: aep_isha@mail.ru;
Роман Игоревич Корепанов¹, аспирант;
Ильнур Равилевич Ильясов¹, аспирант;
Роман Геннадьевич Большин¹, кандидат технических наук, преподаватель;

Мария Геннадьевна Краснолуцкая¹, преподаватель;
Елена Николаевна Сомова², старший научный сотрудник;
Марина Геннадьевна Маркова², научный сотрудник

¹Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, г. Ижевск, Российская Федерация

²Удмуртский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, г. Ижевск, Российская Федерация

На продуктивность сельскохозяйственных культур существенно влияет доза оптического излучения. Так, южные культуры не успевают вызревать в условиях умеренного климата по причине уменьшения светового дня. Для защищенного грунта из-за низкой облученности и короткой продолжительности светового дня в осенне-зимние месяцы выращивание полноценных растений возможно только с применением источников искусственного излучения. Применение светодиодных (LED) фитоустановок позволяет смоделировать спектр любой географической зоны и с помощью микропроцессорных систем автоматического управления установить требуемую дозу оптического излучения. (*Цель исследования*) Обосновать на примере меристемных растений винограда эффективность применения светодиодной фитоустановки и ее влияние на прирост площади листовой поверхности; разработать разноцветные светодиодные фитоустановки; предложить новые технические решения для повышения эффективности микропроцессорной системы автоматического управления работой LED-фитоустановок. (*Материалы и методы*) Провели эксперименты на меристемных растениях винограда сорта РФ-48 (in vitro) на этапах их укоренения и адаптации. Для получения результатов использовали оборудование: светодиодный фитооблучатель с меняющимся спектром с помощью микропроцессорной системы управления, «мигающий» светодиодный фитооблучатель, разноцветный фитооблучатель с добавлением УФ-светодиодов. Создали на базе микроконтроллера Arduino uno микропроцессорную систему дозирования спектральных составляющих зоны ФАР для автоматического управления работой LED-фитоустановки. (*Результаты и обсуждение*) Показали, что светодиодный облучатель с меняющимся спектральным составом, в сравнении с люминесцентным облучателем, на этапе укоренения микропобегов винограда способствует существенному увеличению площади листовой поверхности микропобегов при 100-процентном укоренении побегов. Мигающий фитооблучатель и фитооблучатель с УФ-светодиодами, в сравнении с люминесцентным, на этапе адаптации микропобегов винограда способствовали увеличению площади листовой поверхности растений, но незначительно. (*Выводы*) Подтверждена необходимость дальнейшего повышения эффективности микропроцессорной системы автоматического управления работой светодиодных облучательных установок. **Ключевые слова:** светодиодные фитоустановки, растения in vitro, микропроцессорная система управления, светодиодные ленты .

■ **Для цитирования:** Кондратьева Н.П., Корепанов Р.И., Ильясов И.Р., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г., Сомова Е.Н., Маркова М.Г. Эффективность микропроцессорной системы автоматического управления работой светодиодных облучательных установок // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2018. Т. 12. №3. С. 32-37. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-3-32-37

The Efficiency of Automated Control Microprocessor Systems for LED Irradiation Installations

Nadezhda P. Kondratieva¹, Dr.Sc. (Eng), Professor, Head of the Department, , email: aep_isha@mail.ru;
Roman I. Korepanov¹, Postgraduate Student;
Ilnur R. Ilyasov¹, Postgraduate Student;

Roman G. Bolshin¹, Ph.D. (Eng), High School Teacher;
Maria G. Krasnolutsckaya¹, High School Teacher;
Yelena N. Somova², Senior Research Associate;
Marina G. Markova², Research Associate

¹Izhevsk State Agricultural Academy, Izhevsk, Russian Federation

²Udmurt Scientific Research Institute for Agriculture, Izhevsk, Russian Federation

Abstract. Crop productivity is significantly affected by the dose of optical radiation. In particular, southern crops do not have enough time to ripen in a temperate climate because of decreased daylight duration. In conditions of protected soil due to low irradiance and a short daylight duration in autumn-winter months, the cultivation of fully developed plants is possible only with the use of artificial radiation sources. The use of LED phytoinstallations with the help of microprocessor-based automatic control systems allows obtaining the required dose of optical radiation. (*Purpose of research*) To substantiate, as exemplified by meristematic grape plants, the effectiveness of LED phytoinstallations and their impact on the increase in the leaf surface area; to develop multicolored LED phytoinstallations; to offer new technical solutions to improve the efficiency of the microprocessor system of automatic control of LED phytoinstallations. (*Materials and methods*) the authors have carried out experiments with meristematic grape plants of RF48 variety (in vitro) at the stages of their rooting and adaptation. The following equipment has been used: LED phytoirradiator with a changing spectrum using a microprocessor control system, “blinking” led phytoirradiator, multicolored phytoirradiator with the addition of UV LEDs. The authors have developed on the basis of microcontroller Arduino uno a microprocessor dispensing system of the spectral components of the areas of the photosynthetically active radiation to automatically control the operation of LEDbased phytoinstallations. (*Results and discussion*) it has been shown that a LED irradiator with a changing spectral composition, as compared to a luminescent irradiator, at the stage of rooting of grape microsprouts contributes to a significant increase in the leaf surface area of microplants at 100 percent rooting of sprouts. The blinking phytoirradiator and the UVLED phytoirradiator, as compared to the fluorescent ones, contributed to an insignificant increase in leaf area of plants at the adaptation stage of grape microplants. (*Conclusions*) The authors have confirmed the need to further improve the efficiency of the microprocessorbased automatic control system of LED irradiation installations.

Keywords: LED phytoinstallations, Plants in vitro, Microprocessor control system, LED strips.

■ For citation: Kondratieva N.P., Korepanov R.I., Ilyasov I.R., Bolshin R.G., Krasnolutsкая M.G., Somova E.N., Markova M.G. The efficiency of automated control microprocessor systems for the LED irradiation installations. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tehnologii*. 2018; 12(3): 32-37. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-3-32-37. (In Russian)

На продуктивность сельскохозяйственных культур существенно влияет доза оптического излучения. Например, южные культуры не успевают вызреть в условиях умеренного климата ввиду того, что продолжительность светового дня и угол высоты солнца уменьшаются.

Применение разноцветных светодиодов, или RGB-светодиодов, позволяет смоделировать спектр любой географической зоны, а использование микропроцессорных систем автоматического управления работой этих установок позволяет реализовать требуемую дозу оптического излучения. Часть оптического диапазона, активно используемая растениями, называется фотосинтетически активной радиацией (ФАР). ФАР имеет особую значимость в условиях защищенного грунта, где из-за низкой облученности и короткой продолжительности светового дня в осенне-зимние месяцы выращивание полноценных растений возможно только с применением источников искусственного излучения. Грамотно управляя светодиодами (LED) фитоустановками с помощью микропроцессорных систем автоматического управления, можно получать требуемую дозу спектральной составляющей зоны ФАР.

Особое значение светодиодное освещение имеет для растений, *in vitro*, питание которых не пол-

ностью автотрофно. Так выращивают меристемные растения. Меристема – растительная ткань, обладающая способностью к интенсивному делению клеток [1-5]. Одной из современных форм совершенствования питомниководства стало клональное микроразмножение растений. Этот метод позволяет не только обеспечить высокий коэффициент мультипликации, но и провести оздоровление посадочного материала от вредителей и ряда патогенов. Традиционно работы по повышению эффективности микроразмножения растений сводятся к оптимизации состава питательной среды и условий культивирования. Однако стимулирование морфофизиологических процессов у растений возможно путем использования фиторегуляторных методов [1, 2].

Многочисленные исследования свидетельствуют о положительном влиянии светодиодного освещения на сельскохозяйственные культуры. Особенность облучателей, сконструированных на светодиодах, состоит в том, что спектральный состав их световых потоков в наибольшей степени соответствует ФАР [6-9]. Актуальность работы обусловлена необходимостью совершенствования методов клонального микроразмножения растений и создания энергосберегающих технологий их культивирования.

Цель исследований – повышение эффективности микропроцессорной системы автоматического управления работой различных светодиодных облучательных установок и изучение их влияния на прирост площади листовой поверхности меристемных растений винограда.



Рис. 1. Общий вид меристемных растений культуры винограда

Fig. 1. General view of meristem plants of grape culture

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- разработать различные разноцветные светодиодные фитоустановки;
- провести эксперименты на меристемных растениях винограда;
- предложить новые технические решения для повышения эффективности микропроцессорной системы автоматического управления работой LED-фитоустановок.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Эксперименты проводили в меристемной лаборатории Удмуртского НИИСХ. Для исследований использовали культивируемые *in vitro* растения винограда сорта РФ-48 на этапах укоренения и адаптации (рис. 1).

Укоренение микрорастений *in vitro* проводили в светокмате лаборатории на питательной среде по прописи Мурасиге-Скуга с добавлением индолилмасляной кислоты (ИМК) в дозе 0,5 мг/л при про-

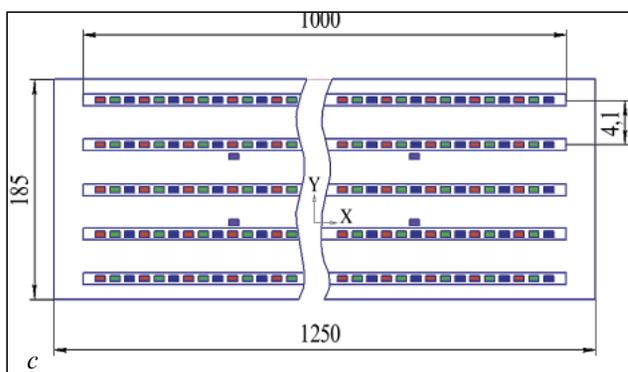


Рис. 2. LED-фитоустановка: а, б – общий вид; с – схема УФ-светодиодами и ее габаритами, мм

Fig. 2. LED-phyto-installation: a, b – general view; c – scheme with UV LEDs and its dimensions, mm

должительности светового дня 16 ч и температуре воздуха 23-25°C. Адаптация меристемных растений проходила в тех же условиях в контейнерах объемом 0,5 л с грунтом на основе верхового торфа.

Для облучения использовали:

- светодиодный фитооблучатель с меняющимся спектром с помощью микропроцессорной системы управления (рис. 2);
- «мигающий» светодиодный фитооблучатель, который светил 0,5 с, затем была темновая пауза 1,0 с; это мигание продолжалось 30 с, затем следовало непрерывное облучение в течение 15 с;
- разноцветный фитооблучатель с добавлением УФ-светодиодов (рис. 2);
- контроль – люминесцентный облучатель с лампой ЛБ.

Параметры LED-фитооблучателей приведены в таблице.

Для автоматического управления работой LED-фитоустановки на базе микроконтроллера Arduino Uno создана микропроцессорная система дозирования спектральных составляющих зоны ФАР (рис. 3).

Принцип работы системы автоматического

Table		Таблица
ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ LED-ФИТООБЛУЧАТЕЛЯ TECHNICAL CHARACTERISTICS OF LED-PHYTO-RADIATOR		
Параметры Parameters	Светодиодный фитооблучатель LED-phyto-radiator	ЛПО 2×18 (контроль) LPO 2×18 (control)
Рабочее напряжение, В Operating voltage, V	12,4	220
Потребляемая мощность, Вт Power consumption, W	29,76	36
Освещенность, лк Illumination, lx	2200	1400



Рис. 3. Плата Arduino Uno
Fig. 3. Arduino Uno Board



управления работой светодиодных фитооблучателей описан в литературе [11-16].

В программе управления предусмотрены клавиши для добавления выращиваемых культур, а также учтены условия их выращивания.

В каждом варианте опыта использовали по 10 меристемных растений. Учитывали площадь листовой поверхности через каждые 5 сут. после начала облучения. Оценку корневой системы микрорастений провели в конце этапа по методике (ОСТ 10069 95).

Этап укоренения микропобегов винограда составил 25 сут., этап адаптации – 20 сут. Работы по микроразмножению проводили согласно «Технологии производства безвирусного посадочного материала плодовых, ягодных культур и винограда».

Этап укоренения завершает процесс культивирования растений *in vitro*. К концу этапа сказывается качество листового аппарата и корневой системы микрорастения. Для успешного перевода из стерильных условий в нестерильные (адаптации) дисбаланс между побегом и его корневой системой недопустим.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ. Светодиодный облучатель с меняющимся спектром оказал положительное влияние как на площадь листовой поверхности микрорастений винограда, так и на их корневую систему (рис. 4). Наибольший эффект полу-

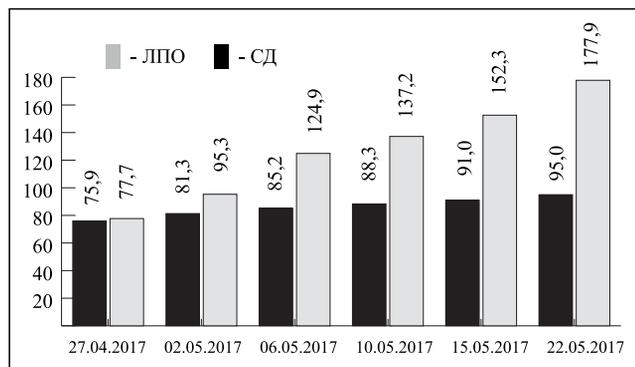


Рис. 4. Влияние освещения на динамику роста площади листовой поверхности микрорастений культуры винограда, мм²
Fig. 4. The impact of lighting on the growth dynamics of leaf area of grape culture micro plants, mm²

чен на листовом аппарате микрорастений винограда. В сравнении с традиционным люминесцентным облучателем, заметное, но незначительное увеличение площади листовой поверхности (14,0 мм²) отмечено уже на пятые сутки этапа укоренения. Начиная с 10-суточного срока и до конца этапа укоренения данный прирост статистически достоверен и составляет 39,7 мм², 48,9 мм², 61,3 мм², 82,9 мм² соответственно. Укоренение микропобегов винограда к концу этапа достигло 100% независимо от освещения. Но более развитую корневую систему име-

ли микрорастения, облучаемые светодиодной установкой. Все микрорастения винограда к концу этапа укоренения соответствовали ОСТ 10069-95.

Перевод растений из стерильных условий культивирования в нестерильные – наиболее критический этап клонального микроразмножения. К факторам, влияющим на жизнеспособность микрорастений в период адаптации, относятся: тип субстрата, влажность воздуха, освещение, инфекционная нагрузка и другое. Именно на этом этапе можно потерять огромное количество уже размноженного материала.

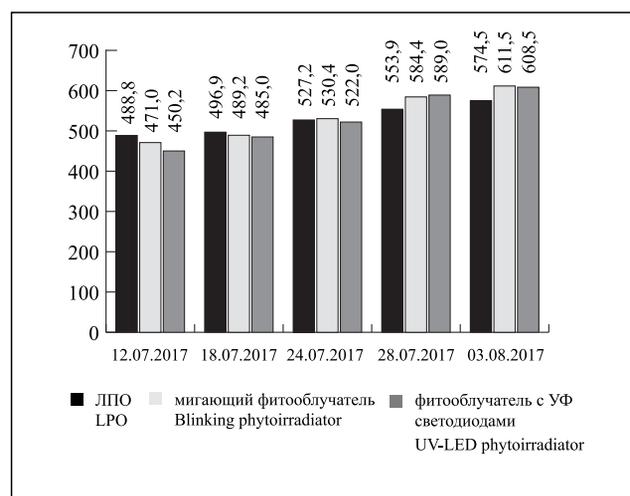


Рис. 5. Влияние освещения на динамику роста площади листовой поверхности адаптированных микрорастений культур винограда, мм²
Fig. 5. The impact of lighting on the growth dynamics of leaf area of adapted grape culture micro plants, mm²

Адаптированные меристемные растения высаживают на доращивание в открытый грунт питомника. Хорошо развитый листовый аппарат не только позволяет растениям хорошо прижиться, но и гарантированно способствует получению стандартного посадочного материала к концу сезона.

По итогам первых двух пятидневок адаптации облучение меристемных растений винограда све-

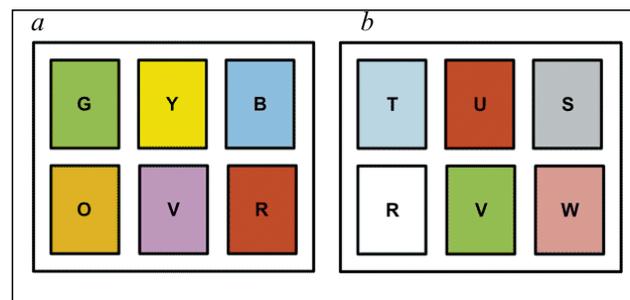


Рис. 6. Фотодиодная сборка анализаторов спектра: a – AS7262; b – AS7263
Fig. 6. Photodiode spectrum analyzers assembly: a – AS7262; b – AS7263

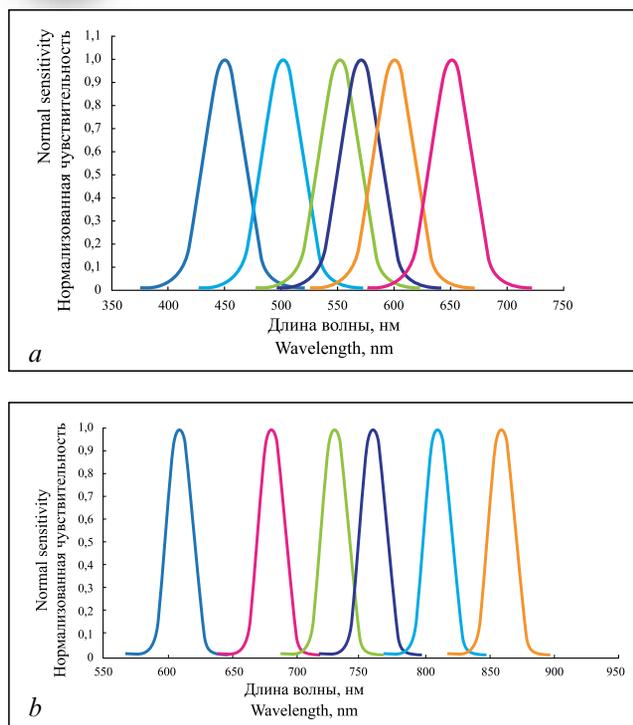


Рис. 7. Спектральная чувствительность анализаторов:

a – AS7262; b – AS7263

Fig. 7. The spectral sensitivity of the analyzers:

a – AS7262; b – AS7263

тодиодными установками, в сравнении с люминесцентным облучателем, не имело существенного положительного влияния: площадь листовой поверхности не увеличивалась, оставаясь на уровне контрольных значений (рис. 5). По измерениям на 15-е и 20-е сут. адаптации обе светодиодные установки способствовали, в сравнении с контролем, увеличению площади листьев винограда, но недостоверно. К концу этапа 100% растений винограда соответствовали ОСТ 10069-95.

Для получения точной дозы ФАР необходимо в микропроцессорную систему автоматического управления добавить анализаторы спектра, с помощью которых можно анализировать и изменять спектр LED-фитоустановок в реальном времени.

Для решения этой задачи была найдена информация о 6-канальных интегральных анализаторах спектра AS7262 и AS7263. Микросхема AS7262 предназначена для работы с видимой частью спек-

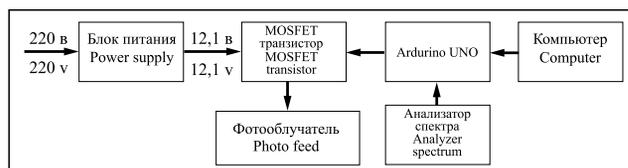


Рис. 8. Блок схема управления LED-фитоустановкой

Fig. 8. The block diagram of the LED-phyto-installation control

тра (450-650 нм), а AS7263 – с инфракрасным диапазоном (610-860 нм).

Ключевым элементом AS7262 и AS7263 являются фотодиодные сборки (рис. 6). В обоих случаях они представляют собой матрицы из шести фотодиодов с узким спектром чувствительности.

Микросхема анализатора спектра AS7262 предназначена для работы с видимой частью света (рис. 7). Ее фотодиоды имеют селективную чувствительность 450/500/550/570/600/650 нм при ширине спектра 40 нм. Как видно, их пиковые частоты разнесены на 50 нм (за исключением 570 нм оранжевый цвет). Микросхема AS7263 предназначена для анализа ближней части инфракрасного диапазона. Его фотодиоды работают с частотами 610/680/730/760/810/860 нм с шириной спектра чувствительности 20 нм (рис. 6). Для создания микропроцессорной системы автоматического управления светодиодной фитоустановкой разработана блок-схема (рис. 8).

Выводы

1. Светодиодный облучатель с меняющимся спектральным составом, в сравнении с люминесцентным облучателем, на этапе укоренения микропобегов винограда способствует существенному увеличению площади листовой поверхности микро-растений, при этом их укоренение составляло 100%;

2. Мигающий фитооблучатель и фитооблучатель с УФ-светодиодами, в сравнении с люминесцентным, на этапе адаптации микро-растений винограда способствовали увеличению площади листовой поверхности растений, но несущественно и лишь со второй половины этапа.

3. Положительные результаты экспериментов подтвердили необходимость дальнейшего повышения эффективности микропроцессорной системы автоматического управления работой светодиодных облучательных установок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пронина И.Н., Матушкина О.В. Экономические аспекты использования клонального микро-размножения в системе производства посадочного материала плодовых и ягодных культур // *Плодоводство и ягодоводство России*. 2011. Т.26. С. 82-88.
 2. Маркова М.Г. Сомова Е.Н. Приемы повышения укореняемости микропобегов земляники садовой в грунте

NVITRO // *Вестник Марийского государственного университета*. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. 2017. Т. 3. N2 (10). С. 34-39.

3. Тертышная Ю.В. Левина Н.С. Влияние спектрального состава света на развитие сельскохозяйственных культур // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2016. N5. С. 24-29.



4. Тертышная Ю.В. Левина Н.С., Елизарова О.В. Воздействие ультрафиолетового излучения на всхожесть и ростовые процессы семян пшеницы // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2017. N2. С. 31-36.

5. Мартиросян Ю.Ц., Полякова М.Н., Диловарова Т.А., Кособрюхов А.А. Фотосинтез и продуктивность растений картофеля в условиях различного спектрального облучения // *Сельскохозяйственная биология*. 2013. N1. С. 107-112.

6. Большин Р.Г., Ильясов И.Р., Кондратьева Н.П., Корепанов Р.И., Краснолуцкая М.Г., Литвинова В.М., Филатова О.М. Разработка микропроцессорной системы дозирования фотосинтетически активной радиации // *Вестник НГИЭИ*. 2017. N9 (76). С. 46-56.

7. Кондратьева Н.П., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г. Энергоэффективное энергосберегающие светодиодные облучательные установки // *Вестник ВИЭСХ*. 2016. N3 (24). С. 48-53.

8. Ильясов И.Р. Повышение эффективности дозирования ФАР (фотосинтетически активной радиации) // *Научные труды студентов Ижевской ГСХА ФГБОУ ВО «Ижевская государственная сельскохозяйственная ака-*

демия». Ижевск, 2017. С. 212-213.

9. Кондратьева Н.Т., Владыкин И.Р., Баранова И.А., Большин Р.Г. Краснолуцкая М.Г., Энергосберегающие электро-технологии и электрооборудование в сельском хозяйстве // *Иновации в сельском хозяйстве*. 2016. N4(19). С. 11-16.

10. Сомова Е.Н., Кондратьева Н.П., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г., Корепанов Р.И., Ильясов И.Р., Литвинова В.М. Результаты опытов по дозированию фотосинтетически активной радиации микропроцессорной системой, управляющей работой LED фитоустановками // *Вестник ВИЭСХ*. 2017. N3 (28). С. 56-64.

11. Ильясов И.Р. Разработка программного обеспечения для реализации режима облучения // *Научные труды студентов Ижевской ГСХА Электронный ресурс*. Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. Ижевск, 2017. С. 490-494.

12. Me Cree H.J., Joomis R.S. Photosynthesis in fluctuating light. *Ecology*, 1969. V. 50. N3.

13. Murashige T. Plant tissue an cell culture application to crop improvement. *Prauge: Czechosl. Acad. Sci.*, 1984. 23-32.

REFERENCE

1. Pronina I.N., Matushkina O.V. Economic aspects of the use of clonal micropropagation in the production system of planting material of fruit and berry crops // *Fruit growing and gourd cultivation of Russia*. 2011; 26: 82-88.

2. Markova M.G., Somova E.N. Techniques to increase the rooting microgrooves of wild strawberry in the ground NVITRO // *Bulletin of the Mari State University. Series: Agricultural sciences. Economic sciences*. 2017; 2 (10): 34-39.

3. Tertyshnaya Yu.V. Levina N.S. Vliyaniye spektral'nogo sostava sveta na razvitiye sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Influence of spectral composition of light on development of agricultural crops] // *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2016. N5: 24-29.

4. Tertyshnaya Yu.V. Levina N.S., Yelizarova O.V. Vozdeystviye ul'trafiioletovogo izlucheniya na vskhozhest' i rostovyye protsessy semyan pshenitsy [Influence of ultraviolet radiation on the germination and growth processes of wheat seeds] // *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2017. N2: 31-36.

5. Martirosyan Yu.Ts., Polyakova M.N., Dilovarova T.A., Kosobryukhov A.A. Fotosintez i produktivnost' rasteniy kartofelya v usloviyakh razlichnogo spektral'nogo oblucheniya [Photosynthesis and the potato productivity under different spectral irradiation] // *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*. 2013. N1: 107-112.

6. Bolshin R.G., Ilyasov I.R., Kondratieva N.P., Korepanov R.I., Krasnolutsкая M.G., Litvinova V.M., Filatova O.M. Development of a microprocessor dosing system for photosynthetically active radiation // *Bulletin of the NNIII*. 2017; 9: 46-56.

7. Kondratieva N.P., Bolshin R.G., Krasnolutsкая M.G.

Energy-efficient energy-saving LED irradiators // Vestnik VIESH. 2016; 3 (24): 48-53.

8. Il'yasov IR Increase in the effectiveness of dosing of PHAs (photosynthetically active radiation) / Ilyasov IR. // *Scientific works of the students of the Izhevsk State Agricultural Academy of the Federal State Educational Establishment of the Russian Federation «Izhevsk State Agricultural Academy»*. Izhevsk, 2017: 212-213.

9. Kondrat'yeva N.T., Vladikin I.R., Baranova I.A., Bol'shin R.G. Krasnolutsкая M.G., Energoberegayushchiye elektrotekhnologii i elektrooborudovaniye v sel'skom khozyaystve [Energy-saving electrotechnologies and electrical equipment in agriculture] // *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*. 2016. N4(19): 11-16.

10. Somova E.N., Kondratieva N.P., Bolshin R.G., Krasnolutsкая M.G., Korepanov R.I., Ilyasov I.R., Litvinova V.M. Results of experiments on dosing photosynthetically active radiation by a microprocessor system controlling the operation of LED phyto-plants // *Vestnik VIESH*. 2017; 3 (28): 56-64.

11. Ilyasov I.R. Development of software for the implementation of the irradiation regime // *In the collection: Scientific works of students of the Izhevsk State Agricultural Academy. The electronic resource*. Izhevsk State Agricultural Academy. Izhevsk, 2017: 490-494.

12. Me Cree H.J., Joomis R.S. Photosynthesis in fluctuating light // *Ecology*. 1969; 3: 50.

13. Murashige T. Plant tissue an cell culture application to crop improvement. *Prauge: Czechosl. Acad. Sci.*, 1984: 23-32.

Статья поступила в редакцию 24.11.2017

Статья принята к публикации 07.12.2017

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Показатели качества работы почвообрабатывающей рыхлительно-сепарирующей машины

Юрий Николаевич Сыромятников,
аспирант, e-mail: gara176@meta.ua

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко,
г. Харьков, Украина

Предпосевная обработка почвы предусматривает создание структуры, которая позволит повысить урожайность. (*Цель исследований*) Определить качественные показатели экспериментальной почвообрабатывающей роторной рыхлительно-сепарирующей машины для оптимизации пахотного слоя почвы, изменяющей структуру и плотность обрабатываемого слоя почвы в соответствии с требованиями агрономической науки. (*Материалы и методы*) Изучили в полевых условиях физико-механические свойства почвы после весенней обработки ее в условиях черного пара. Проанализировали структурно-агрегатный состав почвы в зависимости от вида обработки, плотность сложения почвы по слоям в различные сроки, динамику изменения влажности почвы по слоям на протяжении двух месяцев после ее весенней обработки. (*Результаты и обсуждение*) Проведены исследования почвообрабатывающей рыхлительно-сепарирующей машины на слое почвы, который после обработки расслаивается на четыре подслоя: надсеменной, семенной, подсеменной и подпахотный. Из надсеменного подслоя полностью удалены глыбистые фрагменты почвы размером более 20 миллиметров. В семенном – образуется наиболее ценная в агрономическом отношении структура почвы, размер отдельных компонентов которой не превышает 3-кратный размер семян, плотность сложения подсеменного до 1,25 грамм на кубический сантиметр. Подпахотный подслоем имеет плотность не выше 1,3 грамм на кубический сантиметр и твердость в плужной подошве – более 3 мегапаскалей, что обеспечивается основной обработкой. Информация для обоснования исследования получена в результате анализа литературных источников. (*Выводы*) Экспериментальная машина для оптимизации агрофизических свойств пахотного слоя почвы позволила повысить коэффициент структурности примерно в 2,5 раза, в сравнении с традиционными культиваторами. Выявили, что обработка почвы с использованием почвообрабатывающей рыхлительно-сепарирующей машины позволяет усовершенствовать методы предпосевной обработки почвы для улучшения ее агротехнических качеств, исключить предпосевное боронование и культивацию и осуществить подготовку почвы к посеву за один проход.

Ключевые слова: структура почвы, слой, состав, строение, машина, поверхность, обработка, качество.

■ **Для цитирования:** Сыромятников Ю.Н. Показатели качества работы почвообрабатывающей рыхлительно-сепарирующей машины // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. Т. 12. №3. С. 38-44. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-3-38-44

Qualitative Performance Indicators of a Ripping-and-Separating Machine for Soil Cultivation

Yury N. Syromyatnikov, postgraduate student,
e.mail: gara176@meta.ua

Kharkov National Technical University of Agriculture named after P.M. Vasilenko, Kharkov, Ukraine

Abstract. Pre-sowing soil cultivation aims at forming such a soil structure, which will allow increasing the yield. (*Research purpose*) To determine the qualitative indicators of an experimental soil-cultivating ripping-and-separating rotary machine for optimizing the ploughed soil layer, modifying the structure and density of the cultivated soil layer in accordance with the agronomic requirements. (*Materials and methods*) The author has studied physical and mechanical properties of the soil after its spring cultivation in the conditions of bare (black) fallow. Soil structure and aggregate composition depending on the type of cultivation, the density of soil layers at different times, the dynamics of soil moisture changes in the layers for two months after its spring cultivation have been analyzed as well. (*Results and discussion*) The author has studied the operation of a soil tillage ripping-and-separating machine on the soil layer, which is separated after processing into four sublayers: over-seed, seed, under-seed and subsurface ones. Soil fragments (lumps) of a size larger than 20 mm have been completely removed from the over-seed sublayer. The most valuable soil structure in agronomic terms is formed in the

seed sublayer, where the size of individual components does not exceed three times the size of seeds, the density of the under-seed sublayer is up to 1.25 grams per cubic centimeter. The subsurface sublayer has a density of not more than 1.3 grams per cubic centimeter and a hardness of more than 3 MPa in the plow sole, which is provided by the main tillage operations. The information for the study has been obtained as a result of the analysis of literary sources. (Conclusion) The experimental machine for optimizing the agrophysical properties of the ploughed soil layer allows increasing the structural coefficient by about 2.5 times as compared with traditional cultivators. It has been found that soil cultivation with a ripping-and-separating tillage machine allows to improve the methods of pre-sowing cultivation to improve its agrotechnical characteristics, skip pre-sowing harrowing and cultivation and prepare the soil for sowing in one run.

Keywords: soil structure, layer, structure, composition, machine, surface, tillage, quality.

For citation: Syromyatnikov Yu.N. Qualitative performance indicators of a ripping-and-separating machine for soil cultivation // *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2018. 12.(3): 38-44. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-3-38-44. (In Russian)

Технологические операции обработки почвы механическим воздействием направлены на создание благоприятных условий для накопления и сохранения влаги, посева семян, роста и развития растений [1, 2].

Предпосевная обработка почвы заключается в рыхлении верхнего слоя на глубину заделки семян, что обеспечивает мелкокомковатое строение посевного слоя, выравнивание поверхности поля, уплотнение ложа на глубине посева семян, заделку внесенных удобрений, уничтожение проросших сорняков и сохранение влаги в обрабатываемом слое почвы. Обработка почвы направлена также на создание благоприятных условий для работы сельскохозяйственных машин на посевах, при уходе за ними и при уборке урожая [3].

Существует экспериментальная машина для оптимизации агрофизических свойств пахотного слоя почвы, агрегируемая с трактором ХТЗ-17221, рис. 1 [4, 5].



Рис. 1. Экспериментальная машина почвообрабатывающая рыхлительно-сепарирующая в агрегате с трактором ХТЗ-17221

Fig. 1. The experimental soil-cultivating friable-separating machine aggregated with tractor HTZ-17221

Ее используют при возделывании зерновых (озимых и яровых) и технических культур, для выполнения поверхностной и предпосевной обработки почвы, для лущения стерни.

Глубина обработки при работе на полях, пред-

назначенных под посев и находящихся под парами, может регулироваться от 0 до 15 см.

Машина (рис. 2) состоит из шасси, с которым посредством параллелограммного рычажного механизма закреплена рама, которую можно перемещать по вертикали. На ней смонтированы рабочие органы: пассивные – стойки с лемехами и активные – ротор с рыхлителями. Ротор расположен над лемехами и не касается их. Лемехи снабжены сепарирующими решетками.

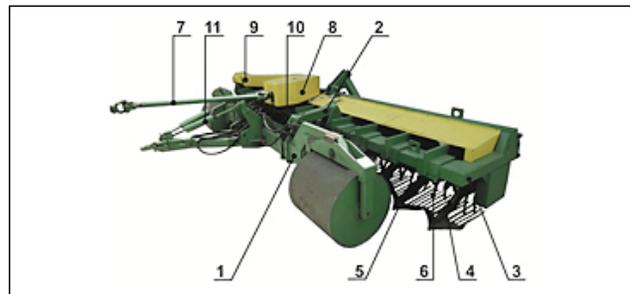


Рис. 2. Экспериментальная почвообрабатывающая рыхлительно-сепарирующая машина:

1 – шасси; 2 – рычажный механизм; 3 – рама; 4 – стойка; 5 – лемех с сепарирующими решетками; 6 – ротор с рыхлителями; 7 – карданная передача; 8 – зубчатая передача; 9 – цепная передача; 10 – механизм регулировки глубины обработки почвы; 11 – механизм регулировки горизонтального положения рамы

Fig. 2. Experimental soil-cultivating friable-separating machine: 1 – the chassis; 2 – the lever mechanism; 3 – frame; 4 – the rack; 5 – plowshare with separating gratings; 6 – rotor with friblers; 7 – cardan gear; 8 – gear transmission; 9 – chain transmission; 10 – mechanism for adjusting the depth of tillage; 11 – mechanism for adjusting the horizontal position of the frame

Подъем и опускание рамы осуществляются с помощью гидравлического привода. Ротор приводится в действие от вала отбора мощности трактора посредством карданной, цепной и зубчатой передач. Машина снабжена механизмом регулировки глубины обработки почвы и механизмом горизон-

тального положения рамы. Соединение шасси машины с маятником тягово-сцепного устройства осуществляется посредством штатных крепежных элементов трактора.

Машина работает следующим образом. При движении по полю лемехи подрезают пласт почвы, далее при его перемещении вдоль поверхностей лемеха и прутьев сепарирующей решетки он крошится, при этом мелкокомковатая фракция, не превышающая трех размеров высеваемых семян, просыпается сквозь решетку, формируя семенной подслоя. Дальнейшее формирование семенного подслоя происходит при воздействии на пласт рыхлителей ротора, которые крошат и рыхлят пласт, перемещая его вдоль сепарирующей решетки. Крупнокомковатая фракция с фрагментами не более 20 мм идет сходом с решетки, образуя надсеменной подслоя с параметрами, соответствующими оптимальному водно-воздушному режиму. Кроме этого, рыхлители ротора в процессе взаимодействия с пластом вычесывают из него сорные растения, не нарушая их целостности, и транспортируют их на поверхность надсеменной подслоя, а также очищают стойки лемехов от растительных остатков и сорняков [6].

Качество выполнения поверхностной основной и предпосевной обработок определяется не только глубиной обработки, гребнистостью поверхности, заделкой пожнивных остатков и глыбистостью, но также и структурным составом и плотностью сложения обрабатываемого слоя. Последние два параметра напрямую связаны с физическими, физико-механическими и реологическими (пластическими) свойствами почвы. Их величины в обрабатываемом слое должны соответствовать требованиям высеваемых культур [14]. Следовательно, и обрабатываемый слой должен быть для разных культур дифференцирован по ключевым параметрам почвы – структурному составу и плотности сложения.

Цель исследования. Проведение сравнительных испытаний работы экспериментальной почвообрабатывающей машины и культиватора КПС-4 с зубовыми боронами в производственных условиях, изучение качественных показателей работы машины.

Материалы и методы. Исходя из условий прорастания и развития растений структура оптимального обрабатываемого слоя перед посевом должна отвечать следующим требованиям (рис. 3):

- обрабатываемый слой должен состоять из четырех подслоев: надсеменного, семенного, подсеменного и подпахотного;

- из надсеменного подслоя должны быть полностью удалены глыбистые фрагменты почвы размером более 20 мм. Наличие таких фрагментов сво-

дит на нет все преимущества, созданные структурой обрабатываемого слоя;

- в семенном подслое должна быть сосредоточена наиболее ценная в агрономическом отношении структура. Размер отдельных фрагментов не должен превышать 3-кратный размер семян;

- плотность сложения подсеменного подслоя не должна превышать $1,25 \text{ г/см}^3$;

- подпахотный подслоя не должен иметь плотность выше $1,3 \text{ г/см}^3$ и твердость в плужной подошве более 3 МПа, что обеспечивается основной обработкой [17].

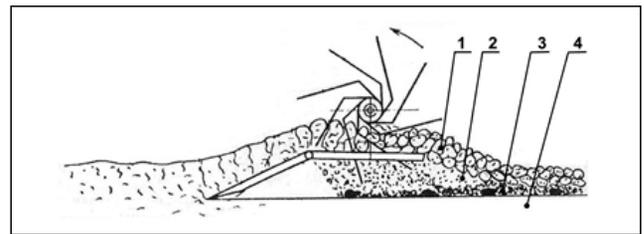


Рис. 3. Структура обрабатываемого слоя: 1 – надсеменной слой; 2 – семенной слой; 3 – подсеменной слой; 4 – подпахотный слой

Fig. 3. Structure of the processing layer: 1 – over-seed layer; 2 – the seed layer; 3 – under-seed layer; 4 – subsurface layer

Выполнение указанных требований обеспечит хороший контакт семян с почвой, быстрое их набухание, прорастание и беспрепятственное развитие корней вглубь почвы, экономное расходование влаги, накопленной за осенне-зимний период (вследствие слоистого сложения), эффективное усвоение растениями элементов питания из удобрений [16].

Гранулометрический состав почвы определяется количественным соотношением в ней четырех основных фракций: песчаной (размер частиц 2,00-0,05 мм); пылевой (размер частиц менее 0,002 мм); крупнозернистой супеси с размером частиц от 2 до 25 мм, и комков с частицами более 25 мм [7].

Для определенной культуры обрабатывают поле до получения необходимой рыхлости почвы, но с учетом уменьшения затрат используемой энергии. При незначительной засоренности поля сорняками, хорошем состоянии почвы не всегда необходимо применять традиционные системы обработки, которые включают в себя лущение стерни, вспашку, предпосевную обработку. Эти методы можно заменить на обработку почвы с одновременным посевом [8, 9]. Такая комбинированная обработка производится быстрее с наименьшими энергетическими затратами и экономией времени.

Известно, что при содержании в пахотном слое не менее 40-45% водоустойчивых агрегатов размером более 0,25 мм показатели плотности, твердости, общей пористости и пористости аэрации находятся в оптимальных пределах. В пахотном слое



черноземов таких агрегатов содержится 55-60% [9].

Перенасыщение состава почвы крупными агрегатами и глыбами приводит к увеличению степени аэрации, преобладание в составе мелкозема фракции пыли способствует ветровой эрозии. И то, и другое ведет к иссушению почвы и потере гумуса.

Влияние на урожайность сельскохозяйственных культур соотношения структурных частиц почвы и допустимых норм их содержания отражено в работах В.Р. Вильямса, П.А. Некрасова, П.А. Пигуевского и др. [10-13]. В исследованиях В.В. Медведева установлен наиболее благоприятный гранулометрический состав почвы, который обеспечивает растения питательными веществами и влагой. При этом агрегатов почвы размером 5-20 мм должно быть около 20-25%, агрономически ценных агрегатов почвы размером 0,25-5,0 мм – 60-65%, и мельче 0,25 мм – менее 15% [14].

При таком соотношении структурных почвенных агрегатов растения эффективно используют влагу и элементы питания. Также установлено, что максимальная урожайность сельскохозяйственных культур была получена при близких размерах семян и частиц почвы семенного слоя, а верхний слой почвы толщиной до 4 см должен иметь более крупные агрегаты почвы размером 5-20 мм [14].

На развитие растений в вегетационный период влияет плотность поверхностного слоя почвы, которая в засушливые годы увеличивается на $0,08 \text{ г/см}^3$, а во влажные годы – уменьшается на $0,05 \text{ г/см}^3$. Поэтому для поддержания оптимальной плотности почвы в верхнем слое пахотного горизонта целесообразно проводить уплотнение или рыхление ее.

Исследованиями многих ученых показано, что при содержании в пахотном слое почвы до 40-45% агрономически ценных структурных агрегатов, его плотность, твердость и пористость находятся в оптимальных пределах.

Для сохранения влаги и снижения температуры поверхности почвы применяют мульчирование ее поверхности растительными остатками [15, 16]. Мульчирование почвы может быть создано во время сбора зерновых культур путем разбрасывания измельченной соломы по поверхности поля.

Опираясь на результаты проведенных исследований, можно сделать вывод, что наиболее благоприятные условия для растений создаются при дифференциации обрабатываемого слоя почвы по структурному составу. При этом в поверхностном слое почвы должны преобладать агрегаты размером от 5 до 20 мм, а в зоне заделки семян – 0,25-10 мм.

Современные средства механизации для обработки почвы в отвальной, безотвальной и минимальных системах обеспечивают необходимые условия для выращивания сельскохозяйственных культур. Однако для создания физико-механиче-

ских свойств почвы, близких к оптимальным, а также для борьбы с сорными растениями необходимо проводить относительно большое количество механических обработок, зачастую с использованием гербицидов для очищения полей.

Для получения мелкокомковатой структуры почвы в зоне расположения семян не обязательно интенсивно ее крошить и тем самым увеличивать энергоемкость процесса. Нужная структура может быть получена при совмещении операции крошения почвы и фракционного ее распределения по глубине обработки.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. В полевых условиях качественные показатели работы машины для оптимизации пахотного слоя почвы оценивали по структуре, плотности и влажности почвы. Опытный участок площадью 1 га был вспахан осенью на глубину 25-27 см и разделен на две части. Одну часть участка (контроль) весной обработали культиватором КПС-4 с зубовыми бородами на глубину 10 см, вторую – на такую же глубину обрабатывали экспериментальной машиной.

Физико-механические свойства почвы при проведении экспериментов определяли в соответствии с ОСТ 70.2.15-73.

Влажность почвы определяли методом термической сушки в пятикратной повторности. Образцы почвы массой 0,03-0,04 кг укладывали в алюминиевые стаканчики, взвешивали и сушили в шкафу при температуре $105 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение восьми часов. После сушки образцы почвы снова взвешивали. Влажность почвы определяли по формуле:

$$W_a = \frac{m_v - m_c}{m_c} 100\%, \quad (1)$$

где m_v , m_c – соответственно масса влажной и сухой почвы, кг.

Твердость почвы определяли с помощью твердомера ВИСХОМа в пятикратной повторности.

Плотность почвы определяли в трехкратной повторности методом режущего кольца по Н.А. Кочинскому.

Для определения структурно-агрегатного состава почвы использовали метод просеивания ее на ситах с круглыми отверстиями. Пробу массой не менее 2,5 кг (в трехкратной повторности) довели до воздушно-сухого состояния и просеивали через сита покачиванием. Выделенную на ситах почву взвешивали и вычисляли относительную массу каждой фракции по формуле:

$$\Phi = \frac{m}{M} 100\%, \quad (2)$$

где m – масса фракции, кг;

M – масса поступившего на анализ образца, кг.

Коэффициент структурности почвы вычисляли

Table 1		Таблица 1					
СТРУКТУРНО-АГРЕГАТНЫЙ СОСТАВ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО (АПРЕЛЬ), КОЛИЧЕСТВО АГРЕГАТОВ, % STRUCTURAL COMPOSITION OF BLACK SOIL TYPICAL (APRIL), NUMBER OF UNITS IN, %							
Размеры агрегатных, мм Aggregate dimensions, mm	Глубина, 10 ⁻² м Depth, 10 ⁻² m						
	контроль Control			экспериментальный вариант / Experiment			
	0-5	5-10	15-25	0-5	5-10	15-25	
Сухое просеивание / Dry sifting							
>10	45,01	43,40	46,0	11,4	26,9	47,2	
10-7	8,31	10,27	10,4	5,2	9,5	10,6	
7-5	7,45	6,77	7,9	4,4	7,0	8,1	
5-3	9,93	9,36	9,6	7,0	8,0	10,5	
3-2	9,15	8,52	8,1	11,7	11,3	8,4	
2-1	12,90	15,28	11,9	34,6	2,0	9,0	
1-0,5	1,50	1,36	1,4	3,4	2,7	1,4	
0,5-0,25	3,34	2,94	2,7	11,6	10,9	2,6	
<0,25	2,38	2,10	2,2	1,3	1,7	1,6	
10-0,25	57,61	54,50	51,8	87,3	73,1	51,2	
K _{стр}	1,27	1,20	1,08	3,41	2,72	1,05	
Влажное просеивание / Wet sifting							
7-5	0,58	0,56	0,13	0,30	0,66	0,08	
5-3	1,08	1,53	0,23	0,05	1,11	0,14	
3-2	1,10	1,01	0,56	0,08	1,10	0,40	
2-1	3,27	2,94	2,62	0,77	3,58	2,66	
1-0,5	16,08	13,12	12,28	7,13	7,75	14,90	
0,5-0,25	40,85	39,48	44,60	44,73	14,25	43,95	
>1	6,03	6,02	3,54	1,15	6,44	3,28	
>0,25	62,96	58,62	60,41	53,06	58,43	62,12	
K _{стр}	0,65	0,60	0,62	0,60	0,60	0,63	

по формуле:

$$K_{cmp} = \frac{K_{10-0,25}}{K_{>10} + K_{<0,25}}, \quad (3)$$

где $K_{10-0,25}$ – процент содержания агрономически ценных фракций почвы в пробе;

$K_{>10}, K_{<0,25}$ – процент содержания фракций почвы в пробе, соответственно больше 10 мм и меньше 0,25 мм.

Физико-механические свойства почвы определены в два этапа после весенней обработки в условиях черного пара: в апреле и в июле (табл. 1 и 2).

Из таблицы 1 видно, что после обработки почвы



Рис. 4. Участок поля, обработанный экспериментальной машиной
Fig. 4. A section of the field processed by an experimental machine

Table 2		Таблица 2					
СТРУКТУРНО-АГРЕГАТНЫЙ СОСТАВ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО (ИЮЛЬ, СУХОЕ ПРОСЕИВАНИЕ), КОЛИЧЕСТВО АГРЕГАТОВ, % STRUCTURAL COMPOSITION OF BLACK SOIL TYPICAL (JULY, DRY SIFTING), NUMBER OF UNITS IN, %							
Размеры агрегатных, мм Aggregate dimensions, mm	Глубина, 10 ⁻² м Depth, 10 ⁻² m						
	контроль Control			экспериментальный вариант / Experiment			
	0-5	5-10	15-25	0-5	5-10	15-25	
>10	5,6	28,0	34,8	7,1	24,8	30,3	
10-7	4,2	8,3	10,6	3,3	7,2	9,5	
7-5	4,1	8,2	8,7	4,1	7,6	10,3	
5-3	6,8	11,5	11,7	6,4	9,2	14,3	
3-2	11,1	12,3	10,9	10,1	10,8	13,2	
2-1	36,4	20,5	15,5	37,6	22,5	14,6	
1-0,5	3,8	1,9	1,5	3,1	2,3	1,6	
0,5-0,25	12,3	5,3	3,4	11,7	7,3	3,9	
<0,25	15,7	4,0	2,9	16,6	8,4	3,3	
10-0,25	71,9	68,0	62,3	76,3	66,8	66,4	
K _{стр}	2,55	2,14	1,73	3,26	2,02	2,42	

экспериментальной машиной количество почвенных агрегатов размером более 10 мм в сравнении с контролем в слое 0-5 меньше в 4 раза и в слое 5-10 – почти в 2 раза. Количество агрономически ценных почвенных агрегатов (10-0,25 мм) в экспериментальном варианте на 30% больше, чем на контроле. Коэффициент структурности обработанного слоя почвы (0-10 см) экспериментальной машиной примерно в 2,5 раза выше по сравнению с контролем.

Влажное просеивание почвы показало, что разница в коэффициентах водоустойчивости комочков почвы в обоих вариантах практически отсутствует. В структурно-агрегатном составе почвы через два месяца после ее обработки (табл. 2) различия между опытным и контрольными участками сглаживаются.

Разница в плотности почвы по слоям в различные сроки не превышала 3-4% (табл. 3).

На рис. 4 показано качество обработки участка поля экспериментальной машиной.

Данные о динамике изменения влажности почвы по слоям представлены в таблице 4. Практически во всех слоях почвы по глубине в варианте



Рис. 5. Результат обработки черного пара экспериментальной машиной
Fig. 5. The result of black fallow processing by an experimental machine



Table 3 Плотность сложения почвы, г/см ³ DENSITY OF SOIL COMPOSITION, g/cm ³				
Глубина, 10 ⁻² м Depth, 10 ⁻² m	Апрель / April		Июль / July	
	контроль Control	экспериментальный вариант Experiment	контроль Control	экспериментальный вариант Experiment
0-5	1,06	1,05	1,10	1,11
5-10	1,14	1,15	1,19	1,16
15-25	1,19	1,18	1,12	1,19
30-40	1,18	1,12	1,13	1,13

Table 4 Влажность почвы по слоям, % SOIL MOISTURE CONTENT IN LAYERS, %				
Глубина, 10 ⁻² м Depth, 10 ⁻² m	Апрель / April		Июль / July	
	контроль Control	экспериментальный вариант Experiment	контроль Control	экспериментальный вариант Experiment
0-5	16,33	18,19	15,59	17,95
5-10	21,33	23,46	20,25	21,37
15-25	25,03	24,29	21,37	23,70
30-40	23,34	25,18	22,34	24,86



Рис. 6. Сорняки на поверхности поля с неповрежденной корневой системой

Fig. 6. Weed on the surface of the field with an intact root system

обработки почвы экспериментальной машиной в сравнении с контрольным вариантом влажность почвы на протяжении двух месяцев после ее весенней обработки была выше на 1-2%, причем разница во влажности почвы сохранялась и в июле.

Чтобы установить, каким образом экспериментальная машина влияет на засоренность поля, черный пар был обработан в середине мая. Результаты применения экспериментальной машины представлены на рис. 5.

Сорные растения, в том числе и корнеотпрысковые выбрасываются на поверхность поля с неповрежденной корневой системой (рис. 6), при условии недопущения самосева исключаются затраты на внесение гербицидов.

Выводы. Полевые исследования показали, что рыхлительно-сепарирующая машина обеспечивает повышение коэффициента структурности почвы в 1,7 раза, лучшее накопление

и сохранение влаги на 3-4% выше по сравнению с контрольным вариантом. Предпосевная обработка почвы с использованием машины позволяет исключить предпосевное боронование и культивацию, а также осуществить подготовку почвы к посеву за один проход. Известная машина для оптимизации агрофизических свойств пахотного слоя почвы позволяет, в сравнении с традиционными культиваторами, повысить коэффициент структурности примерно в 2,5 раза, поддерживать в летний период влажность почвы на 1-2% выше, чем на контроле, и существенно снизить засоренность обработанного слоя почвы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пашенко В.Ф., Сыромятников Ю.Н., Храмов Н.С. Физическая сущность процесса взаимодействия с почвой рабочего органа с гибким элементом // *Сельское хозяйство*. 2017. N3. С. 33-42.
2. Пашенко В.Ф., Сыромятников Ю.Н. Почвообрабатывающая приставка к зерновой сеялке в технологиях «No till» // *Аэкономика: экономика и сельское хозяйство*. 2018. N3. (27).
3. Мельник В.И. Эволюция систем земледелия – взгляд в будущее // *Земледелие*. 2015. N1. С. 8-12.
4. Сыромятников Ю.Н. Повышение эффективности технологического процесса движения почвы по лемеху почвообрабатывающей рыхлительно-сепарирующей машины // *Сельское хозяйство*. 2017. N1. С. 48-55.
5. Сыромятников Ю.Н. Обоснование профиля лемеха с направляющими дисками почвообрабатывающей рыхлительно-сепарирующей машины // *Сельское хозяйство*. 2017. N2. С. 18-29.
6. Пашенко В. Ф., Ким В. В., Батулин А. А. Теоретические исследования технологического процесса почвообрабатывающей машины // *Инженерия природо-користування*. 2015. N1. С. 79-83.
7. Качинский Н.А. Структура почвы. М.: МГУ, 1963. 100 с.
8. Круть В.М., Пабат И.А., Рашко Н.Н. Влагосберегающие приемы обработки почвы и ухода за черным паром // *Земледелие*. 1987. N10. С. 40-42.
9. Кузнецов Н.Г. Сохранение плодородия почвы при воздействии на нее ходовых систем тракторов и рабочих органов машин // *Вестник сельскохозяйственных наук*. 1978. N7. С. 115-118.
10. Некрасов П.А. Работа фрезы и плуга. М.: 1931. 64 с.
11. Пабат И.А. Грунтозащитная система землеробства. К.: Урожай, 1992. 158 с.
12. Пигулевский М.Х. Пути и методы изучения физи-

ко-механических свойств почвы в целях правильного конструктивного оформления и рациональной эксплуатации средств механизации почвообработки // Физика почв в СССР. М.: Сельхозгиз, 1936. С. 209-233.

13. Пигулевский М.Х. Результаты воздействия на почву сохи, плуга и фрезы. М.: Сельхозгиз, 1930. 46 с.

14. Медведев В.В. Почвенно-экологические условия возделывания сельскохозяйственных культур. К.: Урожай, 1991. 173 с.

15. Бондарев А.Г. Заключение / А.Г. Бондарев, В.А. Рusanов, В.В. Медведев // Переуплотнение пахотных почв.

М.: Наука, 1987. С. 205-210.

16. 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.

17. Mazitov N.K., Lobachevsky Ya.P., Dmitriev S.Yu., Sakhapov R.L., Sharafiev L.Z., Rakhimov I.R. Upgraded technology and equipment for soil processing and sowing in extreme conditions // *Russian Agricultural Sciences*. 2015, Vol. 41; 1: 75-79.

REFERENCES

1. Pashchenko V.F., Syromyatnikov Yu.N., Khramov N.S. Fizicheskaya sushchnost' protsessa vzaimodeystviya s pochvoy rabocheho organa s gibkim elementom [The physical background of the interaction process of a working unit with a flexible element with soil] // *Sel'skoe khozyaystvo*. 2017. №3: 33-42. (In Russian)

2. Pashchenko V.F., Syromyatnikov Yu.N. Pochvoobrabatyvayushchaya pristavka k zernovoy seyalkе v tekhnologiyakh "No till" [Soil-tillage attachment to a grain seed drill in "No till" technologies] // *Aekonomika: ekonomika i sel'skoe khozyaystvo*, 2018. №3: 27. (In Russian)

3. Melnik V.I. Evolyutsiya sistem zemledeliya – vzglyad v budushchee [Evolution of farming systems – a look into the future] // *Zemledelie*. 2015. №1. (In Russian)

4. Syromyatnikov Yu.N. Povyshenie effektivnosti tekhnologicheskogo protsessa dvizheniya pochvy po lemekhu pochvoobrabatyvayushchey rykhlytel'no-separiruyushchey mashiny [Increasing the efficiency of the soil motion technological process along the share of a soil cultivating ripping-and-separating machine] // *Sel'skoe khozyaystvo*. 2017. №1: 48-55. DOI: 10.7256 / 2453-8809.2017.1.22037. (In Russian)

5. Syromyatnikov Yu.N. Obosnovanie profilya lemekha s napravlyayushchimi diskami pochvoobrabatyvayushchey rykhlytel'no-separiruyushchey mashiny [Justification of a share profile with guide discs of a soil cultivating ripping-and-separating machine] // *Sel'skoe khozyaystvo*. 2017. №2: 18-29. DOI: 10.7256 / 2453-8809.2017.2.23150. (In Russian)

6. Pashchenko V.F., Kim V.V., Batulin A.A.. Teoreticheskie issledovaniya tekhnologicheskogo protsessa pochvoobrabatyvayushchey mashiny [Theoretical studies of the technological process of a tillage machine] // *Inzheneriya prirodokoristivannyya*. 2015. №1: 79-83. (In Russian)

7. Kachinsky N.A. Struktura pochvy [Soil structure] / N.A. Kachinsky. Moscow: MGU, 1963: 100. (In Russian)

8. Krut V.M., Pabat I.A., Rashko Kh.Kh. Vlagosberegayushchie priemy obrabotki pochvy i ukhoda za chernym parom [Moisture-saving methods of soil cultivation and bare (black) fallow processing] // *Zemledelie*. 1987. №10: 40-42. (In Russian)

9. Kuznetsov N.G. Sokhraneniye plodorodiya pochvy pri

vozdeystvii na nee khodovykh sistem traktorov i rabochikh organov mashin [Preservation of soil fertility under the influence of running gears of tractors and machine working parts] // *Vestnik sel'skokhozyaystvennykh nauk*. 1978. №7: 115-118. (In Russian)

10. Nekrasov P.A. Rabota frezy i pluga [Operation of a rotary plow and a plow]. Moscow: 1931: 64. (In Russian)

11. Pabat I.A. Gruntozakhisna sistema zemlerobstva [Soil protection system in agriculture]. Kiev: Urozhay, 1992: 158. (In Ukrainian)

12. Pigulevsky M.Kh. Puti i metody izucheniya fiziko-mekhanicheskikh svoystv pochvy v tselyakh pravil'nogo konstruktivnogo oformleniya i ratsional'noy ekspluatatsii sredstv mekhanizatsii pochvoobrabotki [Ways and methods of studying the physical and mechanical properties of soil in order to properly design and rationally use the mechanization means of soil cultivation] // *Fizika pochv v SSSR*. Moscow: Sel'hozgiz, 1936: 209-233. (in Russian)

13. Pigulevsky M.Kh. Rezul'taty vozdeystviya na pochvu sokhi, pluga i frezy [Results of the effect on the soil of a wooden plow, a plow and a rotary plow] / M.Kh. Pigulevsky. Moscow: Sel'khozgiz, 1930: 46. (In Russian)

14. Medvedev V.V. Pochvenno-ekologicheskie usloviya vzdelyvaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Soil-ecological conditions for cultivating agricultural crops] / V.V. Medvedev. Kiev: Urozhay, 1991: 173. (In Russian)

15. Bondarev A.G., Rusanov V.A., Medvedev V.V. Zaklyuchenie [Conclusion] // *Pereuplotneniye pakhotnykh pochv*. Moscow: Nauka, 1987: 205-210. (In Russian)

16. Savel'ev Yu.A., Kukharev O.N., Laryushin N.P., Ishkin P.A., Dobrynin Yu.M. Snizheniye poter' pochvennoy vlagi na ispareniye [Reducing soil moisture loss caused by evaporation]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2018. Vol. 12; 1: 42-47. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-1-42-47 (In Russian)

17. Mazitov N.K., Lobachevsky Ya.P., Dmitriev S.Yu., Sakhapov R.L., Sharafiev L.Z., Rakhimov I.R. Upgraded technology and equipment for soil processing and sowing in extreme conditions // *Russian Agricultural Sciences*. 2015, Vol. 41; 1: 75-79. (In Russian)

Статья поступила в редакцию 04.04.2018

Статья принята к публикации 03.06.2018

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

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

Тенденции и перспективы развития отечественной техники для посева зерновых культур

Андрей Юрьевич Несмиян¹,
доктор технических наук, профессор кафедры;

Юлия Сергеевна Ценч²,
кандидат педагогических наук,
ведущий научный сотрудник

¹Азово-Черноморский инженерный институт, Донской ГАУ, г. Зерноград, Ростовская область, Российская Федерация;

²Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация,
e-mail: vimasnp@mail.ru

Конструкционное исполнение отечественных зерновых сеялок в значительной степени определяет качество посева и эффективность технологий возделывания сельскохозяйственных зерновых и семенных культур в целом. (*Цель исследования*) Рассмотреть этапы развития отечественного промышленного производства зерновых сеялок и в форме аналитического обзора изложить основные сведения в соответствии с хронологической последовательностью. (*Материалы и методы*) Провели экспертный анализ результатов исследований отечественных ученых о влиянии поверхностного распределения семян на урожайность зерновых культур, определены общие направления развития посевных машин, позволяющих реализовать различные способы посева зерновых культур. Выявили основные тенденции и этапы промышленного производства зерновых сеялок в Советском Союзе и Российской Федерации. (*Результаты и обсуждение*) Проанализировали вклад российских и советских ученых в совершенствование зерновых сеялок, оптимизацию конструкционных и эксплуатационных характеристик посевных агрегатов. Определили и рассмотрели основные направления развития зерновых сеялок в доперестроечный период, охарактеризовали состояние отрасли отечественного сельхозмашиностроения на современном этапе. (*Выводы*) По итогам проведенного исследования установили, что развитие конструкций зерновых сеялок на отечественном аграрном рынке обусловлено различными причинами и имеет несколько направлений. Среди наиболее очевидных тенденций можно выделить следующие: использование лучших зарубежных образцов в качестве прототипов; стремление к увеличению площади питания растений; использование опыта производственной эксплуатации и результатов сравнительных испытаний; оптимизация конструктивных и технологических параметров сеялок на основе результатов целенаправленных научных исследований; разработка машин, обеспечивающих рациональную загрузку применяемых энергосредств; расширение функциональных возможностей посевных машин в результате совмещения операций и посева по стерневым фонам.

Ключевые слова: сеялки, высевающие аппараты, сошники, семяпроводы, зерновые культуры, рядковой посев, разбросной посев, заделка семян, развитие конструкций.

■ **Для цитирования:** Несмиян А.Ю., Ценч Ю.С. Тенденции и перспективы развития отечественной техники для посева зерновых культур // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. Т. 13. №3. С. 45-52. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-3-45-52

Tendencies and Prospects for the Development of Domestic Machinery for Sowing Grain Crops

Andrey Yu. Nesmiyan¹,
Dr. Sc. (Eng), Professor of Department;

Yulia S. Tsench²,
Ph.D. (Ped), Leading Reseacher

¹Azov-Chernomorsky Engineering Institute, Donskoy State Agrarian University, Zernograd, Rostov Region, Russian Federation;

²Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation, e-mail: vimasnp@mail.ru

Abstract. The design of domestic grain drills largely determines the quality of sowing and the effectiveness of technologies for cultivating farm grain and seed crops in general. (*Research purpose*) To consider the development stages of domestic industrial production of grain drills and, in the form of an analytical review, to present the main information a chronological

order. (*Materials and Methods*) the authors have conducted an expert analysis of the results of domestic scientists' research on the effect of the surface distribution of seeds on the yield of grain crops and determined general trends in the development of sowing machines, which made it possible to implement various methods of sowing cereals. The authors have also identified the main trends and stages of industrial production of grain drills in the Soviet Union and the Russian Federation. (*Results and discussion*) The contribution of Russian and Soviet scientists to the improvement of grain drills and the issues of the optimization of structural and operational characteristics of sowing units have been analyzed in the paper. The authors have determined and examined the main directions of development of grain drill in the pre-perestroika period, as well as characterized the state of the domestic agricultural machinery industry at the present stage. (*Conclusions*) Basing on the results of the conducted research, the authors have found that the development of grain drill designs in the domestic agrarian market is influenced by various reasons and has several directions. Among the most obvious trends we can single out the following ones: the use of the best foreign samples as prototypes; a tendency to increase the area of plant nutrition; the use of operational experience and comparative test results; optimization of design and technological parameters of drills based on the results of targeted scientific research; the development of machines that ensure the rational utilization of the energy resources used; extending the functionality of sowing machines as a result of combining operations and carrying out sowing on stubble backgrounds.

Keywords: Seed drills, Seed-sowing units, Coulters, Seed grain tubes, Cereals, Row seeding, Dispersion sowing, Seeding-down, Development of designs.

For citation: Nesmiyan A.Yu., Tsench Yu.S. Tendencies and prospects for the development of domestic machinery for sowing grain crops. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2018. 13(3): 45-52. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-3-45-52. (In Russian)

Эффективность технологий возделывания зерновых культур, являющихся основой сельскохозяйственного производства развитых стран, в значительной степени зависит от агротехнических показателей и сроков их посева. Поэтому совершенствование посевной техники, ее конструктивная доводка, повышение эксплуатационных и технологических показателей всегда было и остается по сей день актуальной задачей.

Цель исследования – рассмотреть этапы развития отечественного промышленного производства зерновых сеялок и в форме аналитического обзора изложить основные сведения в соответствии с хронологической последовательностью.

Материалы и методы. Сотни лет основным способом посева в России оставался ручной разбросной. Ситуация мало изменилась к началу капиталистического развития России: отдельные, кустарно изготавливаемые сошниковые сеялки были редки и дороги, поэтому их использовали только в крупных и обеспеченных хозяйствах [1]. Более экономичным направлением механизации посева стало использование конных разбросных сеялок (рис. 1), которые по сравнению с ручным разбрасыванием

позволяли увеличить производительность, повысить равномерность распределения семян по поверхности поля и снизить их расход. В конце XIX века широко использовали разбросную сеялку Гриневицкого, которую кустарно выпускали несколько мастерских [2]. С 1900 г. к ее производству подключился новый Киевский завод комбинированных сеялок Фильверта и Дедина [3]. Однако неравномерность глубины последующей заделки семян существенно снижала получаемые урожаи, вследствие чего их использование, а затем и производство постепенно прекратилось [4]. В дальнейшем оставшиеся полностью переоборудовали под внесение удобрений, хотя в отдельных хозяйствах их применяли в качестве сеялок вплоть до начала Великой Отечественной войны.

Промышленное производство сошниковых сеялок в нашей стране и за рубежом началось в конце XIX века. В то время производили посевные машины в России несколько заводов, самым крупным из которых был Елисаветградский (ныне завод «Червона Зирка», г. Кропивницкий, Украина). Завод основан в 1874 г. английскими предпринимателями братьями Робертом и Томасом Эльворти как мастерская по ремонту сельскохозяйственного инвентаря, которая к началу XX века выросла в крупное предприятие по выпуску конных сеялок, молотилок и маслобоек. Широким спросом пользовались легкие одноконные 7-рядные сеялки с анкерными сошниками и оглобельной упряжкой, передковые двухконные 11-рядные сеялки с анкерными и 12-рядные с двухдисковыми сошниками [5].

Особое место в линейке сельскохозяйственной

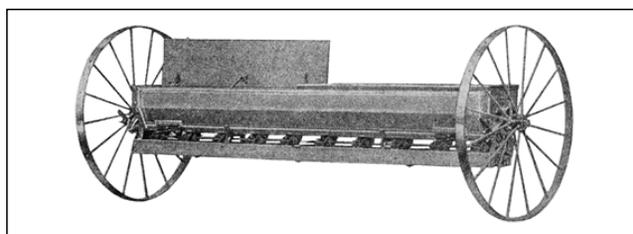


Рис. 1. Разбросная сеялка с широкой колеёй

Fig. 1. A wide-track seed spreader

техники, выпускаемой на предприятии, занимала разбросная сеялка с широкой колеей «Россия» (рис. 2) с улучшенными сошниками и катушечными высевальными аппаратами, снабженная усовершенствованным устройством для погружения сошников в почву. Благодаря своим высоким технологическим свойствам, обеспечивавшим равномерность высева и хорошую заделку семян, сеялка неоднократно была отмечена высокими наградами на крупных выставках-продажах и неизменно вызывала большой интерес как у отечественных, так и зарубежных производителей и поставщиков сельскохозяйственного инвентаря и технических средств. Производство по ее выпуску существовало вплоть до 1927 г. [6].

Сеялки изготавливали также харьковское рос-

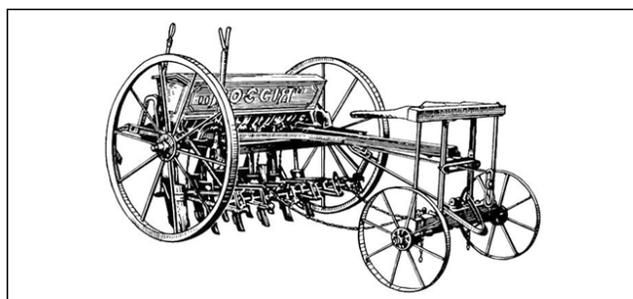


Рис. 2. Сеялка зерновая анкерная 11-рядная «Россия» (1895)
Fig. 2. 11-row coulter grain drill «Russia» (1895)

сийско-германского товарищество «М. Гельферих-Саде» (серийная модель марки «Крестьянка»), Брянский паровозостроительный завод (модель марки «Верная») и др. На Первой Всероссийской выставке семян и машин для посева в 1908 г. были представлены рядовые сеялки названных производителей сельскохозяйственной техники и других отечественных предприятий, пользовавшихся повышенным спросом [7].

Россия, вступив в фазу капиталистического развития позднее других стран, по производству простых сельхозмашин к 1913 году вышла на третье место в Европе и на пятое – в мире. Объем выпускаемых агрегатов составлял 59 тыс. шт. в год. В основном это были конные рядовые сеялки, обеспечивающие междурядье с интервалом 125-150 мм [7-9].

Однако к тому времени многие известные ученые и производственники (П.А. Костычев, Н.С. Соколов, В.В. Винер и др.) отмечали, что данное размещение сошников не имеет научного обоснования и обусловлено скорее необходимостью снизить вероятность их забивания пожнивными остатками (мортмассой). При высоких нормах высева данная ширина междурядий приводит к снижению продуктивности растений из-за чрезмерного загущения в рядках, отклонения формы площади питания растения от оптимальной. Еще в 1881 г. П.А. Костычев отмечал, что по результатам полевого опыта способ посева с шириной

междурядий, равной примерно 75 мм, при тех же нормах высева гораздо эффективнее обычного рядового. Исследования на Шатиловской опытной станции (1902-1903 и 1910-1911 гг.), Ростовской опытной станции (1913-1917 гг.) и более поздние, проводимые на различных культурах, обеспечили достоверное повышение урожайности до 20-26% [10].

В отсутствие специальных узкорядных сеялок В.В. Винер (Шатиловская опытная станция) в конце XIX века предложил перекрестный (крестовой) посев как эффективную замену узкорядного. Многочисленные исследования и производственный опыт подтвердили его эффективность, однако выявили и существенные недостатки: значительные затраты энергии и труда, влияние второго прохода сошников на глубину заделки семян первого прохода и затягивание сроков сева.

В годы Первой мировой и Гражданской войн большинство научных изысканий практически было прекращено, а производство сеялок остановилось полностью. Лишь к 1925 г. снова удалось наладить устойчивый уровень их выпуска, хотя он и был ниже довоенного в 1,6 раз (35,8 тыс. шт./г.) [7-9].

Машины того времени отличались большим разнообразием конструкций. На территории страны насчитывалось более 110 различных моделей сеялок, что затрудняло рациональную эксплуатацию и сдерживало становление крупного промышленного производства. Благодаря работе специальной комиссии под руководством В.П. Горячкина число перспективных моделей сеялок удалось сократить до 7. Значительный объем данных, на основании которых комиссия проводила оценку и давала экспертное заключение, был получен на разработанной В.П. Горячкиным, экспериментальной установке, состоящей из неподвижно закрепленной сеялки с находящимся под ней ленточным транспортером с липкой поверхностью.

В 1929 г. начато производство тракторных сеялок на заводе «Красная Звезда» в Кировограде (ныне г. Кропивницкий, Украина). В 1931 г. завод полностью переведен на выпуск 11- и 13-рядных конных и тракторных сеялок. Вторым крупным предприятием, специализировавшимся на производстве сеялок, стал Херсонский завод. Позднее масштабное производство сеялок было развернуто и на Ростовском заводе сельскохозяйственных машин имени И.В. Сталина (ныне АО КЗ «Ростсельмаш») [7].

В Ростове-на-Дону планировалось освоить производство 22-рядной сеялки, выпускаемой «Красной Звездой». Однако, комиссия Наркомзема СССР сделала выбор в пользу 24-рядной сеялки с двухдисковыми сошниками, прототипом для которой стала техническая инновация того времени – зерновая сеялка прямого посева «МакКормик» (*McCormick*), выпущенная американскими производителями сель-

хозтехники в 1927 году. Такое решение обусловлено результатами сравнительных испытаний моделей отечественных сеялок и европейских фирм «Праер», «Мелихер» и «Сакк», а также американских «Молин» и «Массей Гаррис», проводившихся под Ростовом. При ширине междурядий в 6 дм (152 мм) зерновая сеялка прямого посева *McCormic* оказалась наиболее эффективной. Надежная и простая в производстве и эксплуатации она отличалась высокими рабочими характеристиками [11].

Сеялка СД-24 (рис. 3) завода «Ростсельмаш», выполненная по образцу модели сеялки *McCormic*, имела литые коробки высеваящих аппаратов с нижним высевом и переставными доньшками, индивидуальное опорожнение и двухдисковые сошники. В дальнейшем эта модель стала базовой, на основе которой созданы разнообразные виды сеялок: зернохлопковая СЗХ-6, зернотравяная СЗТ-47, льняная С-47, зернокомбинированная СК-24, зерноовощная СОД-24 и другие [7, 11].

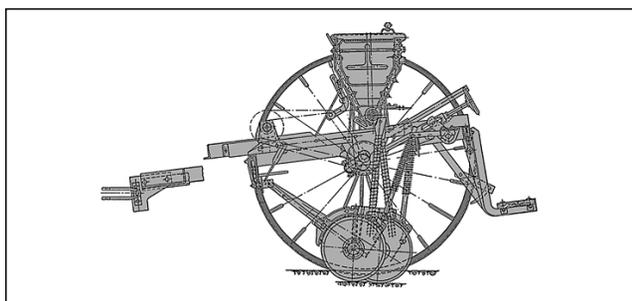


Рис. 3. Зерновая сеялка СД-24
Fig. 3. The grain drill SD-24

Другое семейство унифицированных сеялок создано на базе конной сеялки СД-10. В него вошли зерноовощная СОД-10, зерновая анкерная СА-12, льняная СЛ-17, зернотравяная СЗТ-19, свекловично-зерновая комбинированная СК-10 и др. [7].

Специалисты «Красной Звезды» в качестве прототипа также приняли сеялку *McCormic*. Однако с учетом опыта конструирования посевных машин они не полностью копировали ее, а внесли ряд существенных изменений: перевели документацию в метрическую систему, изменили отдельные параметры на уже проверенные отечественной практикой, максимально использовали специализированные узлы собственного производства. В результате в конце 1929 г. заводом выпущена сеялка серии Т-1. К весенней посевной кампании следующего года завод выпустил 750 ед. сеялок и разослал их для прохождения тестовых испытаний в натуральных условиях почти во все почвенно-климатические зоны страны [11].

Постепенно сеялку совершенствовали, на ее базе конструкторами были разработаны переходные модели Т-II и Т-III, а к 1931 г. к серийному выпуску

подготовлена модель Т-IV. По программе года завод должен был выпустить 58 тыс. сеялок, из них 40 тыс. ед. серии – Т-IV [11].

Вскоре перед конструкторами была поставлена задача – разработать зерновую сеялку к тракторам СХТЗ мощностью двигателя около 30 л.с. и С-60 – 60 л.с. Спроектированная сеялка Т-V с ящиком, вмещавшим до 500 кг зерна, оказалась слишком тяжелой, и ее серийное производство не было утверждено. Вместо нее к производству была принята сеялка Т-VII (рис. 4), которая могла агрегатироваться с трактором «Фордзон-Путиловец» (20 л.с.), а в двойной сцепке позволяла использовать более мощные тракторы [11].

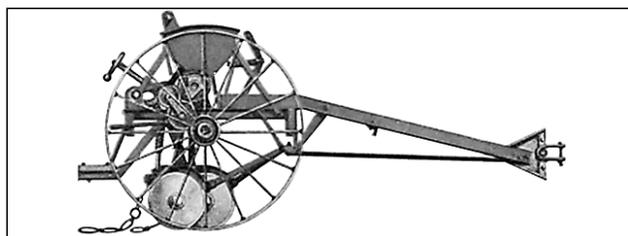


Рис. 4. Зерновая сеялка Т-VII
Fig. 4. Grain seed drill T-VII

Эта сеялка производства «Красной Звезды» имела штампованные корпуса высеваящих аппаратов с нижним и верхним высевом, 24 двухдисковых сошника с подачей семян позади оси и семенной бункер вместимостью 240 кг. Общая ширина сеялки составляла 3,6 м. Сеялку выпускали до 1939 г. [11].

В эти годы исследования П.А. Некрасова в Подмоскowie, специалистов Белорусского СХИ, Киевского института научных методов сева, Одесской областной опытной станции и других ученых позволили вновь вернуться к вопросу о нерациональном размещении семян по поверхности поля при рядовом посеве [10]. В связи с этим по инициативе инженера и агронома Д.Е. Камыщенко разработана узкорядная сеялка СКТ-52 с двухстрочными сошниками (рис. 5), а в начале 1937 г. завод «Красная Звезда» освоил ее производство [11].

Практический опыт показал, что рабочий процесс узкорядной сеялки отличается повышенной энергоемкостью, глубина заделки семян более неравномерная, скорость движения агрегата меньше (соответственно сроки посева увеличиваются) [10]. Полностью от применения узкорядных сеялок не от-

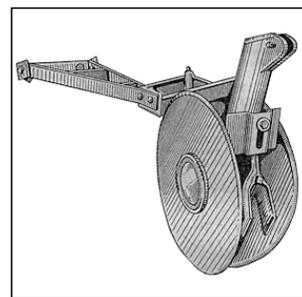


Рис. 5. Двухдисковый двухстрочный сошник
Fig. 5. Two-disc double-row coulter

казались, но существенно снизили уровень их производства и использования.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. К 1939 г. в стране было 607,8 тыс. конных и 109,6 тыс. тракторных сеялок. Причем выпуск тракторных сеялок увеличился, а конных – сокращался и полностью прекратился в первые послевоенные годы [7, 9].

Краткие технические характеристики некоторых сеялок, производимых в довоенные годы в СССР, приведены в *табл. 1* [10]. В тот период пристальное внимание исследователей привлек сплошной (безрядковый) способ посева, имеющий плюсы и разбросного, и узкорядного, и перекрестного способов, но частично лишенный их недостатков. Проведенные в 1949-1957 гг. в условиях Кубанской МИС, Херсонского и Одесского сельхозинститута и др. исследования подтвердили экономический эффект, почти соизмеримый с эффектом, полученным при узкорядном посеве. Однако при этом отмечено, что специальные лаповые сошники (сошники Гурницкого) не эффективно применять на засоренных, глыбистых и переувлажненных (влажность более 20%) почвах, так как существенно увеличивается энергоемкость процесса [10]. С 30-х гг. XX века совершенствование зерновых сеялок происходило путем копирования лучших зарубежных образцов и практически обоснованных модернизаций, с использованием глубокой экспериментально подтвержденной теоретической базы. В это время к результатам исследований В.П. Горячкина, Б.А. Крыля и других добавились данные многих авторов, позволяющие существенно оптимизировать конструкцию зерновых сеялок. А.Н. Карпенко, М.Н. Летошнев и А.Н. Семенов, провели развернутый анализ закономерности объемной подачи семян катушкой высевающего аппарата [10, 12]:

$$V_o = l_p (\beta z f + \pi d C_{np}), \quad (1)$$

где V_o – объем семян, подаваемых высевающим аппаратом в приемную воронку за один оборот катушки, м³; l_p – рабочая длина катушки, м; β – коэффициент заполнения желобков; z – число желобков; f – площадь поперечного сечения желобков, шт., м²; d – внешний диаметр высевающей катушки, м; C_{np} – приведенная толщина активного слоя семян, м.

Приведенная толщина активного слоя семян (C_{np}) зависит не только от их физико-механических свойств, но и от многих других факторов, включая длину рабочей части катушки [10]. Экспериментально было установлено, что, например, для пшеницы эта зависимость описывается полиномом:

$$C_{np} = 0,0065l_p^2 - 0,281l_p + 6,2075. \quad (2)$$

По итогам исследования процесса подачи семян желобками катушек предложены зависимости, позволяющие определить рабочий объем желобков,

например, по М.Н. Летошневу площадь поперечного сечения желобков катушки [12]:

$$f = \frac{r^2}{2} (\pi - \alpha - \sin(\pi - \alpha)) + \frac{a^2}{8} (\alpha' - \sin \alpha') + \frac{b^2 - 4r^2 (\cos 0,5\alpha)^2}{4 \operatorname{tg} 0,5\alpha}, \quad (3)$$

где r, α, α', b – геометрические параметры катушки, *рис. 6* [12]. Проведенные расчеты позволили определить рациональные параметры высевающих катушек и семенных коробок (корпусов аппаратов), оптимизировать их взаимное расположение.

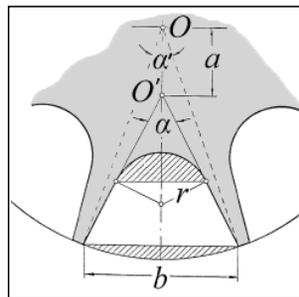


Рис. 6. Схема расчета площади поперечного сечения желобка катушки высевающего аппарата

Fig. 6. Scheme for calculating the cross-sectional area of a groove of the seeding unit roller

научно-исследовательских и конструкторских работ было создано новое семейство тракторных сеялок с улучшенными эксплуатационными показателями. Базовая модель нового семейства – унифицированная 24-рядная зерновая сеялка СУ-24 (*рис. 7*). Ее модификациями стали сеялки СУК-24, узкорядная СУБ-48 конструкции лауреата Сталинской премии В.Д. Богачева, СЗТ-47, СЗТК-47 и др. (*табл. 2*), снабженные дисковыми и наральниковыми сошниками [7, 9]. В целом к началу 1950-х довоенный уровень выпуска сеялок был превзойден более чем в 4 раза. Благодаря этому значительно повысилась механизация сева зерновых (*табл. 3*) [7-9].

Внедрение после 1958 г. навесных сеялок СЗН-10, СЗН-16, СЗН-24, СЗНК-24, СЛН-20, СЛМ-32, СЛН-48 оказалось недостаточно эффективным по ряду причин, главными из которых были: невозможность одновременного с высевом семян внесения удобрений и наличие сцепки в широкозахватных агрегатах. Первое пришлось сделать для облег-

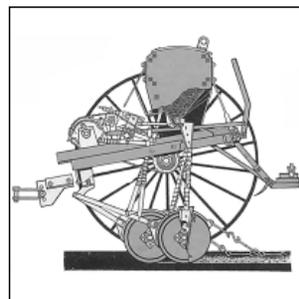


Рис. 7. Зерновая сеялка СУ-24
Fig. 7. The grain drill SU-24

Table 1 Таблица 1

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЯЛОК (30-40-Е ГГ. XX В)
TECHNICAL CHARACTERISTICS OF SEED DRILLS (THE 1930-40s)

Марка сеялки Seed drill make	Ширина захвата, мм Sowing width, mm	Междурядье, мм Row spacing, mm	Масса, кг Mass, kg	Тяговое усилие Traction effort	Высевающие аппараты Sowing units	Сошники Coulters
СД-10А SD-10A	1500	150	350	2, 3 лошади 2, 3 horses	катушечные roller feed	двухдисковые double-disc
СА-12 SA-12	1500	125	350	2 лошади 2 horses	катушечные roller feed	анкерные anchor-type
СЗТ-19 SZT-19	1350-1500	75-150	450	2, 3 лошади 2, 3 horses	катушечные чугунные cast iron roller feed	килевидные keel-shaped
СК-10 SK-10	1500	150	534	4000-5000 Н (тракторная)	катушечные чугунные cast iron roller feed	анкерные комбинированные anchor mixed-type
СД-24 SD-24	3600	150	995	4000-5000 Н (тракторная) 4000-5000 N (tractor)	катушечные чугунные cast iron roller feed	двухдисковые double-disc
Т-VII	3600	150	1000	4000-5000 Н (тракторная) 4000-5000 N (tractor)	катушечные стальные iron roller feed	двухдисковые double-disc
СЗХ-6Б SZKh-6B	3600-4200	150-654	1245	4000-4500 Н (тракторная) 4000-4500 N (tractor)	специальные и катушечные special and roller feed	килевидные с ползками keel-shaped with slides
СК-24 SK-24	3600	150	1018	4000-5000 Н (тракторная) 4000-5000 N (tractor)	катушечные чугунные cast iron roller feed	анкерные комбинированные anchor mixed-type
СЗТ-47 SZT-47	3450-3600	75	1250	4500-5500 Н (тракторная) 4500-5500 N (tractor)	катушечные чугунные cast iron roller feed	двухдисковые или килевидные double-disc or keel-shaped
СА-48 SA-48B	3600	78	995	4500-5500 Н (тракторная) 4500-5500 N (tractor)	суженные стальные steel narrow-typed	двухдисковые с делителями double-disc with dividers

Table 2 Таблица 2

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕКОТОРЫХ СЕЯЛОК (1950-Е ГГ.)
TECHNICAL CHARACTERISTICS OF SOME SEEDERS (THE 1950s)

Марка сеялки Seed drill make	Ширина захвата, мм Sowing width, mm	Междурядье, мм Row spacing, mm	Масса, кг Mass, kg	Производительность, га/ч Performance, ha/h	Тяговое усилие, Н Traction effort, N	Высевающие аппараты Sowing units	Сошники Coulters
СУК-24 SUK-24	3600	150	1014	1,62-2,68	5500	катушечные чугунные cast iron roller feed	двухдисковые double-disk
СУБ-48 SUB-48	3550	68-80	1100	1,62	до 6000 up to 6000	катушечные чу- гунные cast iron roller feed	Двухдисковые с делителями double-disk with dividers
СЗТК-47 SZTK-47	3600	Зерн. 150 Общ. 75 Grain 150 Total 75	1330	до 2,6 up to 2,6	до 6000 up to 6000	катушечные roller feed	Двухдисковые и килевидные double-disk and keel-shaped

чения сеялки, второе обстоятельство сводило на нет экономию металла при ее изготовлении [8].

Для районов, подверженных ветровой эрозии почв, были созданы специальные машины: сеялка-луцильник ЛДС-4А (Красноярский завод комбайнов), зернопрессовая сеялка СЗП-24 («Красная звезда») и стерневая сеялка СЗС-9 (Сызранский комбайновый завод). Создание в короткий срок разных по устройству и назначению машин потребовало проведения работ по универсализации и унификации сеялок на основе новейших достижений науки и передового опыта. В результате появилось семейство комбинированных сеялок с высокой степенью унификации с пневматическими колесами, гидравлическим подъемом сошников, с улучшенной конструкцией всех рабочих органов. Базовой моделью этого семейства является сеялка СЗ-3,6 (рис. 8), запущенная в производство в 1971 г. В беспцепочном варианте она агрегатировалась с тракторами мощностью 50-82 л.с. Ее модификации: СЗУ-3,6 – узкорядная, СЗП-3,6 – прессовая, СЗА-3,6 – анкерная, СЗО-3,6 – однодисковая, СЗЛ-3,6 – льняная, СЗТ-3,6 – зернотравяная луговых трав, СРН-3,6 – рисовая, СЗС-2,1 – стерневая, ЛДС-6 – сеялка-луцильник; СЗГ-2,4 – горная. Заводами «Красная Звезда», «Белинксельмаш», «Сибсельмаш» был освоен выпуск модернизированных зернотуковых сеялок, снабженных рабочими органами семи типов, СЗТ-3,6А и СЗП-3,6А для сева зерновых и других культур различными способами по интенсивным технологиям.

На базе сеялки СЗ-3,6А для внесения полной дозы минеральных удобрений одновременно с севом зерновых культур создана комбинированная сеялка СЗК-3,6. При отсоединении приспособления для внесения полной дозы минеральных удобрений она трансформировалась в рядовую СЗ-3,6А, а с приспособлением для сева семян трав – в СЗТ-3,6А. На сеялки СЗ-3,6А устанавливали питающие емкости (семенные ящики), общие для всех высевających аппаратов и вмещающие объем семян, рассчитанный на 1,5-2 ч работы.

Объем питающей емкости можно определить по формуле:

$$V = \frac{LBQ}{10^4 \eta_e},$$

где L – длина гона от заправки, м; B – ширина захвата машины (или ширина междурядья), м; Q – норма высева, кг/м²; γ – плотность семян, кг/м³; η_e – коэффициент использования вместимости емкости, равный 0,85-0,9 [12].

В доперестроечные годы (начало 1980-х) в нашей стране были созданы зерновые сеялки новых поколений: широкозахватные пневматические стерневые СЗС-14 и СЗС-8; широкозахватные сеялки-культиваторы СЗС-12 и СЗС-6; прессовые беспцепочные зернотуковые сеялки СЗП-8, СЗП-12 и СЗП-16 с возможностью преобразования их в рядовые: комби-

Годы Years	1933	1940	1950	1955	1965
Уровень механизации, % Level of mechanization, %	7,0	56,0	74,0	94,0	100

нированная сеялка СЗК-3,3; модернизированная рисовая сеялка СРН-3,6А; модернизированное семейство сеялок СЗ-3,6, обеспечивающее удобство в обслуживании и повышающее надежность и качество сева. Посевные машины эксплуатировали с тракторами мощностью двигателя от 80 до 240 л.с.

В настоящее время наряду с рядовыми моноблочными сеялками, аналогичными СЗ и ее модификациям, на отечественном рынке все большее распространение получают сеялки централизованного посева и посевные комплексы, в которых применяется пневматическое транспортирование семян. В целом в отсутствие плановой экономики, без выраженной специализации сельхозмашиностроительных предприятий многообразие выпускаемых машин существенно выросло. С учетом того, что во многих хозяйствах до сих пор используется советская техника и разнообразные зарубежные посевные машины, можно утверждать, что на рынке представлена не сотня различных марок зерновых сеялок, как это было на заре советско-

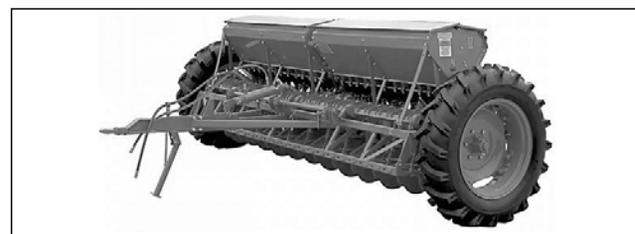


Рис. 8. Зерновая сеялка СЗ-3,6

Fig. 8. Grain drill СЗ-3,6

го промышленного развития, а многие сотни.

Выводы. Сегодня широкое применение в посевной технике находят: системы автоматизации процессов и точного земледелия; многорядное расположение сошников и пневмотранспортирование семян, позволяющее получить любое разумное междурядье; применение мощных тракторов (до 530 л.с.) обеспечивает безрядковый посев по необработанным стерневым фонам, использование единых широкозахватных почвообрабатывающе-посевных комплексов. Но какой бы ни была сеялка будущего, в основе ее конструкции будут лежать знания, полученные многими поколениями инженеров и агрономов, живущих задолго до нас.

В целом проведенный анализ показал, что развитие конструкции зерновых сеялок на отечественном аграрном рынке обусловлено различными причинами и происходит в разных направлениях. Сре-

ди наиболее очевидных тенденций можно выделить следующие: использование лучших зарубежных образцов в качестве прототипов; стремление к достижению рациональной площади питания растений; анализ опыта промышленной эксплуатации и результатов сравнительных испытаний; оптимизация конструкции и параметров сеялок и их отдельных

узлов на основе результатов целенаправленных научных исследований; разработка машин, обеспечивающих рациональную загрузку эволюционирующих энергосредств; расширение функциональных возможностей посевных машин за счет совмещения операций, посева по стерневым фонам и др.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Халанский В.М. Экскурсия за плугом. М.: Колос, 1974. 207 с.
2. Сеялка в разброс Гриневицкого. СПб.: Типография и литография К. Сорванова, 1873. 5 с.
3. Капитонов Е.Н. История сельскохозяйственного машиностроения России. Тамбов: Издательство ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. 60 с.
4. Harris P.S. Farm machinery and equipment. New York and London: McGraw-Hill Book Company. 1937: 460.
5. Измайлов А.Ю., Буклагин Д.С., Мишуров Н.П., Голтыпин В.Я., Колчина Л.М., Соловьева Н.Ф., Шилова Е.П. Сельскохозяйственная техника: Каталог Министерства сельского хозяйства Российской Федерации по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса. Т. 1. Техника для растениеводства. М.: 2005. 288 с.
6. Артоболевский И.И., Благодрагов А.А. Очерки истории техники в России (1861-1917). М.: Наука, 1975. 397 с.
7. Савенко В.А. Рядовые сеялки. Зерноград: АЧГАА. 2006. 154 с.
8. Минин П.И. Развитие отечественного сельскохозяйственного машиностроения // *Сельхозмашина*. 1957. N10. С. 4-8.
9. Сысолин П.В. Этапы развития отечественных зерновых сеялок // *Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства*, 1979. N12. С. 16-17.
10. Семенов А.Н. Зерновые сеялки. М., Киев: Южное отделение Машгиз. 1959. 318 с.
11. Евсеев Л. Сеялка // *Техника молодежи*. 1977. N6. С. 52-56.
12. Летошнев М.Н. Сельскохозяйственные машины. Ленинград, М.: Сельхозгиз. 1955. 764 с.
13. Вейс Ю.А. Почвообрабатывающие и посевные машины травопольной системы земледелия. Минск: Редакция сельскохозяйственной литературы. 1952. 207 с.
14. Свиршевский Б.С. Эксплуатация машинно-тракторного парка. М.: Сельхозгиз. 1958. 467 с.

REFERENCES

1. Khalanskiy V.M. Ekskursiya za plugom [Excursion following the plow]. M.: Kolos, 1974: 207. (In Russian)
2. Seyalka v razbros Grinevitskogo [The dispersion seeder of Grinevitsky]. SPb.: Tipografiya i litografiya K. Sorvanova, 1873: 5. (In Russian)
3. Kapitonov Ye.N. Istoriya sel'skokhozyaystvennogo mashinostroyeniya Rossii: monografiya [The history of agricultural machinery in Russia: Monograph]. Tambov: Izdatel'stvo TGTU, 2010: 60. (In Russian)
4. Harris P.S. Farm machinery and equipment. New York and London: McGraw-Hill Book Company. 1937: 460. (In English)
5. Izmaylov A.Yu., Buklagin D.S., Mishurov N.P., Gol'tyapin V.YA., Kolchina L.M., Solov'yeva N.F., Shilova Ye.P. Sel'skokhozyaystvennaya tekhnika: Katalog Ministerstva sel'skogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii po inzhenerno-tekhnicheskemu obespecheniyu agropromyshlennogo kompleksa [Agricultural machinery: Catalogue of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation for engineering and technical support of the farm industry]. Vol. 1. Tekhnika dlya rasteniyevodstva. M.: 2005. 288. (In Russian)
6. Artobolevskiy I.I., Blagoravov A.A. Ocherki istorii tekhniki v Rossii (1861-1917). M.: Nauka, 1975: 397. (In Russian)
7. Savenko V.A. Ryadovyye seyalki [Common drills]. Zernograd: ACHGAA, 2006: 154. (in Russian)
8. Minin P.I. Razvitiye otechestvennogo sel'skokhozyaystvennogo mashi-nostroyeniya [The development of domestic agricultural machine-building] // *Sel'khoz mashina*. 1957. N10: 4-8. (In Russian)
9. Sysolin P.V. Etapy razvitiya otechestvennykh zernovykh seyalok [Stages of development of domestic grain seed drills] // *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sotsialisticheskogo sel'skogo khozyaystva*, 1979. N12: 16-17. (In Russian)
10. Semenov A.N. Zernovyye seyalki [Grain seed drills]. Moskva, Kiyev: Yuzhnoye otdeleniye Mashgiz. 1959: 318. (In Russian)
11. Yevseyev L. Seyalka [The drill] // *Tekhnika molodezhi*. 1977. N6: 52-56. (In Russian)
12. Letoshnev M.N. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny [Agricultural machinery]. Leningrad, Moskva: Sel'khozgiz, 1955: 764. (In Russian)
13. Veys Yu.A. Pochvoobrabatyvayushchiye i posevnyye mashiny travo-pol'noy sistemy zemledeliya [Soil-cultivating and sowing machines of grassland farming system]. Minsk: Redaktsiya sel'skokhozyaystvennoy literatury. 1952: 207. (In Russian)
14. Svirshchevskiy B.S. Eksploatatsiya mashinno-traktornogo parka [Operation of the machine and tractor fleet]. M.: Sel'khozgiz. 1958: 467. (In Russian)

Статья поступила в редакцию 20.03.2018

Статья принята к публикации 05.06.2018

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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



ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ

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, объемом **12-15** 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: растровые изображения – *jpg* или *tif* с разрешением *300 dpi*, векторные графики и диаграммы – в *eps*, *ai* или *Exel*. Весь иллюстративный материал должен быть пронумерован, подписан 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 *структурированный* материал. В вводной части нужно коротко и емко отразить актуальность, **цель** исследований, описать используемые **методы**, 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.

С более подробными правилами подготовки статей можно ознакомиться на сайте журнала: <http://www.vimsmit.com>

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

ПОДПИСКА 2019

**КАК
подписаться
на журнал?**



ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!

Подписку на первое полугодие 2019 г. можно оформить
до 20 декабря включительно
в почтовых отделениях связи
по каталогу агентства «РОСПЕЧАТЬ»
Подписной индекс **35825**

ЖУРНАЛ

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

Редакция журнала:

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

www.vimsmi.com

e-mail: smit@vim.ru