



Сельскохозяйственные МАШИНЫ и ТЕХНОЛОГИИ

№ 6 2017

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

**ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ
МАШИННЫХ АГРЕГАТОВ**

**МАЛОТОННАЖНЫЕ АВТОПОЕЗДА –
УСЛОВИЯ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И ТОПЛИВНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ
ПОКАЗАТЕЛИ МТА**





Уважаемые читатели!

*Поздравляю вас с Новым 2018 годом!
Желаю в Новом году крепкого здоровья,
благополучия вам и вашим близким,
большого счастья и дальнейших
трудовых успехов на благо
нашей Родины!*

*Директор Центра ВИМ,
академик РАН*

 *А.Ю. Измайлов*



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.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

В.А. Колесникова,
канд. техн. наук, заслуженный
работник сельского хозяйства РФ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ:

В.В. Альт, академик РАН,
М.Н. Ерохин, академик РАН,
Ю.А. Иванов, академик РАН,
А.Ю. Измайлов, академик РАН,
И.М. Куликов, академик РАН,
Ю.Ф. Лачуга, академик РАН,
Я.П. Лобачевский, член-корр. РАН,

В.Д. Попов, академик РАН,
Д.С. Стребков, академик РАН,
В.И. Черноиванов, академик РАН,

ИНОСТРАННЫЕ ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

Х.И. Белоев, член-корр. БАН
Болгария, Русе
В.И. Кравчук, член-корр. НААН
Украины, Киев
А.Махалек, к.т.н., НИИСТ,
Чешская Республика, Прага
Т.Павловски, д.т.н., проф., ПИМР,
Польша, Познань
Ж.С. Садыков, д.т.н., проф.,
Казахстан, Алматы
С.Г. Яковчик, к.с.-х.н., НПЦ НАН
Беларуси, Минск

НАД НОМЕРОМ РАБОТАЛИ:

В.В. Бижаев
С.В. Гришуткина
Р.М. Нурбагандова

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

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

E-mail: smit@vim.ru

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

СОДЕРЖАНИЕ

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

- Годжаев З.А., Измайлов А.Ю., Михолап Л.А.**
Условия безопасной эксплуатации и маневренности малотоннажного
автопоезда при критических показателях движения 3
- Жалнин Э.В., Годжаев З.А., Флоренцев С.Н.**
Концептуальные принципы интеллектуальных сельскохозяйственных
машин на примере зерноуборочного комбайна 9
- Левина Н.С., Тертышная Ю.В., Бидей И.А., Елизарова О.В.**
Содержание углеводов в клубнях топинамбура в процессе вегетации 17
- Лискин И.В., Миронов Д.А., Курбанов Р.К.**
Расположение лезвия накладного долота по отношению
к направлению движения пахотного агрегата 22

РАСТЕНИЕВОДСТВО

- Ли А.**
Технологические основы уборки и средства очистки
семян люцерны 28

ИННОВАЦИИ

- Арженовский А.Г.**
Методы определения энергетических и топливно-экономических
показателей машинно-тракторных агрегатов 36
- Бижаев А.В., Симеон А.А.**
Применение пальмового масла в качестве присадки к топливу
тракторных дизельных двигателей 41

ИНФОРМАЦИЯ

- Перечень статей, опубликованных в 2017 году 47

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

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



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

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

Certificate ПИ № ФС77-68608
from February, 3rd, 2017

EDITOR-IN-CHIEF
Kolesnikova V.A.

EDITORIAL BOARD:

Al't V.V. – member of RAS
Erokhin M.N. – member of RAS
Ivanov Yu.A. – member of RAS
Izmaylov A.Yu. – member of RAS
Kulikov I.M. – member of RAS
Lachuga Yu.F. – member of RAS
Lobachevskiy Ya.P. – corr.member of RAS,
Popov V.D. – member of RAS
Strebkov D.S. – member of RAS
Chernoivanov V.I. – member of RAS

EDITORIAL BOARD
FOREIGN MEMBERS:

Beloev H.I. – corr.member of BAS,
Bulgaria, Ruse
Kravchuk V.I. – corr.member of NAAS
of Ukraine, Kiev
Makhalek A. – Ph.D.(Eng.), VUZT,
Czech Republic, Prague
Pavlovski T. – D.Sc.(Eng.), prof., PIMR
Poland, Poznan
Sadykov Zh.S. – D.Sc.(Eng.), prof.,
Kazakhstan, Almaty
Yakovchik S.G. – Ph.D.(Agr.), SPC of NAS
of Belarus, Minsk

THEY WORKED
WITH JOURNAL ISSUE:

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

EDITORS OFFICE'S ADDRESS

109428, Moscow,
1st Institutskiy proezd, 5
Tel.: +7 (499) 174-88-11
+7 (499) 174-89-01
E-mail: smit@vim.ru

Printed by FSAC VIM
Russian Academy of Science

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

The format is 205 × 290 mm
Passed for printing 15.11.2017
The circulation is 500 copies

CONTENTS

NEW TECHNICS AND TECHNOLOGIES

- Godzhaev Z.A., Izmaylov A.Yu., Mikholap L.A.**
Conditions for safety operation and maneuverability of low-tonnage
roadtrain at critical rates of motion 3
- Zhalnin E.V., Godzhaev Z.A., Florentsev S.N.**
Conceptual principles of intelligent agricultural machines
(in the case of combine harvester) 9
- Levina N.S., Tertyshnaya Yu.V., Bidey I.A., Elizarova O.V.**
Carbohydrates content in Jerusalem artichoke tubers
during vegetation 17
- Liskin I.V., Mironov D.A., Kurbanov R.K.**
Overlaid chisel blade location relative to direction of plowing unit
movement 22

PLANT GROWING

- Lee A.**
Technological bases of harvesting and equipment for lucerne seeds
cleanings 28

INNOVATION

- Arzhenovskiy A.G.**
Methods of determination of power and fuel-economic rates
of machine and tractor units 36
- Bizhaev A.V., Simeon A.A.**
Palm oil use as additive to fuel for tractor diesels 41

INFORMATION

- List of articles published in 2017 47**

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

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

УДК 629.33.017

DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-6-3-8

УСЛОВИЯ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ И МАНЕВРЕННОСТИ МАЛОТОННАЖНОГО АВТОПОЕЗДА ПРИ КРИТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЯХ ДВИЖЕНИЯ

Годжаев З.А.^{1*},
докт. техн. наук, профессор;

Измайлов А.Ю.¹,
академик РАН;

Михолап Л.А.²,
канд. техн. наук

¹Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, 1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Российская Федерация, *e-mail: fic51@mail.ru;

²4-й государственный межвидовой полигон Министерства обороны Российской Федерации, г. Знаменск, Астраханская область, 416540, Российская Федерация

В работе рассмотрено устройство управления одноосного прицепа, позволяющее повысить маневренность, надежность и безопасность движения малотоннажного автопоезда путем использования гибкой связи в сцепном устройстве. Это дает возможность использовать автопоезд в условиях чрезвычайных ситуаций, на узких улицах городов, в теплицах, коровниках, внутрицеховых и складских помещениях. Устройство отличается простотой, надежностью и высокой ремонтпригодностью, позволяющей эксплуатировать его при перевозке невибробстойких грузов различного назначения. На предлагаемое устройство подана заявка на изобретение. Рассчитаны максимальные усилия в тросе, крюке дышла и управляемых элементах сцепного устройства при экстренном торможении с максимальной загрузкой прицепа в сложных дорожных условиях. Определены критические радиусы поворота при различных скоростях движения и коэффициентах сцепления колеса с дорогой. Выполнено математическое моделирование движения автопоезда. Устройство установлено и испытано с помощью дорожной лаборатории КП-514МП на автомобиле Газель 2705 с прицепом ИАПЗ-739. Проведены натурные испытания в различных городских и полевых условиях с загруженностью прицепа и смещениями центра масс груза. Установка троса в сцепном устройстве существенно меняет характер движения задним ходом и при экстренном торможении. При этом исключается складывание автопоезда, в то время как без троса почти всегда возникает угроза такого складывания, что крайне нежелательно при перевозке невибробстойких грузов. Это существенно влияет на активную безопасность малотоннажного автопоезда, определяет его тормозную эффективность и поперечную устойчивость при движении. Описана математическая модель, подтвержденная экспериментально, позволяющая оценить критические радиусы поворота при маневрировании, условия экстренного торможения и возможность движения задним ходом. Определили, что в сцепном устройстве автопоезда с гибкой связью возможно использовать два типа тросов: ТК диаметром 9 мм с металлическим сердечником или ЛК-0 с органическим сердечником, а также возможно применение других типов тросов, если они выдерживают усилия в 4,5-5,0 т.

Ключевые слова: автопоезд, сцепное устройство, гибкая управляемая связь, маневрирование.

■ **Для цитирования:** Годжаев З.А., Измайлов А.Ю., Михолап Л.А. Условия безопасной эксплуатации и маневренности малотоннажного автопоезда при критических показателях движения // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2017. №6. С. 3-8.

CONDITIONS FOR SAFETY OPERATION AND MANEUVERABILITY OF LOW-TONNAGE ROADTRAIN AT CRITICAL RATES OF MOTION

Godzhaev Z.A.^{1*},
Dr. Sc. (Eng.);

Izmaylov A.Yu.¹,
member of RAS;

Mikholap L.A.²,
Ph. D. (Eng.)

¹Federal Scientific Agricultural Engineering Center VIM, 1st Institutskiy proezd, 5, Moscow, 109428, Russian Federation, *e-mail: fic51@mail.ru;

²4th State Joint Testing Ground of Ministry of Defence of the Russian Federation, Znamensk, Astrakhan' region, 416540, Russian Federation

The paper deals with the control device for a uniaxial trailer, which makes it possible to increase the maneuverability and reliability of the movement of a low-tonnage roadtrain by using flexible coupling in the hitch mechanism. This makes it possible to use roadtrain at emergency situations, in narrow urban streets, in greenhouses, livestock houses, and

warehouses. This mechanism is simplicity, reliability and high maintainability, which allow to operate it when transporting non-bump-resistant cargo of different purpose. An application for an invention was filed with the proposed mechanism. The maximum forces in the cable, the drawbar hook and the controlled elements of the coupling were calculated in case of emergency braking with the maximum loading of the trailer in difficult road conditions. Critical turn radii were determined at different speeds and tire-to-surface friction coefficients. A mathematical simulation of the movement of the roadtrain was performed. The device was installed and tested on the basis of the road laboratory KP-514MP based on the car Gazel 2705 with trailer IAPZ-739. Full-scale tests were carried out in various urban and field conditions with different loading of the trailer and shifts of the cargo mass center. The cable installation in the hitch significantly changes the geometry of the movement when reversing and emergency braking. Also the jack-knifing of the roadtrain is obviated, while without a cable, there is almost always a threat of such jack-knifing, which is highly undesirable in the transport of non-bump-resistant cargoes. This significantly affects the active safety of the low-tonnage roadtrain, determines its braking efficiency and transverse stability of the links during the movement. A mathematical model that had been tested experimentally was described, which makes it possible to estimate the critical turn radii during maneuvering, the conditions for emergency braking and the possibility of reversing motion. Two types of cables can be used in the flexible hitch-coupling: one is with a diameter of 9 mm and has the metallic core, another is LX-0, it consists of 46 wires with the organic core. Also other types of cables can be applied if they withstand load of 4.5-5.0 t.

Keywords: Low-tonnage roadtrain; Hitch-coupling; Flexible controlled coupler; Maneuverability.

For citation: Godzhaev Z.A., Izmaylov A.Yu., Mikholaev L.A. Conditions for safety operation and maneuverability of low-tonnage roadtrain at critical rates of motion. *Sel'skokhozyastvennyye mashiny i tekhnologii*. 2017; 6: 3-8. DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-6-3-8 (In Russian)

Стремительное развитие автомобильного транспорта ставит повышенные требования к безопасной эксплуатации малотоннажных автопоездов (МАП) в сложных дорожных условиях.

Автопоезд представляет собой техническую систему, безопасность которой определяется эксплуатационными качествами отдельных звеньев. Выход из строя одного из звеньев снижает безопасность движения и чаще всего приводит к тяжелым дорожно-транспортным происшествиям.

Создание специального устройства в сцепке позволяет повысить маневренность малотоннажного автопоезда в составе легкового автомобиля-тягача высокой проходимости и одноосного прицепа при перевозке нестандартных, невибростойких грузов в сложных дорожных условиях, включая движение задним ходом.

Согласно ГОСТ 3107 2012, маневренность автопоезда характеризуется следующими основными показателями: минимальный радиус поворота; внешний габаритный радиус поворота; внутренний габаритный радиус, габаритная полоса движения и маневрирование при движении задним ходом.

В настоящее время разработано большое количество систем активной безопасности. Этими вопросами в основном занимались научные коллективы МАМИ, МАДИ и ВИМ [1-3]. Их работы позволяют решить многие проблемы маневренности малотоннажных автопоездов, однако характеризуются сложностью технического исполнения и не обеспечивают маневрирования при движении задним ходом.

В зарубежных странах имеются устройства, нацеленные на повышение маневренности и устойчи-

вости малотоннажного автопоезда. Есть конструкции, снижающие колебания при возникновении рыскания прицепа.

В некоторых из них используются системы пружин или гидравлических демпферов, связывающих прицеп с тягачом. Этим недостатком лишена экспериментально апробированная система с гибкой управляемой связью в сцепном устройстве [4]. Она достаточно проста, поскольку может быть собрана в полевых условиях, обладает высокой ремонтнопригодностью и обеспечивает маневрирование при движении задним ходом [4].

Использование МАП с таким устройством необходимо для городских нужд при перевозке товаров, оборудования, вывозе различных отходов, использовании в системе МЧС, а также при обслуживании строительных, промышленных и сельскохозяйственных комплексов. Высокие маневренность и эксплуатационная надежность таких МАП позволяют применять их при необходимости передвижения по местности со сложным рельефом и узким городским улицам [5].

Цель исследования – оценка условия эксплуатации малотоннажного автопоезда с гибкой связью в сцепном устройстве при критических показателях движения, подготовка рекомендаций по повышению его маневренности и безопасности движения.

Материалы и методы. Многоцелевое использование МАП требует высокой эксплуатационной надежности и безопасности. В связи с этим рассмотрим движение МАП при критических условиях маневрирования. Для этого используем математическую модель [4, 6].



Математическая модель движения автомобиля с прицепом сформирована на основе известных уравнений движения систем твердых тел. Автомобиль и прицеп считаются твердыми телами, совершающими пространственное движение. Крепление дышла к фаркопу моделируется сферическим шарниром [7, 8].

С каждым из твердых тел, составляющих систему, связывается подвижная система отсчета XYZ с началом в центре масс соответствующего тела (рис. 1).

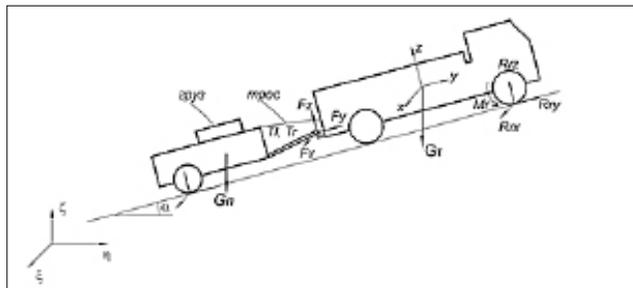


Рис. 1. Расчетная схема динамики движения малотоннажного автопоезда с прицепом

Fig. 1. Analytical model of dynamics of movement of low-tonnage roadtrain

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Для расчетной оценки вышеназванных параметров принято считать, что поверхность дороги (микропрофиля) плоская. Взаимодействие колес автомобиля и прицепа с дорогой в вертикальном направлении описывается упруго-вязкой моделью с учетом возможности потери контакта:

$$R_i = \begin{cases} c_R \rho_c + \mu_R \dot{\rho}_c, & \text{если } \rho_c > 0 \\ 0, & \text{если } \rho_c \leq 0 \end{cases} \quad (1)$$

где R_c – критический радиус поворота;

$\rho_c, \dot{\rho}_c$ – деформация и скорость точки контакта колеса относительно грунта;

c_R – коэффициент жесткости системы колесо–дорога;

μ_R – коэффициент вязкости системы колесо–дорога.

В качестве независимых обобщенных координат прицепа выбирают координаты его центра масс $\xi\eta\zeta$ и углы ψ, θ, φ поворота осей транспортного средства в неподвижной системе отсчета. Тогда уравнения динамики пространственного движения прицепа записывают в виде 12-ти дифференциальных уравнений первого порядка.

Шесть кинематических соотношений, связывающих первые производные от обобщенных координат и проекции линейной и угловой скоростей на оси подвижной системы отсчета, выглядят следующим образом:

$$\begin{aligned} \xi &= V_x a_{11} + V_y a_{21} + V_z a_{31}; \\ \eta &= V_x a_{12} + V_y a_{22} + V_z a_{32}; \\ \zeta &= V_x a_{13} + V_y a_{23} + V_z a_{33}; \\ \dot{\psi} &= (q \cos \varphi - p \sin \varphi) / \cos \theta; \\ \dot{\theta} &= p \cos \varphi - q \sin \varphi; \\ \dot{\varphi} &= r + tg \theta (p \sin \varphi + q \cos \varphi), \end{aligned} \quad (2)$$

где V_x, V_y, V_z, p, q, r – проекции скорости центра масс и угловой скорости твердого тела на оси подвижной системы координат;

$a_{11}, a_{21}, a_{31}, a_{12}, a_{22}, a_{32}, a_{13}, a_{23}, a_{33}$ – направляющие косинусы между осями подвижной и неподвижной систем отсчета.

Запишем шесть уравнений динамики в подвижной системе отсчета на основе теоремы об изменении количества движения и теоремы об изменении кинетического момента:

$$\begin{aligned} m(\dot{V}_x + q\dot{V}_z - rV_y) &= F_x + R_{lx} + R_{rx} + T_x + T_{rx} - G a_{11}; \\ m(\dot{V}_y + rV_z - pV_x) &= F_y + R_{ly} + R_{ry} + T_y + T_{ry} - G a_{21}; \\ m(\dot{V}_z + pV_y - qV_x) &= F_z + R_{lz} + R_{rz} + T_z + T_{rz} - G a_{31}; \\ J_x p - J_y q - J_z r + (J_x - J_y)qr + J_z(r^2 - q^2) + p(J_y r - J_z r) &= \\ &= F_x y_f + R_{lx} y_{rl} + R_{rx} y_{rr} + T_x y_{pl} + T_{rx} y_{pr} - \\ &- F_y z_f - R_{ly} z_{rl} - R_{ry} z_{rr} - T_y z_{pl} - T_{ry} z_{pr}; \\ -J_y \dot{p} + J_z \dot{q} - J_x \dot{r} + (J_x - J_z)r p + J_y(p^2 - r^2) + q(J_y p - J_z r) &= \\ &= F_x z_f + R_{lx} z_{rl} + R_{rx} z_{rr} - T_x z_{pl} + T_{rx} z_{pr} - \\ &- F_y x_f - R_{ly} x_{rl} - R_{ry} x_{rr} - T_y x_{pl} - T_{ry} x_{pr}; \\ -J_z \dot{p} - J_y \dot{q} + J_x \dot{r} + (J_y - J_x)pq + J_z(q^2 - p^2) + r(J_y q - J_z r) &= \\ &= M_1 + M_r + F_x x_f + R_{lx} x_{rl} + R_{rx} x_{rr} + T_y y_{pl} + T_{ry} y_{pr} - \\ &- F_z y_f - R_{ly} y_{rl} - R_{ry} y_{rr} - T_z z_{pl} - T_{ry} z_{pr}, \end{aligned} \quad (3)$$

где m – масса автопоезда с учетом массы автоприцепа;

F_x, F_y, F_z – составляющие реакции F фаркопа, действующие со стороны автомобиля на прицеп;

$R_{lx}, R_{ly}, R_{lz}, R_{rx}, R_{ry}, R_{rz}$ – составляющие усилия на левом и правом колесах прицепа соответственно;

$T_{lx}, T_{ly}, T_{lz}, T_{rx}, T_{ry}, T_{rz}$ – проекции силы натяжения троса в сцепном устройстве на подвижные оси координат на левой и правой частях троса, действующие со стороны автомобиля на прицеп;

$J_x, J_y, J_z, J_{xy}, J_{xz}, J_{yz}$ – компоненты тензора инерции относительно осей подвижной системы координат;

M_1, M_r – моменты сопротивления повороту на левом и правом колесах;

G – общий вес автопоезда с учетом веса прицепа;

$x_f, y_f, z_f, x_{rl}, y_{rl}, z_{rl}, x_{rr}, y_{rr}, z_{rr}, x_{pl}, y_{pl}, z_{pl}, x_{pr}, y_{pr}, z_{pr}$ – координаты точек приложения соответствующих сил в подвижной системе отсчета, связанной с прицепом.

Поверхность дороги считается плоской. Взаимодействие колес автомобиля и прицепа с дорогой в вертикальном направлении описывается упруго-вязкой моделью с учетом возможности потери

контакта. Все элементы конструкции в данной модели считаются жесткими (недеформируемыми).

Основное диалоговое окно настройки параметров модели показано на *рисунке 2*. В программе предусмотрена возможность вносить параметры системы, такие как массовые характеристики тягача и прицепа, состояние грунта (асфальт, грунт, сухая или влажная дорога и т. п.), расположение груза в прицепе, внешние воздействия (неровности или уклон дороги), то есть можно оценить качество маневрирования в различных условиях. На *рисунке 3* показан пример моделирования движения МАП задним ходом при входе в поворот с управляемым тросом в сцепном устройстве и без него.

В результате моделирования процесса движения определены критические радиусы поворота обычного одноосного прицепа грузоподъемностью в 1 т при движении передним и задним ходом в зависимости от скорости МАП при различных состояниях дороги и загруженности прицепа.

Мы предложили конструкцию с гибкой связью в сцепном устройстве, которая позволяет существенно повысить маневренность автопоезда (в том числе маневренность при движении задним ходом), тем самым повышая безопасность движения МАП.

На *рисунке 4* сопоставлены критические значения радиусов поворота (ниже которых движение становится опасным) для МАП с гибкой связью в сцепном устройстве и без нее при движении с порожним прицепом. Аналогичные данные получены и для движения МАП с прицепом различной загруженности.

На *рисунке 5* отражено поведение автопоезда при торможении. Угол крена и дифферента при наличии гибкой связи в сцепном устройстве всегда оставался менее 1° , а сила натяжения троса при указанных параметрах составляла примерно 0,1 т. При торможении без троса наблюдается складывание автопоезда еще до завершения торможения (*рис. 5а*). На *рисунке 5б* показано положение автопоезда с тросом при тех же условиях в момент полной остановки.

При движении задним ходом эксперименты проводили только для автопоезда с управляемым тросом в сцепном устройстве, так как без троса не удастся получить устойчивого маневрирования (практически такое маневрирование возможно только при очень малых скоростях и высокой квалификации водителя).

Поскольку движение автопоезда рассмотрено только при небольших скоростях (до 15 км/ч), неровности дороги фактически только уменьшают коэффициент сцепления колеса с дорогой и не оказывают влияния на возможный выезд автопоезда за пределы полосы движения за счет сил инерции при больших скоростях, которые имеют место в случае движения передним ходом.

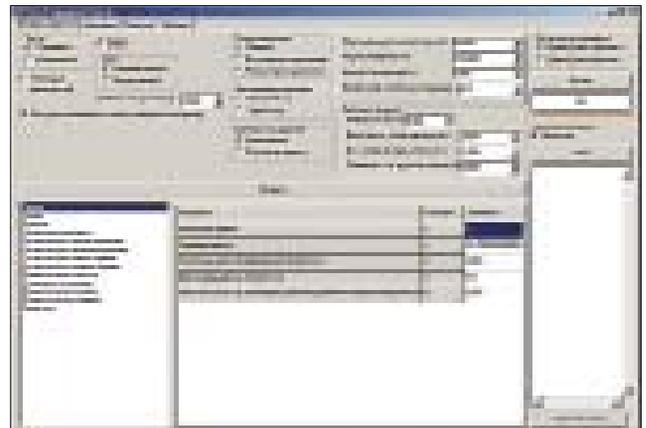


Рис. 2. Основное диалоговое окно программной системы для настройки параметров автопоезда

Fig. 2. The main dialog box of the program system for settings of roadtrain parameters

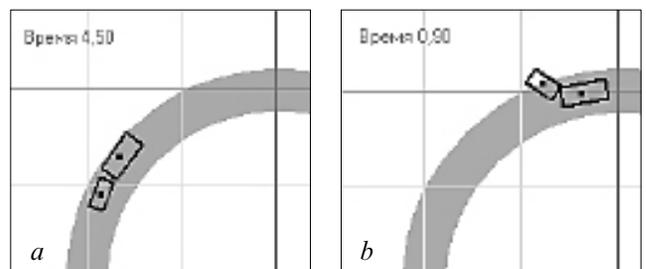


Рис. 3. Движение МАП с прицепом задним ходом (порожний прицеп, скорость $V=15$ км/ч; радиус поворота дороги $R=20$ м; коэффициент сцепления 0,6): а – с тросом, б – без троса.

Fig. 3. Low-tonsage roadtrain reverse movement (empty trailer, speed is $V=15$ km/h; road turn radius $R=20$ m; tire-to-surface friction coefficient 0,6): a – with wire rope cable; b – without wire rope cable

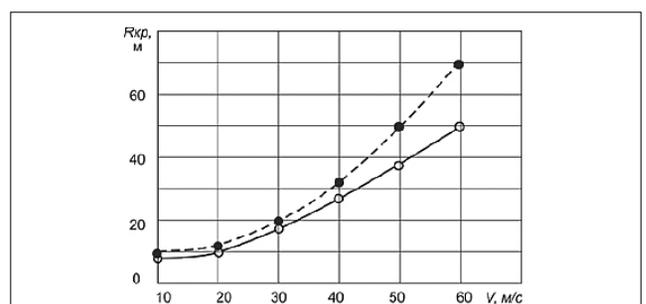


Рис. 4. Критический радиус поворота для различных скоростей движения с порожним прицепом:

--- автопоезд без троса в сцепном устройстве;

— автопоезд с гибкой связью в сцепном устройстве

Fig. 4. Critical turn radius for different speeds at movement with the empty trailer:

--- the road train without cable in the hitch mechanism;

— the road train with flexible cable in the hitch mechanism

Поэтому экспериментально замеренные значения критического радиуса маневрирования при движении задним ходом оказываются ближе к рас-



четным данным, полученным при несколько меньших значениях коэффициента сцепления (рис. 6).

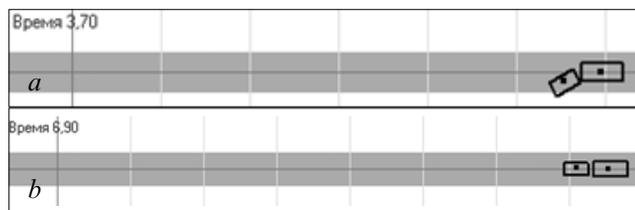


Рис. 5. Поведение малотоннажного автопоезда при торможении во время движения передним ходом с начальной скоростью 60 км/ч (груз 850 кг, смещенный в поперечном направлении на 0,2 м): а – без троса; б – с тросом

Fig. 5. Low-tonnage roadtrain geometry when braking at forward movement and speed of 60 km/h (850 kg truckload displaced in transverse direction on 0,2 m): a – without cable; b – with cable

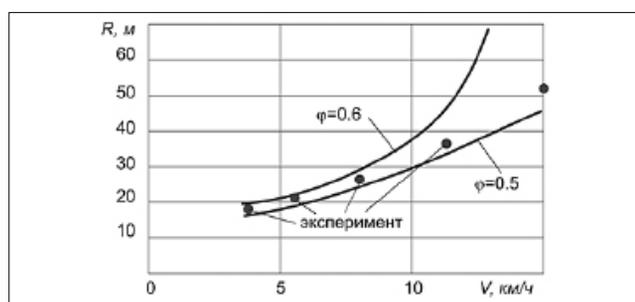


Рис. 6. Сопоставление расчетных и экспериментальных значений коэффициентов сцепления колеса с дорогой для критического радиуса поворота при движении задним ходом для порожнего прицепа:

- – расчетные значения;
- – экспериментальные значения

Fig. 6. Comparison of design and experimental values of tire-to-surface friction coefficient for critical radius of turn at reverse movement for empty trailer:

- – design values;
- – experimental values

Возможности маневрирования в значительной мере обеспечиваются дополнительными усилиями в тросе, поэтому при формулировке рекомендаций

о возможностях маневрирования следует использовать трос диаметром не менее 9 мм. Во всех рассмотренных выше случаях усилие в тросе не превосходило 3-4 т.

Поэтому в большинстве случаев использование троса типа ТК диаметром 10,5 мм с металлическим сердечником гарантированно обеспечивает безопасное маневрирование.

При использовании в сцепном устройстве управляемого троса можно обеспечить надежное маневрирование малотоннажного автопоезда при движении как передним ходом, так и задним.

При движении задним ходом маневрирование МАП без троса в сцепном устройстве крайне затруднительно, в то время как с гибкой связью в сцепном устройстве возможно устойчивое маневрирование в диапазоне реальных скоростей движения (до 10 км/ч).



Рис. 7. Движение автопоезда задним ходом с порожним прицепом с гибкой связью в сцепном устройстве

Fig. 7. Reverse movement of the roadtrain with empty trailer and flexible cable in the hitch mechanism

Результаты моделирования были подтверждены экспериментально. Все испытания проводили согласно ГОСТ 31507-2012 – с порожним прицепом и с грузом 500-850 кг (соответствующим весу специзделий) – на базе комплекса «Дорожная лаборатория КП-514МП» и автомобиля Газель 2705 с одноосным прицепом грузоподъемностью 1 т (рис. 7). Разработаны рекомендации по соблюдению скорости при входе в поворот (таблица).

Рекомендованные значения скорости при движении передним ходом в зависимости от радиуса поворота прицепа с грузом 850 кг (коэффициент сцепления 0,6)	
RECOMMENDED VALUES OF SPEED AT FORWARD MOVEMENT DEPENDING ON TURN RADIUS OF TRAILER WITH 850 KG TRUCKLOAD (TIRES-TO-SURFACE FRICTION COEFFICIENT 0.6)	
Скорость движения, км/ч Motion speed, km/h	Критический радиус поворота, м Critical radius of turn, m
10	15
20	20
30	25
40	40
50	60
60	90

Выводы

При движении автопоезда передним ходом на поворотах скорость не должна превышать значений, указанных в таблице.

При составлении рекомендаций в соответствии с результатами натурных испытаний значения критического радиуса поворота увеличены на 10%, что гарантирует надежное маневрирование.

При движении задним ходом и радиусе поворота 10-20 м скорость не должна превышать 5-10 км/ч,

но в экстремальных условиях устройство позволяет выполнять маневрирование задним ходом и при скоростях до 20 км/ч. Увеличение скорости зависит от прочности троса.

Рекомендуется в сцепном устройстве автопоезда с гибкой связью в соответствии с ГОСТ использовать два типа тросов: ТК диаметром 9 мм с металлическим сердечником или ЛК-0 с органическим сердечником, а также другие типы тросов, если они выдерживают усилия в 4,5-5,0 т.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гладов Г.И., Малиновский М.П. Предпосылки к разработке алгоритма для системы повышения устойчивости движения многозвенного автопоезда // *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*. 2007. N11. С. 36-46.
2. Гладов Г.И., Малиновский М.П. Расчет дистанции сближения автотранспортных средств // *Журнал автомобильных инженеров*. 2009. N2. С. 30-32.
3. Горин Г.С., Годжаев З.А., Головач В.М., Кузьмин В.А. Исследования поворачиваемости трактора для построения гибридной теории поворота // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2016. N5. С. 3-11.
4. Михолап Л.А. Повышение маневренности малотоннажного автопоезда с одноосным прицепом при транспортировке невibrационных грузов в сложных дорожных условиях. Автореф. дисс. ... канд. техн. наук.

Волгоград. гос. техн. ун-т, 2016.

5. Годжаев З.А., Русанов А.В., Ревенко В.Ю. Метод построения эпюр касательных напряжений в зоне контакта буксующего колеса с почвой // *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 2017. N5. С. 39-47.
6. Михолап Л.А. Повышение маневренности малотоннажного автопоезда при движении задним ходом // *Грузовик*. 2016. N2. С. 14-15.
7. Sergeev I.N. Turnability characteristics of solutions of differential systems // *Differential equations*. 2014; 10: 1342-1351.
8. Kohlscheen J., Stock H.-R., Mayr P. Chemical bonding in magnetron sputtered tinx coatings and its relation to diamond turnability // *Surface and coatings technology*. 2001; 142-144: 992-998.

REFERENCES

1. Gladov G.I., Malinovskiy M.P. Prerequisites for the development of algorithm for the system for increasing the stability of the movement of a multi-tier roadtrain. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Mashinostroenie*. 2007; 11: 36-46. (In Russian)
2. Gladov G.I., Malinovskiy M.P. Calculation of approach distance of vehicles. *Zhurnal avtomobil'nykh inzhenerov*. 2009; 2: 30-32. (In Russian)
3. Gorin G.S., Godzhaev Z.A., Golovach V.M., Kuz'min V.A. Research of tractor turnability for construction of hybrid theory of turn. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2016; 5: 3-11. (In Russian)
4. Mikholap L.A. Povyshenie manevrennosti malotonnazhnogo avtopoezda s odnoosnym pritsepom pri transportirovke nevratsionnykh gruzov v slozhnykh dorozhnykh usloviyakh [Increase of maneuverability of low-tonnage roadtrain with one-axle trailer for transpor-

- tation of non-resistant cargo in difficult road conditions]. *Avto-ref. diss. ... kand. tekhn. nauk. Volgograd. gos. tekhn. un-t*, 2016. (In Russian)
5. Godzhaev Z.A., Rusanov A.V., Revenko V.Yu. The method of constructing the diagrams of tangential stresses in the contact zone of an axle wheel with soil. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2017; 5: 39-47. (In Russian)
6. Mikholap L.A. Increased maneuverability low-tonnage trailer at backward motion. *Gruzovik*. 2016; 2: 14-15. (In Russian)
7. Sergeev I.N. Turnability characteristics of solutions of differential systems // *Differential equations*. 2014; 10: 1342-1351. (In English)
8. Kohlscheen J., Stock H.-R., Mayr P. Chemical bonding in magnetron sputtered tinx coatings and its relation to diamond turnability // *Surface and coatings technology*. 2001; 142-144: 992-998. (In English)

Критерии авторства. Все авторы несут ответственность за представленные в статье сведения и плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution. The authors are responsible for information and plagiarism avoiding.

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



УДК 631.354.2

DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-6-9-16

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПРИНЦИПЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН НА ПРИМЕРЕ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

Жалнин Э.В.¹,
докт. техн. наук;

Годжаев З.А.¹,
докт. техн. наук;

Флорентцев С.Н.^{2*},
канд. техн. наук

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

²ООО «Русэлпром», ул. Нижегородская, 32/15, Москва, 109029, Российская Федерация, *e-mail: florentsev@ruselprom.ru

Мониторинг различных путей повышения производительности сельхозмашин в рамках развития интеллектуального сельскохозяйственного производства показал, что традиционные направления увеличения энергонасыщенности, габаритов рабочих органов, скорости движения агрегатов почти исчерпали свои ресурсные возможности. К тому же установили, что даже уже созданная техника не полностью реализует свои потенциальные возможности из-за влияния человеческого фактора. Оператор не может оперативно реагировать на постоянно меняющиеся параметры агрофона во время движения агрегата. Предложили автоматизировать управление большинством технологических операций с помощью устройств, которыми снабжается полевой агрегат. Провели исследования, которые показали реальную возможность создания такой автоматизированной системы управления и регулирования. Установили, что если исключить оператора при выполнении основных технологических операций, то можно повысить производительность агрегата с 10 до 50 процентов в зависимости от его типа. Дали рекомендации по структуре приоритетных автоматических устройств и сформулировали основные концептуальные принципы интеллектуальных комбайнов. Показали, что они основаны на трех основополагающих факторах: электроприводе рабочих органов, включая трансмиссию; систем автоматических устройств; компьютеризации управления машиной и режимами ее работы.

Ключевые слова: система оптимального управления комбайном, производительность, захват жатки, автоматизация контроля, скорость движения.

■ Для цитирования: Жалнин Э.В., Годжаев З.А., Флорентцев С.Н. Концептуальные принципы интеллектуальных сельскохозяйственных машин на примере зерноуборочного комбайна // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2017. №6. С. 9-16.

CONCEPTUAL PRINCIPLES OF INTELLIGENT AGRICULTURAL MACHINES IN THE CASE OF COMBINE HARVESTER

Zhalnin E.V.¹,
Dr. Sc. (Eng.);

Godzhaev Z.A.¹,
Dr. Sc. (Eng.);

Florentsev S.N.^{2*},
Ph. D. (Eng.)

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

²ООО Ruselprom, Nizhegorodskaya St., 32/15, Moscow, 109029, Russian Federation, *e-mail: florentsev@ruselprom.ru

Monitoring of different ways to increase the productivity of agricultural machinery under development of intelligent agricultural production shown that traditional directions of increasing the concentration of energy, sizes of working elements and running speed almost reached their resources capacity. Besides even power of the existing machines is not fully used because of the influence of the human factor. An operator cannot quickly react to constantly changing agricultural background parameters while the machine is in motion. The authors offered to automate the management of the majority of all technological operations using devices that the machinery is supplied with. Research revealed the real opportunity to establish an automated management and regulatory system. If an operator is excluded then it is possible to increase efficiency of a machine from 10 to 50 percent depending on its type. Some recommendations on the structure of the priority of automatic devices were given and the main vision principles of intelligent combine harvesters were formulated. They

are based on three underlying factors which include electric drives for working tools involving transmission; automatic equipment systems; computerization of controlling machine and its operation modes.

Keywords: Harvester optimal control system; Productivity; Harvester operating width; Harvester header Control automation; Motion speed.

For citation: Zhalnin E.V., Godzhaev Z.A., Florentsev S.N. Conceptual principles of intelligent agricultural machines in the case of combine harvester. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*.2017; 6: 9-16. DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-6-9-16. (In Russian)

В современной технической литературе все чаще стали применять новое понятие – интеллектуальное сельское хозяйство [1-4]. С ним связывают будущее развитие агропромышленного сектора экономики. Это обусловлено тремя объективными обстоятельствами:

- традиционные, технологические и технические решения уже не могут обеспечить требуемый рост производительности труда и качества продукции;
- концепция пооперационной оптимизации исчерпала себя, и нужны более системные методологические и технологические решения создания техники;
- глобальная компьютеризация производства обязывает применять высокоавтоматизированные процессы.

Это новое направление развития агропромышленного производства включает следующие разделы: технологизацию сельскохозяйственного производства; общемировоззренческие принципы точного земледелия [5]; компьютеризацию производства; системное управление сельхозработами; мониторинг зональных оценочных критериев работы машин с оперативным контролем качества выполнения работ; дифференцированное воздействие на агросреду; создание интеллектуальных (думающих) машин и многое другое [6, 7].

Главными исполнителями интеллектуального сельскохозяйственного производства служат интеллектуальные машины и комплексы машин. Это высокоавтоматизированные технические средства, которые оптимизируют свое внутреннее и внешнее состояние (расположение) по заданным программам обеспечения оптимальной производительности и требуемого качества работы в зависимости от изменяющихся параметров агрофона.

Цель исследований – мониторинг известных путей повышения производительности сельхозмашин на примере зерноуборочных комбайнов как самых сложных и дорогих из них, поиск новых резервов повышения производительности труда, что послужит основанием для формирования основных принципов создания интеллектуальных машин.

Материалы и методы. Применены информационные методы исследования, включая аналитические, статистические методы обработки и анализа опытных данных, содержащихся в протоколах ис-

пытаний машин, а также методы интерполяции и экстраполяции статистических зависимостей.

Результаты и обсуждение. Мониторинг различных этапов создания и работы современных сельскохозяйственных машин, особенно сложных мобильных технологических агрегатов, выявляет три объективные особенности:

1. Почти все сельхозмашины, в том числе и комбайны, разрабатывают с ориентацией на высокий профессионализм оператора (механизатора, комбайнера), и большинство функций управления рабочими органами машины переданы ему.

Это приводит к тому, что одна и та же машина, но управляемая разными операторами, имеет разную производительность. К примеру, производительность комбайнеров-передовиков на 30-40% выше. Но таких профессионалов мало. В итоге хозяйственный парк машин работает ниже своих потенциальных возможностей. Недоиспользование этого потенциала в целом по парку машин составляет 20-30%, а в ряде хозяйств доходит до 40%. Это приводит к большим производственным затратам и увеличению себестоимости продукции. Ведь в этом случае работает «система», а не отдельные передовики.

2. При выполнении технологического процесса работы, к примеру зерноуборочного комбайна, объективно возникают такие сочетания природно-климатических, агроландшафтных и технологических факторов, оптимизировать которые комбайнер не может ввиду их быстротечности и многообразия. Обычный рядовой комбайнер только с очень малой вероятностью выберет единственно правильное решение, поэтому работает в основном на неоптимальных режимах.

К примеру, оптимальная подача хлебной массы в комбайн должна приблизительно соответствовать паспортной пропускной способности комбайна (не ниже 95%). Однако подача хлебной массы зависит от трех факторов: ширины захвата жатки, урожайности убираемой культуры и скорости движения комбайна. Все эти величины вероятностные. Комбайнер, выбирая скорость движения комбайна, ориентируется примерно на среднюю урожайность, которая, к сожалению, имеет коэффициент вариации 20-30% от среднего значения. Таким образом, чтобы не перегрузить молотилку хлебной массой, ком-



байнер вынужден работать на скоростях ниже паспортных. Никаких средств контроля за величиной подачи массы в комбайне нет. Средняя скорость движения комбайна равна примерно 2 м/с. Среднее время срабатывания зрительной и нервной системы комбайнера на внешний раздражитель составляет около 5 с. То есть пока комбайнер получит сигнал и примет решение комбайн пройдет 10 м. Но команда комбайнера не выполняется мгновенно. Любой гидромеханизм имеет время запаздывания – 1,5-2 с. За это время комбайн пройдет еще 3-4 м, итого 13-14 м. При этом комбайн будет работать уже на другом агрофоне, который может потребовать новых режимов работы и так далее. Поэтому комбайнер настройкой комбайна на его рабочем ходу в принципе не занимается, а работает с меньшим захватом жатки, на скоростях ниже оптимальной, лишь бы не перегрузить молотилку хлебной массой. Отсюда и снижение производительности комбайна по сравнению с паспортной.

Таким образом первое обстоятельство обуславливает привязку конструкции комбайна к оператору, а второе ограничивает производительность комбайна индивидуальными психологическими особенностями оператора.

3. Во многих крупнотоварных хозяйствах урожайность зерновых культур объективно растет. Новые сорта, передовые технологии производства, оптимальные севообороты привели к тому, что в ряде хозяйств на больших площадях (6-8 тыс. га) средняя урожайность зерна доходит до 6 т/га, а на отдельных полях до 8-10 т/га. Для уборки хлебов такой урожайности нужны комбайны высокой производительности – не менее 12-14 кг/с. Эти комбайны – дорогие. Позволить им работать с недогрузкой нельзя, иначе они себя не оправдают по критерию «цена–прибыль». Эффективность использования их пропускной способности должна быть не ниже 0,90-0,95. Этого не может обеспечить комбайнер по естественным ограничениям на реакцию, работоспособность, продолжительность рабочего дня и т.п.

Вышеназванные объективные особенности работы сельхозмашин (комбайнов) в целом характерны для сельхозпроизводства из-за инвариантности параметров агрофона. Выход найден в автоматизации управления сложными объектами.

На этот путь должно встать отечественное сельхозмашиностроение. Первые шаги сделаны. К примеру, на комбайны Ростсельмаша устанавливают систему электронных блоков контроля и фиксации параметров и режимов работы двигателя, молотилки комбайна и скорости его движения. Система *Adviser* контролирует до 40 параметров. Немецкий комбайн *Lexion-780* также имеет весьма высокий уровень автоматизации и т.д.

Медленно, но постепенно внедряются спутниковые навигационные системы *GPS* и ГЛОНАСС [1]. Они контролируют скорость движения комбайна, намолот зерна, убранную площадь, качество зерна, расход топлива и др. Но это все констатирующая информация. Система оптимального управления комбайна разорвана: нет исходного сигнала об изменяющихся условиях уборки, переработанного сигнала управления и обратной связи с органом управления. Опять все замыкается на комбайнере. Он должен осмыслить 40 сигналов системы *Adviser*, переработать их, принять решение и дать сигнал органам управления, причем на скорости движения комбайна 2 м/с, смотря вперед, не сбиваясь с курса. Конечно, оперативно он этого сделать не может, в результате снижается производительность комбайна, не контролируется качество работы.

Вышеприведенные особенности работы зерноуборочных комбайнов приводят к необходимости существенной их модернизации с постепенной передачей всех функций ручного управления системе автоматического управления комбайном (ИНТЕЛЛ-САУК).

Методологическими предпосылками создания такого комбайна стали следующие положения:

- крупнотоварное производство зерна требует применения комбайнов класса 12-14 кг/с и более для уборки злаковых культур, риса и кукурузы с урожайностью зерна 60-150 ц/га;

- условия высокоэффективного использования комбайнов как самых дорогих мобильных машин должны быть заложены в их конструкцию на стадии создания;

- необходимость полного использования потенциальных возможностей комбайнов по ширине захвата жатки, скорости движения, энергонасыщенности, оптимизации режимов функционирования рабочих органов на основе автоматизации контроля и управления технологическим процессом работы комбайна;

- потребность в применении более прогрессивных методов и средств передачи энергии рабочим органам комбайна с учетом эволюции приводов;

- обеспечение высокой проходимости и экологической безопасности воздействия ходовой системы на почву [8];

- необходимость снижения трения в основных сопряжениях рабочих органов и их приводах, что позволиткратно снизить затраты мощности на холостой ход и повысить удельные затраты мощности на работу комбайна;

- повышение конкурентоспособности отечественных комбайнов по производительности, расходу топлива, качеству работы и себестоимости зерна.

Названные положения играют роль социального заказа на создание нового высокопроизводи-

тельного комбайна.

Выясним возможность решения этой задачи традиционным путем увеличением мощности двигателя и габаритов рабочих органов.

Проведенные ранее исследования показали, что в выборке из 150 современных моделей комбайнов по их номинальной пропускной способности имеется наиболее тесная корреляционная связь с четырьмя параметрами комбайна: мощностью двигателя – N_e и площадями сепарации подбарабанья – F_n , соломосепаратора – F_c и решет очистки – F_p , которые определяют так называемый параметрический индекс комбайна – i_k [9]:

для классического комбайна:

$$i_k = 1/4 (N_e/32 + F_n/0,26 + F_c/1,5 + F_p/0,8), \quad (1)$$

для аксиально-роторного комбайна:

$$i_k = N/126 + 0,5(F_{nc} + F_p). \quad (2)$$

Теоретическая пропускная способность:

$$q_k = 1,83 i_k - 0,83. \quad (3)$$

Теоретическая производительность (максимальная):

$$W_T = \frac{3,6q_k}{y_3(1 + \alpha_f)}, \quad (4)$$

где y_3 – урожайность зерна, т/га, α_f – фактическое отношение массы соломы к массе зерна.

Масса комбайнов при $q_k > 10$ кг/с, равна $G_k = 1,2 q_k$. (5)

Таким образом, рост q_k все больше ограничивают физические, габаритные и экологические факторы. К примеру, при $q_k > 14$ кг/с эксплуатационная масса будет $G_{экс} > 25$ т.

При дальнейшем увеличении q_k проявляется действие естественных законов роста, различных объектов (таких как «лезвие» Оккама, или логистическая функция); чем ближе к «вершине» (оптимуму), тем труднее каждый шаг приближения к ней.

Расчетные параметры комбайна пропускной способности 14 кг/с представлены в таблице 1, из которой видно, что габариты этого комбайна будут уже запредельными: длина соломотряса более 7 м, длина ротора превышает 3,5 м, длина решет очистки более 5,5 м, масса комбайна без ГСМ около 17 т, а соответственно с ГСМ и полным бункером – около 25 т, что делает нецелесообразным создание такого комбайна по имеющимся тенденциям, выраженным в статистических формулах [9].

Однако комбайн такой потенциальной производительности нужен. Рассмотрим два направления.

Первое – поиск новых принципов воздействия на хлебостой для вымолота и очистки зерна, к примеру дифференцированное воздействие (очес), уско-

Table 1		Таблица 1	
РАСЧЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ КОМБАЙНА КЛАССА 14 кг/с ПРИ ШИРИНЕ МОЛОТИЛКИ 1500 мм			
CALCULATION PARAMETERS OF HARVESTER CLASS 14 kg/s WHEN 1500 MM WIDTH OF SEPARATOR			
Параметры Parameters	Классическая схема молотилки: бивальный барабан, клавишный соломотряс, 2-решетная очистка Separator classic scheme: beater drum, key straw rack, double-screen separator	Аксиальное однороторное молотильно-сепарирующее устройство с 2-решетной очисткой Axial single-rotor threshing device with double-screen separator	
Мощность двигателя, N_e , л.с. Engine power, N_e , h.p.	$35q_k - 25 = 465$	$42q_k - 30 = 558$	
Площадь подбарабанья, F_n , м ² Concave area, m ²	$0,086q_k = 1,2$	$0,24q_k + 0,37 = 3,73$	
Длина ротора, L_p , м при угле обхвата – 150° при диаметре 0,8 м Rotor length, L_p , m (wrapping angle is 150° and diameter is 0,8 m)	1,50	4,66	
Площадь соломотряса, F_c , м ² Strow rack area, F_c , m ²	$0,72q_k + 0,78 = 10,86$	-	
Длина соломотряса, L_c , м Strow rack length, L_c , m	7,24	-	
Площадь очистки, F_p , м ² Screen separator area, F_p , m ²	$0,58q_k + 0,28 = 8,32$	$0,63q_k + 0,28 = 9,1$	
Длина решет, L_p , м Screen length, L_p , m	5,55	6,07	
Масса комбайна (с жаткой 6 м, без ГСМ), G_k , т Harvester weight (with header 6 m, without petroleum, oil, lubricants), G_k , t	$1,2q_k = 16,8$	$1,2q_k = 16,8$	

ренное воздействие и т.п. Но это длительный путь, требующий больших капитальных затрат на поисковые исследования.

Второе – за основу прогресса следует принять не увеличение пропускной способности, а рост эксплуатационной производительности, максимально увеличивая коэффициент использования эксплуатационного времени смены, то есть повышать эффективность машиноиспользования по всем ее составляющим. Оптимизация машиноиспользования – большой резерв повышения фактической произ-



водительности машин.

Применительно к зерноуборочному комбайну основными конструктивно-технологическими решениями для достижения его высокой фактической производительности могут быть:

- обеспечение безотказной работы;
- повышение маневренности;
- уменьшение радиуса поворота;
- увеличение рабочей и транспортной скорости;
- ускорение выгрузки зерна;
- удлинение выгрузного шнека для обеспечения выгрузки зерна на ходу агрегата;
- увеличение проходимости;
- снижение роли оператора при управлении комбайном во время работы.

Последняя составляющая имеет особое значение. Не надо увеличивать мощность двигателя, ширину захвата жатки или габариты комбайна. Достаточно поручить управление комбайном высокопрофессиональному оператору и почти в 1,5 раза увеличить производительность комбайна. А раз таких операторов недостаточно, то поручить выполнять их работу автоматизированным системам, работающим по интеллектуальной схеме: параметр агрофона – сигнал – программное устройство и выходной сигнал управления – исполнение регулировки – контроль исполнения и т.д.

Для реализации такой схемы гидромеханические приводы уже не пригодны. Они медлительны в управлении. Нужен электропривод основных рабочих органов и трансмиссии. Это следует из эволюционной истории развития приводов сельхозмашин: ручной, механический, гидромеханический, гидроэлектромеханический и электромеханический.

Имеется множество примеров применения электропривода в отдельных узлах и агрегатах комбайнов. Фирма *Fendt* (Германия) установила электропривод восьми объектов, среди них: мотовило, реверс жатки, вариатор молотильного барабана, положение решет очистки и др. Фирма *Massey Ferguson* (США) применяет электропривод для семи объектов, из них: открытие крышек зернового бункера, частота вращения вентилятора очистки, регулировка зазоров в подбарабанье, реверс наклонной камеры и др. Широко используют электропривод и другие фирмы: *Deutz Fahr* (5 объектов), *New Holland* (7 объектов), *Claas* (9 объектов), *John Deere* (6 объектов) и др. Однако привод главных рабочих органов и трансмиссии остается пока гидромеханическим, хотя ведутся работы в направлении их электрификации.

В целом должны быть соблюдены три обязательные условия (принципа) создания интеллектуального комбайна:

- электропривод жатки, наклонной камеры, мо-

лотильного барабана, соломосепаратора, жалюзей решет, вентилятора очистки, трансмиссии с возможностью реализации схемы «мотор – колесо»;

- система автоматических устройств для управления комбайном и его рабочими органами;
- компьютеризация управления комбайном и его рабочими органами.

Для реализации первого условия нет необходимости все рабочие органы и элементы комбайна (машины) переводить на электропривод – только самые энергоемкие и непосредственно влияющие на технологический процесс работы: мотовило, жатку, наклонную камеру, молотильное устройство, контрприводы, трансмиссию. Простейшие механические приводы (одноконтурные ременные и цепные) остаются ввиду их простоты и малой стоимости.

Для выполнения второго условия необходим комплект автоматизированных устройств с системой исполнительных механизмов, из которых первоочередными будут следующие:

- синхронизации частоты вращения мотовила (окружной скорости – V_m , м/с) и скорости движения комбайна V_k , из условия $V_m/V_k = 1,6 - 1,8$;
- поддержание постоянной рабочей ширины захвата жатки в пределах 0,95-0,98 от конструктивной ширины путем вождения комбайна по лазерному лучу вдоль левой бровки стеблестоя (рис. 1);
- обеспечение постоянной высоты среза и автокопирования жатки в двух плоскостях – поперечной и продольной;
- изменение скорости движения комбайна в зависимости от величины урожайности зерна и соломы, потерь зерна и рельефа поля с обеспечением постоянной подачи хлебной массы в комбайн на уровне пропускной способности, кг/с, и недопущением перегрузочного режима по основным рабочим органам комбайна (рис. 2);
- картирование полей по урожайности зерна и соломы с использованием системы спутниковой навигации ГЛОНАСС;
- контроль эксплуатационно-технических параметров и режимов работы комбайна (намола зерна, уборанной площади, расхода топлива и т.п.);
- обеспечение выгрузки зерна на ходу (широко применяется во многих странах);
- обеспечение работы 2-3 агрегатов под управлением одного оператора.

Эти автоматизированные устройства существенно дополняют известные и широко применяемые системы автоматического контроля и управления комбайном.

Третье условие реализуется комплектом компьютерных программ, с помощью которых бортовой компьютер управляет режимами работы комбайна и его рабочими органами [9].

Для выполнения функций управления далеко не для всех автоматических систем сейчас существуют компьютерные программы. Их предстоит еще разработать. Особую трудность представляют программы управления скоростью движения комбайна для обеспечения постоянства подачи хлебной массы на уровне пропускной способности в зависимости от урожайности стеблестоя и величины потерь зерна. Слишком много факторов с вероятностной характеристикой обуславливают этот процесс. Но все равно эту задачу надо решать [9, 10]. Параллельно надо разработать более совершенные датчики контроля потерь зерна за комбайном. Имеющиеся датчики пока не совершенны, так как дают неточные результаты. К примеру, пьезодатчики почти одинаково реагируют на воздействие зерна, неорганических частиц, соломинок с междоузлиями. Получаемый от них неточный сигнал приводит к сбою всей системы управления комбайном.

На *рисунке 1* показана принципиальная схема автоматического вождения комбайна с поддержанием постоянной ширины захвата жатки. На левой боковине жатки в переднем конце делителя установлен датчик контура кромки стеблестоя с генератором лазерного луча. На платформе жатки установлен режущий аппарат с конструктивной шириной захвата B_k и шнек. От датчика на блок компьютера через сигналопровод поступает сигнал об отклонении левого делителя от бровки стеблестоя, который через механизм управления комбайном поступают на рулевое колесо. При этом колесо поворачивается в ту или другую сторону, не допуская отклонения линии движения комбайна больше заданного уровня. Тем самым достигается постоянство рабочей ширины захвата жаток.

На *рисунке 2* представлена принципиальная схема автоматической системы изменения скорости движения комбайна в зависимости от подачи хлебной массы. Между величиной подачи хлебной массы в молотилку комбайна и потерями зерна установлена довольно устойчивая корреляционная связь. Это служит основанием для выбора величины потерь зерна в качестве исходного сигнала для автоматического изменения скорости движения комбайна, достигая постоянства подачи хлебной массы в определенных пределах. При превышении потерь относительно заданного уровня подается сигнал на механизм управления скоростью движения комбайна, и скорость его уменьшается, а при снижении потерь – увеличивается. Индикатором подачи хлебной массы может служить величина ее давления на днище наклонной камеры. Эти два фактора также имеют тесную корреляционную связь. Создание датчика потерь зерна – сложная научно-техническая задача. Пока не удается ее решить. Но нет сомнения, что при должном финансирова-

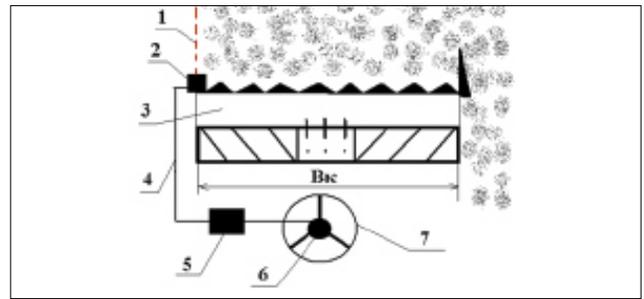


Рис. 1. Принципиальная схема автоматического поддержания постоянной ширины захвата жатки (вождение по лазерному лучу):

1 – лазерный луч; 2 – датчик агрофона (кромка стеблестоя); 3 – платформа жатки; 4 – сигналопровод; 5 – блок компьютера; 6 – механизм управления комбайном; 7 – рулевое колесо
 Fig.1. Flow diagram of automatic maintenance of header operating constant width (laser beam):

1 – laser beam; 2 – agricultural background controller (crop density brim); 3 – header platform; 4 – signal conductor; 5 – computer bloc; 6 – combine control mechanism; 7 – steering wheel

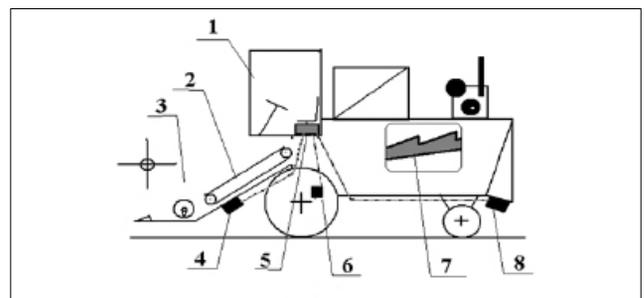


Рис. 2. Принципиальная схема автоматической системы изменения скорости движения комбайна в зависимости от подачи хлебной массы: 1 – кабина оператора; 2 – жатка; 3 – транспортер наклонной камеры; 4 – датчик давления хлебной массы на днище наклонной камеры; 5 – блок компьютера управления скоростью движения комбайна; 6 – механизм управления скоростью комбайна; 7 – сепарирующие органы комбайна; 8 – датчик потерь зерна

Fig. 2. Flow diagram of automatic change harvester motion speed depending on grain heap conveyance: 1 – operator cabine; 2 – header; 3 – feed elevator transporter; 4 – controller of grain heap pressure on feed elevator bottom; 5 – computer's of controlling harvester's speed of movement unit; 6 – harvester speed control mechanism; 7 – harvester separating elements; 8 – grain loss detector

нии этих разработок такой датчик несомненно появится. Реализация такой системы намного упростится при переводе комбайна с гидромеханического привода на электропривод.

В качестве двигательной установки нового комбайна целесообразно использовать гибрид: двигатель внутреннего сгорания и электрогенератор равной мощности. При этом масса генератора не должна превышать 1,0-1,1 кг на 1 кВт его мощности.

Большие требования предъявляются к ходовой системе интеллектуальных полевых машин (тракторов, комбайнов, самоходных шасси и т. п.). Весьма перспективно применение армированных резино-гусеничных движителей разной конфигурации (рис. 3, 4). Первый опыт их эксплуатации показал, что они достаточно надежны, обеспечивают большую проходимость, маневренность и скорость движения комбайна до 55 км/ч. За ними будущее, особенно в варианте электротрансмиссии с независимым приводом левой и правой ведущих звездочек гусеницы (схема «мотор – колесо»).



Рис. 3. Зерноуборочный комбайн, оборудованный треугольными полугусеничными движителями с резиноармированной гусеницей

Fig. 3. Grain harvester equipped with triangled half-track movers with a rubber-reinforced track

В комбайне будущего должны быть также применимы новейшие достижения в области эргономики, функционального технического дизайна, микроклимата и комфорта в кабине оператора.

В таблице 2 приведены расчетные экономические показатели ожидаемой эффективности комбайна *Torum-740* с электроприводом трансмиссии и рабочих органов, из которой видно, что годовой экономический эффект достигает 3,4 млн руб. Такой комбайн может себя окупить почти за 2 года.

Выводы

1. Интеллектуальное сельскохозяйственное производство – перспективное направление развития агропромышленного комплекса страны.
2. Интеллектуальное сельхозпроизводство на практике реализуется через актуализацию ресурсов, внедрение научных методов организации производства и создание интеллектуальных машин.
3. Интеллектуальные машины – это высокоавтоматизированные технические средства, которые оптимизируют свое состояние по заданным программам и критериям в зависимости от изменения характеристик агрофона.
4. Основные принципы интеллектуальных машин: наличие электропривода трансмиссии и базовых рабочих органов, применение комплекта автоматизированных устройств контроля и управления; компьютеризация управления с комплексом программ и исполнительных механизмов.



Рис. 4. Общий вид армированного резино-гусеничного движителя комбайна

Fig. 4. General view of harvester reinforced rubber-track mover

Table 2		Таблица 2	
ОЖИДАЕМАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА TORUM С ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ ТРАНСМИССИИ И РАБОЧИХ ОРГАНОВ			
EXPECTED EFFECTIVENESS OF THE TORUM COMBINE HARVESTER EQUIPPED WITH THE ELECTRIC DRIVE OF TRANSMISSION AND WORKING TOOLS			
Конструктивные и технические преимущества Structural and technical benefits	Эффект, тыс. руб./га Effect, thousands of rub./ha	Доля преимуществ, % Proportion of the benefits, %	
Повышение КПД передачи всей мощности двигателя на привод трансмиссии и ротора в 1,5 раза со снижением расхода топлива на 20-25% Increasing of efficiency factor of engine power transfer to transmission and rotor drive by 1.5 times and 20-25% less fuel consumption	58,860	1,7	
Автоматическое регулирование скорости движения комбайна в зависимости от текущей урожайности и поддержание постоянной подачи хлебной массы Automatic regulation of harvester motion speed depending on current yield and maintenance of constant grain heap feeding	2160	63,5	
Увеличение валового сбора зерна вследствие повышения маневренности комбайна и уменьшения поворотной полосы Increasing of gross grain harvest due to harvester flexibility improvement and diminishing of the headland	804,000	23,6	
Снижение эксплуатационных затрат на ТО, ремонт, реновацию, расходные материалы Decreasing of exploitation costs of technical support, repair, renovation, consumables	207,350	6,1	
Автоматическое поддержание постоянной частоты вращения барабана независимо от нагрузки (исключение – его заклинивание) Automatic maintenance of constant drum rotation speed regardless of workload (the exception is its jamming)	168,480	5,0	
Итого, тыс. руб. в год In total, thousands of rub./year	3400	100	

5. Создание и производство интеллектуального зерноуборочного комбайнов и тракторов поможет поднять отечественное сельхозмашиностроение на новый технический уровень, развить смежные отрасли машиностроения (приборостроение, средства телемеханики, автоматизации и т.п.), заложить методологические и технические основы создания ин-

теллектуальных сельскохозяйственных машин, позволяющих реализовать весь заложенный в них технологический потенциал и максимально исключить влияние человека на процесс их работы. В настоящее время этот потенциал используется только на 55-65%, что влечет за собой большие затраты энергетических и материально-технических ресурсов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Измайлов А.Ю., Гришин А.А., Гришин А.П., Лобачевский Я.П. Интеллектуальная автоматизация технических средств сельскохозяйственного назначения // *Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий*: Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции. М.: ВИМ, 2014. С. 359-362.
2. Черноиванов В.И., Ежевский А.А., Федоренко В.Ф. Интеллектуальная сельскохозяйственная техника. М.: 2014, Росинформагротех. 123 с.
3. Жалнин Э.В. В.П. Горячкин – вчера, сегодня и в будущем // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2014. №6. С. 20-26.
4. Hongze L., Konglai Z. Ecological agriculture comprehensive efficiency evaluation Index system and assessment method, *China Forestry Economy*, 2007, 9: 19-22, 38.
5. Рунов Б., Пильникова Н. Основы технологий точного земледелия. СПб.: АФИ, 2012. 120 с.
6. Freising H. (Germany). Assessment of Guidance

Systems in Agriculture under European Conditions. *South China Agricultural University*; 3 November 2008.

7. Isik M., Khanna M., & Winter-Nelson, A. (2002). Sequential investment in site-specific crop management under output price Uncertainty. *Journal of Agricultural and Resource Economics*; 26: 1-76.
8. Годжаев З.А., Прядкин В.И., Шевцов В.Г., Русанов А.В. Проблема воздействия на почву ходовых систем мобильных энергосредств и эффективные пути решения // *Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий*: Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции. М.: ВИМ, 2014. С. 327-329.
9. Жалнин Э.В. Расчет основных параметров зерноуборочных комбайнов использованием принципа гармоничности их конструкции. М.: ВИМ, 2011. 104 с.
10. Труфляк Е.В., Трубилин Е.И. Современные зерноуборочные комбайны. Краснодар: КубГАУ, 2013. С. 320.

REFERENCES

1. Izmaylov A.Yu., Grishin A.A., Grishin A.P., Lobachevskiy Ya.P. Intellectual automation of technical means of agricultural purpose. *Innovatsionnoe razvitie APK Rossii na baze intellektual'nykh mashinnykh tekhnologii*: Sbornik nauchnykh dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. Moscow:VIM, 2014: 359-362. (In Russian)
2. Chernoiivanov V.I., Ezhevskiy A.A., Fedorenko V.F. Intellektual'naya sel'skokhozyaystvennaya tekhnika [Intellectual agricultural machinery]. Moscow: 2014, Rosinformagrotekh: 123. (In Russian)
3. Zhalnin E.V. V.P. Goryachkin – in times past, at present and in the future. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2014; 6: 20-26. (In Russian)
4. Hongze L., Konglai Z. Ecological agriculture comprehensive efficiency evaluation Index system and assessment method, *China Forestry Economy*, 2007, 9: 19-22, 38. (In English)
5. Runov B., Pil'nikova N. Osnovy tekhnologii tochnogo zemledeliya [Bases of technologies of precision agriculture]. St.Petersbug: AFI, 2012: 120. (In Russian)
6. Freising H. Assessment of Guidance Systems in

Agriculture under European Conditions. *South China Agricultural University*, 3 November 2008. (In Germany)

7. Isik M., Khanna M., & Winter-Nelson, A. (2002). Sequential investment in site-specific crop management under output price Uncertainty. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 26: 1-76. (In English)
8. Godzhaev Z.A., Pryadkin V.I., Shevtsov V.G., Rusanov A.V. Problem of impact on the soil of running systems of mobile power means and effective solutions. *Innovatsionnoe razvitie APK Rossii na baze intellektual'nykh mashinnykh tekhnologii*: Sbornik nauchnykh dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii: Moscow: VIM, 2014: 327-329. (In Russian)
9. Zhalnin E.V. Raschet osnovnykh parametrov zernouborochnykh kombaynov [Combine harvesters main parameters calculation]. Moscow: VIM, 2001: 10 (In Russian).
10. Truflyak E.V., Trubilin E.I. Sovremennye zernouborochnye kombayny [Modern combine harvesters]. Krasnodar: KubGAU, 2013: 320. (In Russian)

Критерии авторства. Все авторы несут ответственность за представленные в статье сведения и плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution. The authors are responsible for information and plagiarism avoiding.

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

УДК 635.2

DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-6-17-21

СОДЕРЖАНИЕ УГЛЕВОДОВ В КЛУБНЯХ ТОПИНАМБУРА В ПРОЦЕССЕ ВЕГЕТАЦИИ

Левина Н.С.¹,
ст. науч. сотр.;

Тертышная Ю.В.^{1,2*},
канд. хим. наук;

Бидей И.А.¹,
лаб.-иссл.;

Елизарова О.В.¹,
лаб.-иссл.

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

²Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля, ул. Косыгина, 4, Москва, 119334, Российская Федерация, *e-mail: moraxella@bk.ru

Топинамбур (*Helianthus tuberosus* L.) – сельскохозяйственная культура, богатая витаминами, углеводами, клетчаткой. Из клубней топинамбура получают ценное вещество – инулин, который обладает комплексом полезных свойств. С целью повышения содержания питательных веществ, урожайности и климатической устойчивости селекционеры создают новые сорта и гибриды топинамбура. Проведен анализ на содержание влаги, сухого остатка и фракционного состава углеводов в клубнях топинамбура сортов Сиреники и Скороспелка, а также в гибридах ПББ и ПБК в разные фазы вегетации. Определено, что в фазе цветения влажность клубней исследуемых сортов находилась в пределах 77,2-81,3 процента, величина сухого остатка питательных веществ составила 18,7-22,8 процента. Установлено, что наибольшее количество общих и нередуцирующих сахаров в фазе цветения содержится в клубнях сорта Сиреники – 78,3 и 61,8 процента соответственно. Аналогичный анализ проведен на клубнях топинамбура исследуемых сортов и гибридов в фазе созревания. В этот период содержание сухого остатка несколько увеличилось и составило 22,9-26,2 процента. Отмечено повышение количества нередуцирующих сахаров (в том числе инулина), для всех изученных образцов топинамбура. Однако наибольшие значения (72 процента) зафиксированы у сорта Сиреники и гибрида ПБК. Определено, что содержание инулина зависит от фазы вегетации и от сортовых особенностей топинамбура при отсутствии явного превосходства гибридов.

Ключевые слова: топинамбур, инулин, углеводы, фазы вегетации, сухой остаток.

■ **Для цитирования:** Левина Н.С., Тертышная Ю.В., Бидей И.А., Елизарова О.В. Содержание углеводов в клубнях топинамбура в процессе вегетации // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2017. №6. С. 17-21.

CARBOHYDRATES CONTENT IN JERUSALEM ARTICHOKE TUBERS DURING VEGETATION

Levina N.S.¹;

Tertyshnaya Yu.V.^{1,2*},
Ph. D. (Chem.);

Bidey I.A.¹;

Elizarova O.V.¹

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

²Emanuel Institute of Biochemical Physics, Kosygin St., 4, Moscow, 119334, Russian Federation, *e-mail: moraxella@bk.ru

Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) is rich in vitamins, carbohydrates, fiber. Tubers of Jerusalem artichoke consist valuable substance inulin, which has a complex of health properties. Breeders create new hybrids and varieties of Jerusalem artichoke to increase the content of nutrients, productivity and climate resilience. The authors analysed moisture content, dry residue and fractional composition of carbohydrates in the tubers of Jerusalem artichoke varieties Skorospelka and Sireniki and the hybrids PBB and PBK in various phases of vegetation. In the flowering stage the moisture of the tubers of the investigated varieties was in the range of 77.2-81.3 percent, the value of dry residue of nutrients was 18.7-22.8 percent. The greatest number of non-reducing and total sugars in the flowering stage contained in the tuber varieties of Sireniki and was equaled 78.3 and 61.8 percent, respectively. A similar analysis was conducted in the maturation phase. In this phase the solids content slightly increased and amounted to 22.9-26.2 percent. Non-reducing sugars content, including inulin, increased in all the studied samples of Jerusalem artichoke. However, the greatest values of 72 percent were noted for variety Sireniki and hybrid PBK. The content of inulin depends on the phase of the growing season and the varietal

characteristics of Jerusalem artichoke and the absence of decisive superiority of the hybrids.

Keywords: Jerusalem Artichoke; Inulin; Carbohydrates; Vegetation phases; Dry residue.

■ **For citation:** Levina N.S., Tertyshnaya Yu.V., Bidey I.A., Elizarova O.V. Carbohydrates content in Jerusalem artichoke tubers during vegetation. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2017; 6: 17-21. DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-6-17-21. (In Russian)

В России до сих пор стоит вопрос о промышленном возделывании топинамбура как ценного поставщика инулина, поэтому актуальны исследования, связанные с его выращиванием, хранением, а также получением, строением и свойствами инулина [1-4].

Известно, что топинамбур – теплолюбивое растение, которое можно выращивать без особых затрат и искусственного орошения [4]. В его состав входят белки, жиры, углеводы, а также органические кислоты и витамины. Топинамбур содержит клетчатку, моно- и дисахариды, крахмал и инулин – органическое вещество группы полисахаридов, которое занимает промежуточное место между олигомерами и полимерами. Инулин $(C_6H_{10}O_5)_n$ считается природным аналогом инсулина. Попадая в организм человека, некоторая часть инулина расщепляется и превращается в молекулы фруктозы, которая способствует выводу вредных образований [5]. Оставшаяся нерасщепленная часть также выполняет очищающие функции: связывает токсины, радионуклиды, холестерин.

Инулин – ценный продукт, который можно использовать в медицинской и пищевой промышленности [6-8]. Но в настоящее время еще не получил широкого распространения. Как было показано в исследованиях, содержание углеводов, витаминов и других полезных веществ меняется в процессе роста и развития растений, а также зависит от сорта. С целью повышения содержания питательных веществ и приобретения определенных свойств селекционеры создают гибриды. В данной работе изучена динамика накопления инулина в разные фазы созревания у сортов и гибридов топинамбура.

Цель исследования – биометрический анализ и определение комплекса углеводов в клубнях топинамбура разных сортов и гибридов в процессе вегетации.

Материалы и методы. В работе исследованы клубни топинамбура сортов Скороспелка, Сириники и гибридов ПББ и ПБК, выращенных в ЗАО «Заволжское» Костромской области.

Содержание углеводного комплекса определяли следующим методом. Клубни топинамбура тщательно промывали, отделяли от корневой системы, нарезами на кубики размером $6 \times 6 \times 6$ мм. От каждого образца выделяли пробу массой 100-200 г, которую измельчали до пюреобразного состояния.

Метод определения общих, редуцирующих и не-

редуцирующих сахаров основан на колориметрировании избытка щелочного раствора гексацианоферрата (III) калия после реакции с редуцирующими сахарами объекта исследования. При этом гексацианоферрат (III) восстанавливается до гексацианоферрата (II), что ведет к ослаблению окраски [8, 9]. Из измельченной пробы анализируемого образца отбирали субпробу, массу которой рассчитывали по формуле $M = CV/P$:

где C – оптимальная для данного метода концентрация сахаров в водной вытяжке на 100 см^2 , г/см^3 ;
 V – вместимость колбы, мл;

P – предполагаемое содержание общего сахара в объекте исследования. Навеску растворяли в колбе емкостью 250 мл, фильтрацией удаляли мешающие сахара. Для определения редуцирующих сахаров использовали 10 мл фильтрата, добавляли дистиллированную воду и гексацианоферрат калия. Полученный раствор доводили до кипения (1 мин), охлаждали, затем при комнатной температуре измеряли оптическую плотность D при длине волны 440 нм с использованием фотоэлектроколориметра КФК-2-УХЛ. Для определения общего сахара использовали раствор соляной кислоты, едкий натр, гексацианоферрат калия. Содержимое доводили до кипения и после охлаждения определяли оптическую плотность. Содержание общего сахара, выраженное в глюкозе, % вычисляли по формуле:

$$C = \frac{m \cdot v \cdot 100}{v_1 \cdot m}$$

где M – количество глюкозы, найденное по градуировочному графику, мг;

V – объем исследуемого раствора, приготовленного из навески, см^3 ;

V_1 – объем раствора, взятый для реакции с гексацианоферратом калия см^3 ;

m – масса навески объекта исследования, мг.

Содержание нередуцирующих сахаров определяли по формуле:

$$C_{\text{неред.сахаров}} = (C_{\text{общ.}} - C_{\text{ред.сахаров}}) \cdot 0,92,$$

где $C_{\text{общ.}}$ – содержание общего сахара;

$C_{\text{ред.сахаров}}$ – содержание редуцирующего сахаров; 0,92 – коэффициент гидролиза.

Содержание влаги и сухого остатка определяли по ГОСТ Р 31640-2012.

Результаты и обсуждение. Чтобы выяснить, насколько содержание редуцирующих и нередуцирующих сахаров зависит от фазы вегетации и сорта,



Table 1 Таблица 1

ВНЕШНИЙ ВИД И БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КЛУБНЕЙ ТОПИНАМБУРА (*HELIANTHUS TUBEROSUS L.*) В ФАЗЕ ЦВЕТЕНИЯ
APPEARANCE AND BIOMETRICS PROPERTIES OF TUBERS OF JERUSALEM ARTICHOKE (*HELIANTHUS TUBEROSUS L.*) IN THE FLOWERING STAGE

Образцы Samples	Цвет кожуры Color of peel	Поверхность клубня Tuber surface	Форма клубня Tuber shape	Количество глазков, шт. Number of eyes, pcs	Длина клубней мм, Tubers length, mm	Ширина клубней, мм Tubers width, mm	Масса, клубней, г Tubers weight, g	Плотность, г/см ³ Density, g/sm ³
Скороспелка Skorospelka	белый white	гладкая smooth	округло- продолго- ватая orbicular- oblong	4-8	25-71	22-26	6-25	1,1
Сиреники Sireniki	бледно- фиолетовый lilaceous	гладкая с наростами smooth-gnarly	удлиненно- овальная long-oval	5-6	13-76	15-32	3-63	1,1
ПБК PBK	розовый pink	гладкая smooth	удлинен- ная long	4-5	39-66	16-22	7-15	1,1
ПББ PBV	белый white	гладкая с наростами smooth-gnarly	продолго- ватая oblong	6-8	22-54	18-24	38-56	1,2

были исследованы клубни гибридов и сортов топинамбура, убранные в фазах цветения и созревания.

На первом этапе исследовали клубни топинамбура, собранные в фазе цветения. Следует отметить, что клубни двух сортов топинамбура и двух гибридов были свежие, целые, не поврежденные вредителями, цвет мякоти у всех образцов был белый. В таблице 1 представлены их биометрические характеристики, из которых видно, что длина, ширина, и масса клубней зависят от сорта. Более однородные клубни, характерны для гибрида ПББ 38-56 г, а наибольший разброс по массе – у сорта Сиреники – от 3 до 63 г. Плотность клубней была практически одинаковой у всех образцов и составила 1,1-1,2 г/см³.

Далее был проведен общий химический анализ клубней топинамбура и определен фракционный состав углеводов (табл. 2). Величина сухого остатка питательных веществ заметно схожа у сортов

Скороспелка, Сиреники и гибрида ПБК – 21,7-22,8%, и только у гибрида ПББ это значение несколько ниже – 18,7%.

Особое внимание обращено на содержание нередуцирующих сахаров, которых в пересчете на сухое вещество оказалось больше в образце топинамбура сорта Сиреники – 61,8%, в то время как у остальных образцов величина данного показателя составила 45-56%.

Второй этап – исследование клубней топинамбура в фазе созревания. Предполагалось, что здесь произойдет изменение фракционного состава углеводов, так как в этой фазе вегетации происходит отток нередуцирующих сахаров из стеблей и листьев в клубни. Эта фаза позволяет определить, какой сорт топинамбура или гибрид наиболее ценен в отношении накопления инулина. Все клубни были свежие, без повреждений. Характеристика внеш-

Table 2 Таблица 2

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КЛУБНЕЙ ТОПИНАМБУРА (*HELIANTHUS TUBEROSUS L.*) В ФАЗЕ ЦВЕТЕНИЯ
CHEMICAL COMPOSITION OF JERUSALEM ARTICHOKE TUBERS (*HELIANTHUS TUBEROSUS L.*) IN THE FLOWERING STAGE

Образцы, Samples	Масса образца, г Sampleweight, g	Влажность, % Humidity, %	Сухой остаток, % Dry residue, %	Общие сахара*, % Total sugar*, %	Редуцирующие сахара*, %, % Reducing sugar*, %	Нередуцирующие сахара*, %, % Nonreducing sugar*, %
Скороспелка Skorospelka	123,5	77,19	22,81	$\frac{17,94}{78,65}$	$\frac{4,58}{20,07}$	$\frac{12,29}{53,88}$
Сиреники Sireniki	253,4	78,32	21,68	$\frac{19,15}{88,33}$	$\frac{4,59}{21,17}$	$\frac{12,38}{61,81}$
ПБК PBK	126,2	77,4	22,60	$\frac{17,04}{79,84}$	$\frac{6,91}{30,5}$	$\frac{10,24}{45,32}$
ПББ PBV	135,1	81,31	18,69	$\frac{16,07}{85,98}$	$\frac{4,59}{24,56}$	$\frac{10,56}{56,50}$

* в числителе: в пересчете на сырую массу;
 в знаменателе: в пересчете на сухое вещество
 * in the numerator – expressed as wet weight basis
 in the denominator – expressed as dry matter

Образцы Samples	Цвет кожуры Color of peel	Поверхность клубня Tuber surface	Форма клубня Tuber shape	Количество глазков, шт. Number of eyes, pcs	Длина клубней мм, Tubers length, mm	Ширина клубней, мм Tubers wigth, mm	Масса, клубней, г Tubers weight,g	Плотность, г/см ³ Density, g/sm ³
Скороспелка Skorospelka	белый white	гладкая smooth	округлая orbicular- oblong	5-8	60-78	29-42	25-41	1,1
Сиреники Sireniki	фиолетовый violet	гладкая smooth	продолго- вато- овальная oblong-oval	3,5-8	32-78	28-35	18-42	1,1
ПБК РВК	розовый pink	гладкая smooth	удлинен- ная long	4-5	55-80	20-35	17-35	1,2
ПББ РВВ	белый white	гладкая smooth	овальная oval	6-7	43-54	15-32	40-63	1,2

него вида и биометрических показателей клубней топинамбура различных сортов, убранных в фазе созревания, приведена в таблице 3.

В фазе созревания уже не наблюдалось таких различий в биометрических характеристиках, как в фазе цветения. По данным таблицы 3, массы клубней двух сортов и гибрида ПБК очень близки по величине. Благодаря сортовым особенностям выделяется только гибрид ПББ, у которого средняя масса клубней больше. По сравнению с фазой цветения плотность клубней топинамбура не изменилась и осталась в пределах 1,1-1,2 г/см³.

Содержание сухого остатка питательных веществ, общих и редуцирующих и нередуцирующих сахаров в фазе созревания приведено в таблице 4. Заметно, что сухой остаток увеличился на 2-6% и значительно сократилось количество редуцирующих сахаров.

По сравнению с фазой цветения количество нередуцирующих сахаров в клубнях, наоборот, уве-

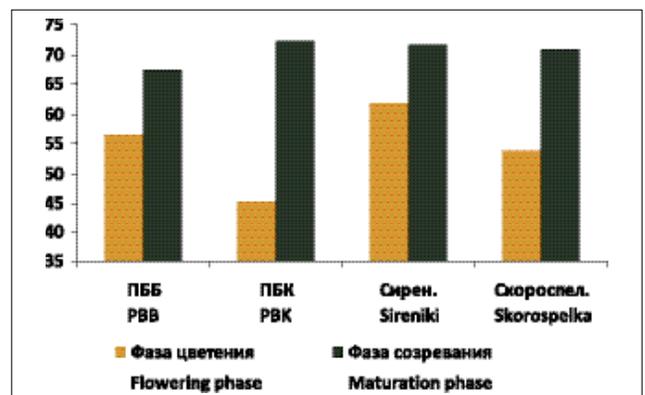


Рис. 1. Содержание нередуцирующих сахаров, в том числе инулина, в клубнях топинамбура в фазах цветения и созревания (в пересчете на сухое вещество)

Fig. 1. Non-reducing sugars content, including inulin, in tubers of Jerusalem artichoke in the phases of flowering and ripening (expressed as dry matter)

Образцы, Samples	Масса образца, г Sampleweight, g	Влажность, % Humidity, %	Сухой остаток, % Dry residue, %	Общие сахара*, % Total sugar*, %	Редуцирующие сахара, %, % Reducing sugar, %	Нередуцирующие сахара*, %, % Nonreducing sugar*, %
Скороспелка Skorospelka	308	75,7	24,3	$\frac{1878}{77,3}$	$\frac{0,71}{2,92}$	$\frac{17,17}{70,7}$
Сиреники Sireniki	291	73,8	26,2	$\frac{20,46}{78,3}$	$\frac{0,71}{2,69}$	$\frac{18,76}{71,6}$
ПБК РВК	232	77,1	22,9	$\frac{18,79}{82,05}$	$\frac{1,42}{6,19}$	$\frac{16,5}{72,1}$
ПББ РВВ	354	74,5	25,5	$\frac{19,5}{76,5}$	$\frac{1,42}{5,56}$	$\frac{17,18}{67,01}$



личилось. На *рисунке* показано содержание нередуцирующих сахаров в образцах топинамбура в зависимости от фазы вегетации. Их количество в пересчете на сухое вещество составило более 70% у гибрида ПБК и сортов Сиреники и Скороспелка, что считается удовлетворительным результатом.

Максимальное количество нередуцирующих сахаров, в том числе инулина, может составлять 78-80% в фазе полного созревания клубней топинамбура определенных сортов.

Выводы. В результате проведенного исследования установлено, что содержание углеводов в клуб-

нях топинамбура зависит от фазы вегетации. Наибольшее содержание нередуцирующих сахаров, в том числе инулина, накапливается в фазе созревания. Показано, что количественное содержание нередуцирующих сахаров, в том числе инулина зависит от сорта топинамбура. Однозначно отметить превосходство гибридов или сортов не представилось возможным. Все 4 образца топинамбура показали удовлетворительный результат по содержанию углеводного комплекса, но наибольшие значения нередуцирующих сахаров (72%) зафиксированы у гибрида ПБК и сорта Сиреники в фазу созревания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ху Ю.Ф., Лиу Ж.П. Ферменты антиоксидантной защиты и физиологические характеристики двух сортов топинамбура при солевом стрессе // *Физиология растений*. 2008. Т. 55. №6. С. 863-868.
 2. Левина Н.С., Кондратова Т.А., Бидей И.А. Исследование процессов сушки клубней топинамбура при различных способах энергоподвода // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2015. №2. С. 16-19.
 3. Голубкович А.В., Павлов С.А., Левина Н.С., Кондратова Т.А. Осциллирующий режим сушки клубней топинамбура // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2015. №2. С. 11-15.
 4. Monti A., Amaducci M.T., Venturi G. Growth Response, Leaf Gas Exchange and Fructans Accumulation of Jerl. Khu Yu.F., Liu Zh. P. Fermenty antioksidantnoy zashchity i fiziologicheskie kharakteristiki dvukh sortov topinambura pri solevom stresse // *Fiziologiya rasteniy*. 2008. V. 55; 6: 863-868.

5. Saengthongpinit W., Sajjaanantakul T. Influence of Harvest Time and Storage Temperature on Characteristics of Inulin from Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus L.*) Tubers // *Postharvest Biol. Technol.* 2005. V. 37: 93-100.
 6. Рейнгарт Э.С., Кочнев Н.К., Пономарев А.Г. Топинамбур: выращивание – уборка – получение биоэтанола // *Сельский механизатор*. 2009. №1. С. 28.
 7. Шаненко Е.Ф., Силаева М.А., Ермолаева Г.А. Топинамбур – сырье профилактического питания // *Вопросы питания*. 2016. Т. 85. №52. С. 219.
 8. Жучкова М.А., Скрипников С.Г. Топинамбур – растение XXI века // *Овощи России*. 2017. №1. С. 31-33.
 9. Левина Н.С., Тертышная Ю.В., Бидей И.А., Елизарова О.В. Исследование динамики накопления инулина в процессе вегетации топинамбура // *Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции*. М.: ВИМ. 2015. С. 120-124.

REFERENCES

1. Khu Yu.F., Liu Zh.P. Enzymes of antioxidant protection and physiological characteristics of two cultivars of a Jerusalem artichoke at a salt stress. *Fiziologiya rasteniy*. 2008. Vol. 55; 6: 863-868. (In Russian)
 2. Levina N.S., Kondratova T.A., Bidey I.A. Research of process of topinambur tubers drying at various ways of a power supply. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2015; 2: 16-19. (In Russian)
 3. Golubkovich A.V., Pavlov S.A., Levina N.S., Kondratova T.A. Oscillating mode of topinambur tubers drying. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2015; 2: 11-15. (In Russian)
 4. Monti A., Amaducci M.T., Venturi G. Growth Response, Leaf Gas Exchange and Fructans Accumulation of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus L.*) as Affected by Different Water Regimes. *European Journal of Agronomy*. 2005; 23: 136-145. (In English)
 5. Saengthongpinit W., Sajjaanantakul T. Influence of

Harvest Time and Storage Temperature on Characteristics of Inulin from Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus L.*) Tubers. *Postharvest Biology and Technology*. 2005; 37: 93-100. (In English)
 6. Reingart E.S., Kochnev N.K., Ponomarev A.G. Topinambur: cultivation – harvesting – bioethanol production. *Sel'skiy mekhanizator*. 2009; 1: 28. (In Russian)
 7. Shanenko E.F., Silaeva M.A., Ermolaeva G.A. Topinambur is raw material for diet and preventive nutrition. *Voprosy pitaniya*. 2016. Vol. 85; 52: 219. (In Russian)
 8. Zhuchkova M.A., Skripnikov S.G. Jerusalem artichoke is a plant of 21st century. *Ovoshchi Rossii*. 2017; 1: 31-33. (In Russian)
 9. Levina N.S., Tertyshnaya Yu.V., Bidey I.A., Elizarova O.V. Research of dynamics of inulin accumulation in the course of vegetation of a Jerusalem artichoke. *Sbornik nauchnykh dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*. Moscow: VIM, 2015: 120-124. (In Russian)

Критерии авторства. Все авторы несут ответственность за представленные в статье сведения и плагиат.
Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution. The authors are responsible for information and plagiarism avoiding.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.



УДК 631.362.322

DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-6-22-27

РАСПОЛОЖЕНИЕ ЛЕЗВИЯ НАКЛАДНОГО ДОЛОТА ПО ОТНОШЕНИЮ К НАПРАВЛЕНИЮ ДВИЖЕНИЯ ПАХОТНОГО АГРЕГАТА

Лискин И.В.;

Миронов Д.А.*;

Курбанов Р.К.,
канд. техн. наук

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, 1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Российская Федерация, *e-mail: mironov-denis87@mail.ru

Накладное долото составного лемеха – наиболее нагруженная деталь, играющая существенную роль в обеспечении работоспособности лемеха и в выполнении агротехнических требований по глубине вспашки. Долота лемехов изготавливают методом штамповки, вырубки из прокатной полосы и вырезки из листа с применением газовых, лазерных либо плазменных установок. Наилучшей производительностью отличаются детали из прокатной полосы. Отметим, что на тяжелых почвах лучшие показатели имеют долота с большим перепадом по глубине вспашки между крайними точками лезвия вследствие частичного разрушения нарастающей почвенной подошвы. При вспашке легких и средних почв перепад глубины между крайними точками лезвия долота уменьшают для снижения тягового сопротивления лемеха. Установили, что на легких почвах твердостью до 2,7 МПа минимальное тяговое сопротивление характерно для плугов, оснащенных лемехами с долотами, имеющими минимальный перепад по глубине между крайними точками лезвия. Доказали, что с увеличением перепада до 30 мм тяговое сопротивление возросло в среднем на 5,5 процента, причем повышение тягового сопротивления происходило по зависимости, близкой к линейной, в диапазоне перепада глубины от 10 до 30 мм. Выявили, что на легких и тяжелых почвах для плугов общего назначения необходимо рекомендовать к лемехам накладные долота. При этом угол между лезвием долота и стенкой борозды должен быть прямым, а перепад по глубине установки лезвия долота между крайними точками на линии, пересекающей лезвие и боковые грани долота, должен находиться в интервале 15-20 мм.

Ключевые слова: обработка почвы, лемех, накладное долото, тяговое сопротивление, почвенная подошва.

■ **Для цитирования:** Лискин И.В., Миронов Д.А., Курбанов Р.К. Расположение лезвия накладного долота по отношению к направлению движения пахотного агрегата // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2017. №6. С. 22-27.

OVERLAID CHISEL BLADE LOCATION RELATIVE TO DIRECTION OF PLOWING UNIT MOVEMENT

Liskin I.V.;

Mironov D.A.*;

Kurbanov R.K.,
Ph.D.(Eng)

Federal Scientific Agricultural Engineering Center VIM, 1st Institutskiy proezd, 5, Moscow, 109428, Russian Federation, *e-mail: mironov-denis87@mail.ru

An overlaid chisel of a compound ploughshare is the most loaded part which is important for operability of a ploughshare and implementation of agrotechnical requirements for plowing depth. Chisels of ploughshares are made by methods of stamping and blanking with use of gas, laser or plasma machines. Parts from a rolled strip are the most wear-resisting. Chisels with big difference on plowing depth between extreme points of an edge are the best for heavy soils cultivation because of partial destruction of the soil bottom layer. When light and medium soils plowing the difference of depth between extreme points of an edge of a chisel is reduced for decrease in traction resistance of a ploughshare. On light soils with the hardness up to 2.7 MPa the plows equipped with ploughshares with the chisels having the minimum difference on depth between extreme points of an edge have the minimum traction resistance. When difference raises up to 30 mm traction resistance increases on average for 5.5 percent. This dependence is close to linear if difference of depth varies from 10 to 30 mm. The overlaid chisels are recommended for ploughshares at cultivation of light and heavy soils by plows of general purpose. The angle between a chisel edge and a furrow wall should to be direct, and the difference of depth

between extreme points on the line crossing an edge and sides of the chisel should be in an interval of 15-20 mm.

Keywords: Soil cultivation; Ploughshare; Overlaid chisel; Traction resistance; Soil bottom layer.

For citation: Liskin I.V., Mironov D.A., Kurbanov R.K. Overlaid chisel blade location relative to direction of plowing unit movement. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2017; 6: 22-27. DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-6-22-27. (In Russian)

Накладное долото составного лемеха играет существенную роль в обеспечении работоспособности лемеха и в выполнении агротехнических требований по глубине вспашки. При износе режущей части долота (затупление или снижение вылета перед остовом лемеха) эти требования нарушаются, плуг теряет устойчивый ход по глубине, и происходит его выглубление [1].

Долота лемехов изготавливают в основном методом штамповки, вырубки из прокатной полосы и вырезкой из листа с применением газовых, лазерных либо плазменных установок [2-4]. Расположение лезвийной части долота по отношению к стенке борозды или направлению движения пахотного агрегата в современных конструкциях лемехов отличается большим многообразием как по ширине долота, так и по углам установки к стенке и дну борозды. Наиболее универсальным считается изготовление долот штамповкой [5]. В частности, штамповкой можно получить режущую кромку лезвия долота переменной толщины, где наибольшее значение может иметь передняя, выступающая часть лезвия (рис. 1, точка *a*), испытывающая максимальное давление со стороны почвенной массы, а наименьшее – задняя часть (рис. 1, точка *b*). При обработке участков с разуплотненной почвенной подошвой после ее обработки глубокорыхлителями возможен обратный вариант.

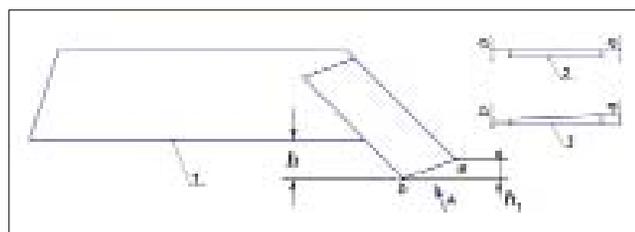


Рис. 1. Схема лемеха с накладным долотом и виды лезвийной части долот: 1 – общий вид лемеха с лицевой стороны; 2 – кромка лезвия одинаковой толщины по краям; 3 – кромка лезвия с разной толщиной по краям;

a – передняя точка; *b* – задняя точка; *h* – разность между нижней точкой долота и лезвием остова; *h*₁ – разность глубины вспашки в точках *a* и *b*

Fig. 1. Scheme of ploughshare with overlaid chisel and types of blade part: 1 – general view of ploughshare from the face; 2 – edge with constant thickness; 3 – edge with different thickness; *a* – forward point; *b* – back point; *h* – difference between lower point of chisel and blade of case; *h*₁ – difference of depth between extreme points *a* and *b*

Долота с разной толщиной по длине кромки лезвия выпускают такие фирмы, как *Kverneland* (Норвегия), *Unia* (Польша) и ряд других [6]. Аналогичные детали можно изготовить вырезкой из листового проката, однако при этом увеличивается количество технологических операций и растет их стоимость.

Недостатком изложенных методов изготовления является относительно низкая производительность, что при массовом производстве потребует строительство дополнительных мощностей.

Значительно более высокая производительность достигается, если изготавливать детали из прокатной полосы.

На рисунке 2 представлена схема отрезка полосы для изготовления лемешных долот.

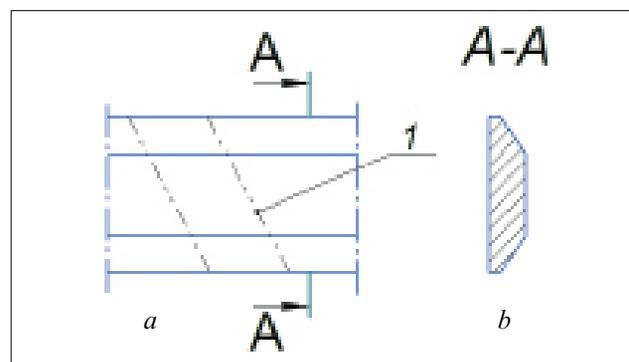


Рис. 2. Схема прокатной полосы для изготовления лемешных долот: *a* – вид сверху; *b* – поперечное сечение полосы; 1 – контур долота

Fig. 2. Scheme of a rolled strip for ploughshare chisels production: *a* – top view; *b* – cross section of a strip; 1 – chisel contour

К недостатку подобной технологии изготовления долот следует отнести невозможность создания режущей кромки лезвия с разной толщиной в передней *a* и задней *b* точках лезвия (рис. 1). Для равномерного износа лезвия долота при указанном способе изготовления его необходимо установить таким образом, чтобы давление почвы также было равномерным по всей длине лезвия.

Это возможно при расположении лезвия долота на лемехе перпендикулярно направлению движения пахотного агрегата или стенке борозды. Тогда лезвие станет совершать лобовое резание почвы, и давление на обе крайние точки сравняется.

Цель исследования – обоснование расположения лезвия накладного долота по отношению к на-

правлению движения пахотного агрегата.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Прежде чем проводить анализ и делать какие-либо выводы, необходимо учесть, что линия кромки лезвия долота относительно дна и стенки борозды имеет ряд противоречивых особенностей.

При установке долота на остова лемеха, наклоненного в рабочем состоянии под углом ко дну борозды, лезвие долота располагается крайними точками на разных уровнях по глубине (рис. 1). Точка *b* в большинстве случаев расположена ниже точки *a*, иногда на одной линии в горизонтальной плоскости, но при этом эффективность работы положительна только с предварительным разуплотнением почвенной подошвы. Поэтому, принимая во внимание, что дно борозды имеет повышенную твердость и давление выше в зоне нижней части лезвия долота (ближе к точке *b*), необходимо делать поправку на разницу значений данных факторов между этими двумя зонами.

При вспашке суглинистых и супесчаных почв средней полосы России наиболее распространена глубина обработки 20-25 см. Наблюдается близкая к линейной зависимость роста давления и твердости почвы, которые резко увеличиваются в нижней зоне кромки лезвия из-за трения о почвенную подошву [7]. Полевые испытания показали, что на среднесуглинистых почвах твердостью 2,8-3,4 МПа с увеличением толщины нижней кромки в точке *b* с 2 до 8 мм тяговое сопротивление плуга возрастало на 7-12%. Отметим, что с учетом наклона леме-

тически мало зависела от толщины кромки лезвия долота в точке *a* в пределах от 2 до 6 мм. Ее рост составил 1,0-1,6%. Вылет долота по отношению к лезвию остова *h* имел постоянную величину и составлял 40 мм по высоте от нижней точки лезвия долота *b* до лезвия остова (рис. 1). Величина h_1 – разность между глубиной в верхней точке лезвия долота *a* и нижней *b* – изменялась от 10 до 30 мм.

Ширина лезвия долота не изменялась и составляла 60 мм.

На производимых в настоящее время плужных лемехах с накладным долотом различие между глубиной установки крайних точек лезвия долота колеблется от 10 до 40 мм. Оно обусловлено в основном почвенно-климатическими зонами, где эксплуатируется почвообрабатывающая техника.

Многочисленными испытаниями установлено, что тяжелосуглинистые и супесчаные почвы пониженной влажности быстро – в течение 1-3 лет – образуют твердую (более 4 МПа) почвенную подошву [8, 9]. Поэтому каждые 2-3 года ее необходимо разрушать глубокорыхлителями или чизельными плугами. На таких почвах лучшие показатели имеют долота с большим перепадом по глубине между крайними точками лезвия. Происходит частичное разрушение нарастающей почвенной подошвы, и вспашку легче будет проводить в следующем году. При вспашке легких и средних почв перепад глубины между крайними точками лезвия долота предпочтительнее уменьшать для снижения тягового сопротивления лемеха.

Table		Таблица					
РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ ЛЕМЕХОВ С НАКЛАДНЫМИ ДОЛОТАМИ							
RESULTS OF FIELD TESTS OF PLOUGHSHARES WITH OVERLAID CHISELS							
Перепад по глубине между крайними точками лезвия долота, <i>h</i> , мм Difference of depth between extreme points of chisel edge, <i>h</i> , mm	Тяговое сопротивление плуга, кН Plowing resistance, kN		Средняя наработка на лемех до <i>h</i> = 0, га Ploughshare average lifelength until <i>h</i> = 0, ha		Нарработка до предельного состояния долота, га Average lifelength until chisel extreme limit state, ha		
	л.с.*	т.с.**	л.с.	т.с.	л.с.	т.с.	
1	2	3	4,0	5,0	6,0	7,0	
10	14,4	22,5	17,9	20,3	22,0	24,9	
15	14,8	23,0	21,6	24,6	29,7	32,5	
20	15,0	23,8	25,9	28,1	32,2	36,1	
25	15,7	24,5	27,1	32,6	33,5	38,7	
30	16,3	25,3	30,5	34,4	34,2	39,8	
*легкосуглинистые почвы/light loam							
**тяжелосуглинистые/heavy loam							

ха под углом ко дну борозды фактическая толщина составляла $h = h_0 \sin f$, где *f* – угол установки долота и лемеха в носовой части (угол резания); h_0 – перепад глубины в точках *a* и *b* в плоскости лемеха. При испытаниях устанавливали глубину обработки почвы 22 см.

Величина тягового сопротивления плуга прак-

В таблице представлены результаты измерения тягового сопротивления и наработок лемехов с накладным долотом, эксплуатировавшихся на двух типах почв: легкосуглинистых с участками супесей твердостью 2,5-2,7 МПа, и тяжелосуглинистых твердостью 2,8-4,1 МПа. Средняя глубина пахоты составляла 22 см.

Программа и методика испытаний в основном включали уже известные пункты [10, 11]. Отличительной особенностью лемешных долот стало различие перепада глубины h резания у крайних точек лезвия долота (рис. 3). Глубина зависела от углов между лезвием и гранями долота в точках a и b .



Рис. 3. Общий вид лемеха и фрагменты его остова с различными вариантами долот

Fig. 3. General view of ploughshare and fragments of its body with various options of chisels

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Испытания проходили в два этапа. Измерения тягового сопротивления плуга со всеми вариантами долот сначала проводили на легких почвах, твердостью 2,5-2,7 МПа, затем на тяжелых, твердостью 2,8-4,1 МПа.

Результаты полевых испытаний показали, что на легкосуглинистых почвах, содержащих частично супесчаные участки, минимальное тяговое сопротивление имели плуги, оснащенные лемехами с долотами, для которых характерны наименьшие перепады по глубине (в нашем случае 10-15 мм). Доказано, что с увеличением перепада до 30 мм тяговое сопротивление возросло в среднем на 5,5% (рис. 4). Причем его повышение происходило по зависимости, близкой к линейной, в диапазоне перепада глубины от 10 до 30 мм.

Наблюдения за работой опытных лемехов позволили также выявить, что отношение давления почвы между крайними точками лезвия долота значительно превышает отношение между тяговым сопротивлением плуга с лемехами, оснащенными различными вариантами долот (с перепадом по глубине крайних точек лезвия долот от 10 до 30 мм).

Такой вывод получен вследствие разницы в износе лезвия долота на его крайних точках, когда лезвие сравнивалось по линии в горизонтальной плоскости после прохождения 15-17 га в зависимости от его начального перепада (рис. 5).

На тяжелосуглинистых почвах твердостью

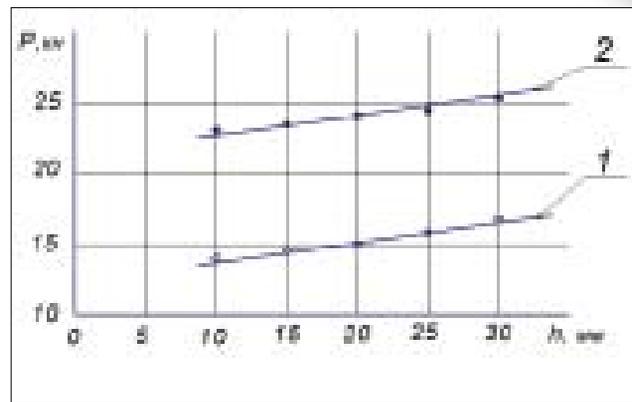


Рис. 4. Зависимость тягового сопротивления от перепада глубины между крайними точками лезвия долота:

1 – легкий суглинок; 2 – тяжелый суглинок

Fig. 4. Dependence of plowing resistance on difference of depth between extreme points of chisel edge:

1 – light loam; 2 – heavy loam

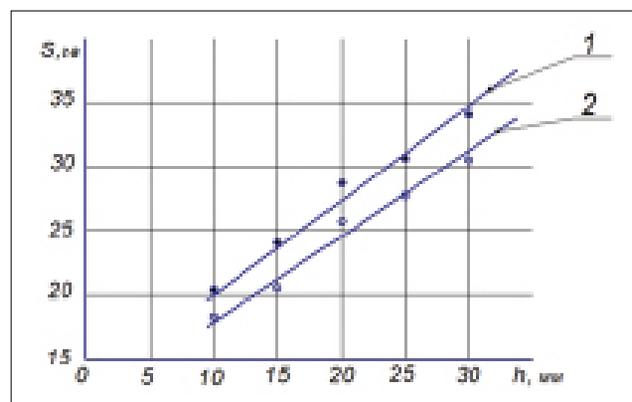


Рис. 5. Зависимость наработки от перепада глубины между крайними точками лезвия долота:

1 – легкий суглинок; 2 – тяжелый суглинок

Fig. 5. Dependence of lifelength on difference of depth between extreme points of chisel edge:

1 – light loam; 2 – heavy loam

3,5 МПа и более характер тягового сопротивления плуга в зависимости от перепада глубины между крайними точками лезвия долота мало изменился. Увеличились лишь значения тяговых сопротивлений, что неудивительно при сравнении твердости подобных типов почв (имеется в виду легких и тяжелых). Однако выравнивание крайних точек лезвия долота по линии в горизонтальной плоскости происходит несколько позже, приблизительно после 17-20 га наработки на лемех. Тяжелосуглинистые и глинистые почвы уступают более легким почвам (легкосуглинистым, супесчаным) по интенсивности изнашивания лезвий почворезущих деталей, так как в их механическом составе меньше твердых абразивных частиц [12]. Но это только один из аспектов. Второй заключается в характере разрушения пласта, например, при вспашке, где почвенные фрагменты, переходящие с лемеха на от-

вальную поверхность, как правило, имеют крупные размеры [13].

Это связано с большей длиной первичной трещины отрыва, образующейся на тяжелосуглинистых почвах. Средняя нагрузка на лезвие долота уменьшается из-за частичного его перемещения по ослабленному в зоне трещины слою почвы.

Данное положение не рассматривается для почв повышенной влажности, где отрыв нередко переходит в сливную стружку [14]. В таких случаях характер разрушения почвенного пласта существенно меняется [15, 16].

По результатам полевых испытаний, проведенных на легких и тяжелых почвах, можно рекомендовать для подобных почвенных условий в конструктивном плане накладные долота к лемехам для плугов общего назначения.

При этом угол между лезвием долота и стенкой борозды должен быть прямым, а перепад по глубине установки лезвия долота между крайними точками на линии, пересекающей лезвие и боковые грани долота, должен находиться в интервале 15-20 мм.

Выводы

1. Накладное долото плужного лемеха играет решающую роль в обеспечении его работоспособности и в выполнении агротехнических требований по глубине вспашки.

2. Долота лемехов предпочтительно изготавливать методом штамповки для небольших партий и вырубки из прокатной полосы – для массового производства.

3. Оптимальное расположение лезвия долота достигается его установкой под углом, близким к 90° относительно стенки борозды.

4. Увеличение толщины нижней кромки лезвия долота способствует росту тягового сопротивления плуга.

5. На легких почвах износ нижней кромки лезвия долота превышает износ верхней кромки в 3,0-3,2 раза до выравнивания обеих кромок в горизонтальной плоскости; на тяжелых – это отношение составляет 2,4-2,8 раза.

6. Оптимальный перепад по глубине между верхней и нижней кромкой на новых долотах составил 15-20 мм для почвенных условий, в которых проводили полевые испытания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Лискин И.В., Миронов Д.А., Сидоров С.А. Равновесие плуга в продольно-вертикальной плоскости // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2014. №6. С. 41-46.
- Лобачевский Я.П., Лискин И.В., Сидоров С.А., Миронов Д.А., Курбанов Р.К. Разработка и технология изготовления почвообрабатывающих рабочих органов // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2016. №4. С. 3-8.
- Лискин И.В., Миронов Д.А., Миронова А.В., Курбанов Р.К. Новый лемех с накладным долотом // *Сельский механизатор*. 2016. №2. С. 6-7.
- Бернштейн Д.Б., Лискин И.В. Лемехи плугов. Анализ конструкций, условий изнашивания и применяемых материалов // *Тракторы и сельхозмашины*. 1992. №4. С. 35-38.
- Миронов Д.А. Анализ конструктивных параметров лемехов плугов для почвообработки // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2013. №4. С. 48.
- Лискин И.В., Миронов Д.А. Влияние почвенных условий на износ рабочих органов // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2013. №5. С. 29-31.
- Жук А.Ф. Влияние почвенного нароста на работу клина // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2013. №3. С. 24-29.
- Лобачевский Я.П., Старовойтов С.И., Чемисов Н.Н. Энергетическая и технологическая оценка почвообрабатывающего рабочего органа // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2015. №5. С. 10-13.
- Лобачевский Я.П., Старовойтов С.И. Горизонтальная составляющая тягового сопротивления плужного корпуса // *Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства*: Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции. М.: ВИМ, 2015. С. 189-194.
- Лискин И.В., Миронов Д.А., Сидоров С.А., Терновский А.А., Верещага И.Н. Об особенностях работы и изнашивания плужных лемехов с накладным долотом // *Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства*: Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции. М.: ВИМ, 2015. С. 80-85.
- Лискин И.В., Миронов Д.А., Сидоров С.А., Поткин С.Н., Еремин П.А. Обоснование и разработка нового плужного лемеха конструкции ВИМ // *Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий*: Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции. М.: ВИМ, 2014. С. 101-104.
- Жалнин Э.В. Земледельческая механика в начале ХХI века // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2009. №6. С. 43-47.
- Izmailov A.Yu., Liskin I.V., Lobachevsky Ya.P., Sidorov S.A., Khoroshenkov V.K., Mironova A.V., Luzhnova E.S.



Simulation of soil-cutting blade wear in an artificial abrasive environment based on the similarity theory. *Russian Agricultural Sciences*. 2017. V. 43; 1: 71-74.

14. Синекоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. М.: Машиностроение, 1977. 328 с.

15. Mehari Z., Randy L., Ernest W., Thomas R. Effect of Soil Moisture, Soil Density, and Cone Penetrometer Material on Finite Element Prediction of Soil Hardpan Depth

// Written for presentation at the 2005 ASAE Annual international Meeting Sponsored by ASAE Tampa Convention Center Tampa, Florida. 2005: 1012-1024.

16. Hettiaratchi D.R.P. The Soil Contract Zones of Concave Agricultural Discs: Part 2. Calculation Procedures // Department of Agricultural and Environmental science, The University of Newcastle upon Tyne, Newcastle upon Tyne, NE1 ZRU, UK. 1997: 811-814.

REFERENCES

1. Liskin I.V., Mironov D.A., Sidorov S.A. Plow balance in the longitudinally vertical plane. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2014; 6: 41-46. (In Russian)

2. Lobachevskiy Ya.P., Liskin I.V., Sidorov S.A., Mironov D.A., Kurbanov R.K. Working out and production technique of soil cultivating working tools. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2016; 4: 3-8. (In Russian)

3. Liskin I.V., Mironov D.A., Mironova A.V., Kurbanov R.K. New ploughshare with the overlaid chisel. *Sel'skiy mekhanizator*. 2016; 2: 6-7. (In Russian)

4. Bernshteyn D.B., Liskin I.V. Ploughshares. Analysis of designs, conditions of wear and applied materials. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 1992; 4: 35-38. (In Russian)

5. Mironov D.A. Analysis of design factors of plow ploughshares for a soil cultivating. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2013; 4: 48. (In Russian)

6. Liskin I. V., Mironov D. A. Influence of soil conditions on wear of working tools. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2013; 5: 29-31. (In Russian)

7. Zhuk A.F. Influence of soil build-up on wedge work. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2013; 3: 24-29. (In Russian)

8. Lobachevskiy Ya.P., Starovoytov S.I., Chemisov N.N. Power and technological evaluation of soil cultivating working tool. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2015; 5: 10-13. (In Russian)

9. Lobachevskiy Ya.P., Starovoytov S.I. Horizontal component of traction resistance of plow base. *Intellektual'nye mashinnye tekhnologii i tekhnika dlya realizatsii Gosudarstvennoy programmy razvitiya sel'skogo khozyaystva: Sbornik nauchnykh dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*. Moscow: VIM, 2015: 189-194. (In Russian)

10. Liskin I.V., Mironov D.A., Sidorov S.A., Ternovskiy A.A., Vereshchaga I.N. Ob osobennostyakh raboty i iz-nashivaniya pluzhnykh lemekhov s nakladnym dolotom [About features

of work and wear of plow ploughshares with bolt-on tine]. *Intellektual'nye mashiny tekhnologii i tekhnika dlya realizatsii gosudarstvennoy programmy razvitiya sel'skogo khozyaystva: Sb. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Vol.1*. Moscow: VIM, 2015: 80-85. (In Russian)

11. Liskin I.V., Mironov D.A., Sidorov S.A., Potkin S.N., Eremin P.A. Ustification and working out of new plow ploughshare of VIM design. *Innovatsionnoe razvitie APK Rossii na baze intellektual'nykh mashinnykh tekhnologiy: Sbornik nauchnykh dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*. Moscow: VIM, 2014: 101-104. (In Russian)

12. Zhalnin E.V. Agricultural mechanics at the beginning of the XXI century. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2009; 6: 43-47. (In Russian)

13. Izmailov A.Yu., Liskin I.V., Lobachevskiy Ya.P., Sidorov S.A., Khoroshenkov V.K., Mironova A.V., Luzhnova E.S. Simulation of soil-cutting blade wear in an artificial abrasive environment based on the similarity theory. *Russian Agricultural Sciences*. 2017. V. 43. 1: 71-74. (In Russian)

14. Sinekov G.N., Panov I.M. Teoriya i raschet pochvoobrabatyvayushchikh mashin [Theory and design of soil-cultivating machines]. Moscow: Mashinostroenie, 1977: 328. (In Russian)

15. Mehari Z., Randy L., Ernest W., Thomas R. Effect of Soil Moisture, Soil Density, and Cone Penetrometer Material on Finite Element Prediction of Soil Hardpan Depth // Written for presentation at the 2005 ASAE Annual international Meeting Sponsored by ASAE Tampa Convention Center Tampa, Florida. 2005: 1012-1024. (In English)

16. Hettiaratchi D.R.P. The Soil Contract Zones of Concave Agricultural Discs: Part 2. Calculation Procedures // Department of Agricultural and Environmental science, The University of Newcastle upon Tyne, Newcastle upon Tyne, NE1 ZRU, UK. 1997: 811-814. (In English)

Критерии авторства. Все авторы несут ответственность за представленные в статье сведения и плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution. The authors are responsible for information and plagiarism avoiding.

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



ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УБОРКИ И СРЕДСТВА ОЧИСТКИ СЕМЯН ЛЮЦЕРНЫ

Ли А.,
канд. техн. наук

Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, ул. Кары Ниязова, 39, г. Ташкент, 100000, Республика Узбекистан, e-mail: as_lee@mail.ru

Для выработки технологических основ уборки и средств очистки семян люцерны необходимо взять за основу агротехнические требования, предъявляемые к семенникам в период их уборки, обработки (вытирания) и очистки (сортирования). Уборка семенников люцерны должна проходить в период их восковой спелости. При созревании 70-80 процентов семян в бобах и влажности 60-65 процентов семенники скашивают в валки и сушат ворох до влажности 14-15 процентов. Влажность бобов люцерны при обработке (вытирании) не должна превышать 14 процентов. Установили, что для уборки семенников люцерны наиболее перспективной и эффективной является технология со стационарной обработкой урожая (вороха), обеспечивающая минимальные потери семян. Предложили модернизированную технологию очистки семян, включающую применение молотилки-веялки МВ-2,5А, модернизированной клеверотерки К-0,5М и диэлектрического семяочистительного устройства. Отметим, что семенная биомасса после обработки на МВ-2,5А состоит из следующих компонентов: семян – 35-44 процента, органических включений (листьев, стеблей, семян посторонних культур) – 49-67 процентов, минеральных включений (пыли, глины, мелких камней) – 1-2 процента. Определили, что модернизированная клеверотерка К-0,5М при работе обеспечивает: полноту вытирания – 98,5 процента; чистоту семян – 85,7 процента; повреждение семян – 1,8 процента; потери семян – 1,4 процента; производительность по вороху – 0,5-0,6 т/ч и сокращение потерь в 2-2,5 раза. Отметим, что диэлектрическая установка показала принципиальную возможность очистки семян люцерны от карантинных включений трибоэлектрическим методом. При этом эффективность очистки семян для первой фракции составила 53,1 процента, для второй – 38,5 процента и для третьей – 11,9 процента. Выявили, что себестоимость очистки семян люцерны при применении модернизированной технологии снижается в 1,5 раза.

Ключевые слова: люцерна, уборка семенников, обработка семян, себестоимость.

■ **Для цитирования:** Ли А. Технологические процессы уборки и технические средства очистки семян люцерны // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2017. №6. С. 28-35.

TECHNOLOGICAL BASES OF HARVESTING AND EQUIPMENT FOR LUCERNE SEEDS CLEANINGS

Lee A.,
Ph. D. (Eng.)

Tashkent institute for irrigation and agricultural mechanisation engineers, 100000, Tashkent, Kari Niyaziy St., 39, 100000, Republic Uzbekistan, e-mail: as_lee@mail.ru

For development of technological bases of harvesting and equipment of cleaning of lucerne seeds it is necessary to take as a basis the agrotechnical requirements imposed to seeds during their harvesting, processing (rub threshing) and cleaning (sorting). lucerne seeds harvesting has to take place in the period of their wax ripeness. When maturing 70-80 percent of seeds in beans and seeds humidity of 60-65 percent plants are mowed in windrows and dried till humidity of 14-15 percent. The humidity of beans when processing (rub threshing) should not exceed 14 percent. The technology with stationary processing of a harvest (heap) providing the minimum losses of seeds is effective and most perspective. The authors offered the modernized technology of seeds cleaning with use the MB-2.5A thresher winnower, the modernized clover huller K-0.5M and the dielectric seed cleaning device. Seeds heap after processing by MB-2.5A consists of the following components: seeds – 35-44 percent, organic inclusions (leaves, stalks, seeds of foreign cultures) – 49-67 percent, mineral inclusions (dust, clay, small stones) – 1-2 percent. The modernized clover huller K-0.5M provides: completeness of rub threshing – 98.5 percent; purity of seeds – 85.7 percent; damage of seeds – 1.8 percent; losses of seeds – 1.4 percent; heap productivity – 0.5-0.6 t/h and losses reduction by 2-2.5 times. Dielectric apparatus separates lucerne seeds from quarantine

inclusions with a triboelectric method. The efficiency of seeds cleaning for the first fraction was 53.1 percent, for the second one – 38.5 percent and for the third one – 11.9 percent. The cost of lucerne seeds cleaning decreases by 1.5 times due to the modernized technology.

Keywords: Lucerne; Lucerne seeds; Seeds processing; Prime cost.

For citation: LeeA. Technological bases of harvesting and equipment for lucerne seeds cleanings // *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2017; 6: 28-35. DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-6-28-35. (In Russian)

Говоря о состоянии производства семян люцерны в Узбекистане, следует отметить, что в связи с решением проблемы зерновой независимости доля площадей под люцерной резко сократилась. По данным Министерства сельского и водного хозяйства Республики Узбекистан, общая площадь под люцерниками за последние 5 лет (2011-2015 гг.) варьирует в пределах 90 тыс. га, и динамика незначительного уменьшения площадей сохраняется (рис. 1) [1].

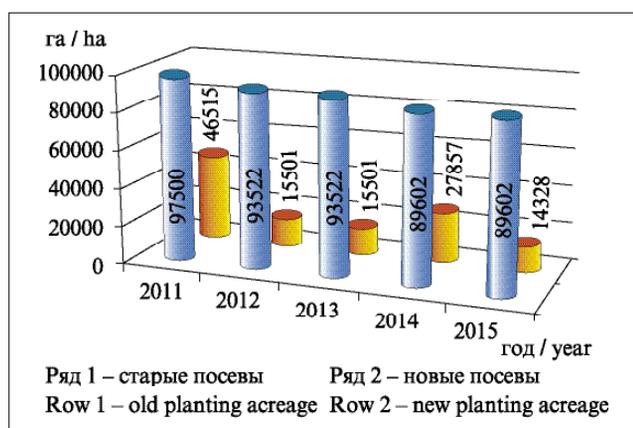


Рис. 1. Диаграмма посевной площади люцерны в Республике Узбекистан

Fig. 1. lucerne planting acreage in the Republic Uzbekistan

Для поддержания этих площадей под люцерники даже из расчета 5-летнего травостоя ежегодно требуется около 270 т семян.

Наиболее трудоемкой в производстве семян люцерны представляется их уборка. Это обусловлено многими факторами, такими как неодновременное созревание семенников, их высокая влажность, малые размеры семян и т.д. Эти обстоятельства приводят к большим безвозвратным потерям семян и требуют разработки научно обоснованной технологии уборки с применением современных средств механизации, учитывая при этом технологию возделывания и биологические особенности растения.

Цель исследования – модернизация технологических процессов уборки и технических средств для обработки (вытирания) и очистки (сортирования) семян с обоснованием технологических схем, параметров и режимов их работы.

Материалы и методы. Экспериментальные исследования проводили на полях фермерских хо-

зяйств и в лабораторных условиях на основе известных стандартных и разработанных методик, а результаты обрабатывали методами математической статистики.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Научно-исследовательские работы, проведенные в Узбекском научно-исследовательском институте механизации и электрификации (УзМЭИ) в 2003-2011 гг., позволили установить, что для уборки семенников люцерны наиболее перспективной и эффективной является технология со стационарной обработкой урожая (вороха), обеспечивающая минимальные потери семян. При этом стационарная обработка урожая может осуществляться в двух вариантах: с сушкой биомассы на поле и на току (рис. 2) [2].

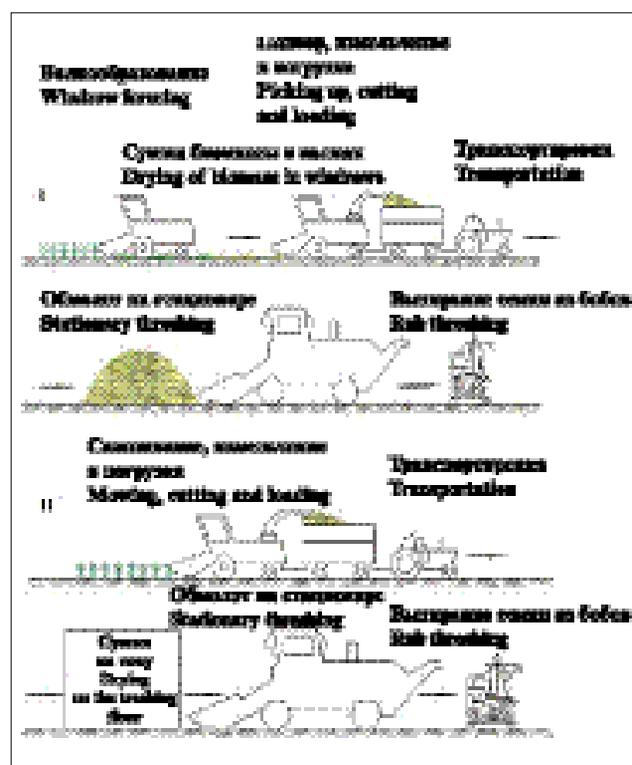


Рис. 2. Технологическая схема уборки:

I – сушка биомассы на поле; II – сушка биомассы на току

Fig. 2. Harvesting flow-sheet:

I – with drying; II – on the threshing floor

Подобранный комплекс машин и предварительные расчеты прямых эксплуатационных затрат показали, что стационарная обработка урожая позволяет снизить затраты по сравнению с общепри-

нятыми технологиями в 1,3-1,6 раза, а экономически более целесообразной по потерям и прямым затратам представляется технология уборки семенников с сушкой биомассы на току.

В процессе возделывания люцерны на семена самым трудоемким процессом оказалась ее уборка, которая обусловлена физико-механическими и агробиологическими свойствами как самого растения, так и его семян.

Данная технология уборки подходит для использования в фермерских хозяйствах, позволяет значительно сократить уборочный комплекс машин и снизить безвозвратные потери семян [3].

После обмолота биомассы семян люцерны на МВ-2,5А в полученном ворохе только 30% семян представлены в чистом виде, а остальные 70% семян остаются в бобах.

Семенной ворох в виде компонентов содержит: свободные семена, органические и минеральные включения, невымолоченные бобы с семенами, а также семена и стебли сорных и культурных трав. Соотношение масс органических и минеральных включений к массе семян в ворохе изменяется от 1:4 до 1:10 [4].

При испытании первой технологии уборки общие безвозвратные потери семенного материала составили 18,84%, в том числе потери при скашивании и укладке валков – 6,03%, потери при подборе валков, измельчении и погрузке – 7,8% и потери при обмолоте на току – 3,21%.

При испытании второй технологии уборки общие потери семян составили 8,88%, в том числе потери при скашивании, измельчении и погрузке – 3,87% и потери при обмолоте – 5,01% (рис. 3).

Разница в потерях составила 9,96% в пользу второй технологии уборки.

В настоящее время наиболее рациональной признана технология очистки семян люцерны, которая предусматривает применение молотилки МВ-2,5А, терочной машины К-0,5М и электрического семяочистительного устройства.

Физико-механические свойства вороха семян люцерны относятся к категории основных данных при исследовании технологического процесса вытирания бобов и дозирования для очистки семян люцерны. При этом морфологический состав, взаимные соотношения размеров компонентов вороха, коэффициент трения и плотность считаются важными показателями в теоретических исследованиях работы машин (табл. 1) [5]. Рассматриваем среднеарифметическое m_{cp} ; и среднеквадратическое $\pm\sigma$ значения; коэффициент вариации v и ошибку опыта p .

Размеры семян люцерны сортов Ташкент-1 и Кашгарская отличаются друг от друга, а масса семян изменяется в широких пределах (табл. 2). Коэффициенты трения семян люцерны сортов Таш-

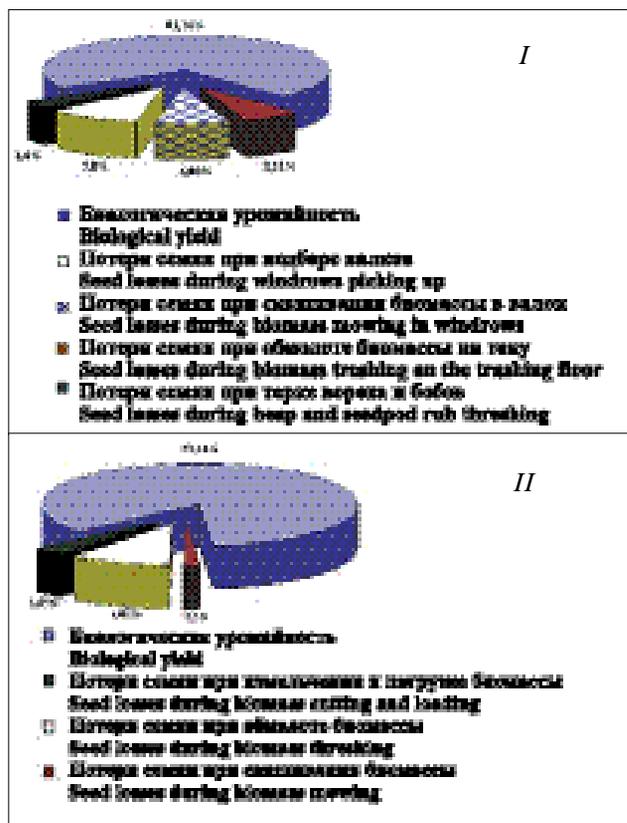


Рис. 3. Качественные показатели машин: I – сушка биомассы на поле; II – сушка биомассы на току
Fig. 3. Quality indicators of machines: I – biomass drying in the field; II – biomass drying on the trashing floor

Table 1		Таблица 1			
МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ СЕМЕННОГО ВОРОХА ЛЮЦЕРНЫ ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ НА КЛЕВЕРОТЕРКЕ					
MORPHOLOGICAL STRUCTURE OF LUCERNE SEED HEAP AFTER PROCESSINGS BY A CLOVER HULLER					
Морфологический состав Morphological structure	Статистические показатели Statistical values				
	m_{cp}	$\pm\sigma$	$v, \%$	$p, \%$	
Полноценные семена Full seeds	55,40	2,71	0,98	0,98	
Неполноценные и поврежденные семена Defective and damage seeds	25,46	3,11	2,44	1,39	
Органические примеси Organic inclusions	18,82	2,60	2,76	1,16	
Семена повилики Cuscuta L. seeds	0,32	0,18	11,80	3,7	

кент-1 и Кашгарская хоть незначительно, но отличаются от повилики, коэффициенты трения на поверхности деревянной доски составляют, соответственно, 0,50, 0,46 и 0,43, а на поверхности Гетинакс – 0,41; 0,38 и 0,39.

Плотность вороха семенной массы Ташкент-1

Table 2		Таблица 2			
ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕМЯН ЛЮЦЕРНЫ И ПОВИЛИКИ LUCERNE (MEDICAGO) CULTIVARS AND CUSCUTA L. SEEDS CHARACTERISTICS					
Наименование Designation	Показатели Indicators	Статистические показатели Statistical values			
		m_{cp}	$\pm\sigma$	$v, \%$	$p, \%$
Семена люцерны / Lucerne seeds					
Ташкент-1 Tashkent-1	масса 1000 шт. семян, г 1000 seeds weight, g	1,98	0,08	4,23	1,89
	длина, мм length, mm	2,35	0,10	4,37	0,98
	ширина, мм width, mm	1,40	0,06	4,58	1,02
	толщина, мм thickness, mm	0,91	0,07	3,97	1,78
Кашгарская Kashgarskaya	масса 1000 шт. семян, г 1000 seeds weight, g	2,24	0,05	2,45	1,09
	длина, мм length, mm	2,42	0,06	2,32	0,52
	ширина, мм width, mm	1,47	0,06	4,35	0,97
	толщина, мм thickness, mm	1,01	0,04	3,90	0,87
Бобы Pods	длина, мм length, mm	5,08	1,224	24,14	0,76
	ширина, мм width, mm	4,90	0,973	19,85	0,63
	толщина, мм thickness, mm	3,23	0,729	22,55	0,71
Карантинные семена / Quarantine seeds					
Повилика Cuscuta L.	масса 1000 шт. семян, г 1000 seeds weight, g	0,53	0,02	4,72	2,11
	диаметр, мм diameter, mm	1,04	0,04	3,81	0,85
	толщина, мм thickness, mm	0,40	0,04	4,01	2,01

равна 575 кг/м^3 , Кашгарская – 625 кг/м^3 , а соответственно плотность семян люцерны Ташкент-1 – 785 кг/м^3 , и Донник белый – 840 кг/м^3 . Исследования твердости семян показывают, что при средней силе сжатия $23,7 \text{ Н}$ семена трескаются, а при силе сжатия $5,94 \text{ Н}$ происходит разрушение бобов.

Динамика влагоотдачи биомассы семенников люцерны, то есть хронология суточных замеров, представлена в виде графиков, показывающих изменения влажности, температуры и высоты слоя биомассы [5].

Подробный анализ графика изменения влажности биомассы позволяет сделать следующие выводы (рис. 4).

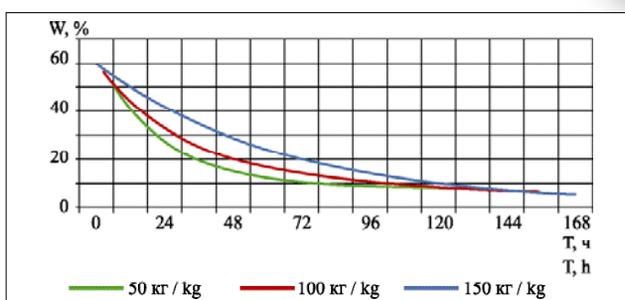


Рис. 4. Влажность биомассы в период сушки
Fig. 4. Biomass humidity during drying

Во всех случаях наиболее интенсивная влагоотдача наблюдается в начале сушки. Семенная биомасса достигает воздушно-сухого состояния: на 2-й день сушки (50 кг); в начале 3-го дня сушки (100 кг); в конце 4-го дня сушки (150 кг). Температура массы образцов при достижении воздушно-сухого состояния находится на уровне температуры окружающего воздуха (рис. 5).

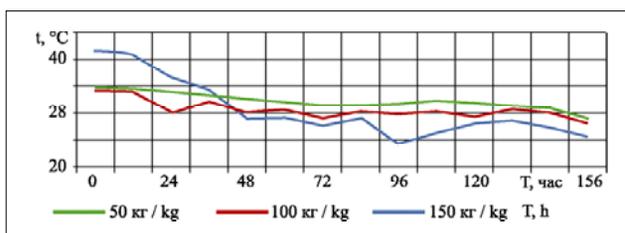


Рис. 5. Температура слоя биомассы в период сушки
Fig. 5. Biomass layer temperature during drying

Наилучшие показатели по динамике состояния семенной массы получены в варианте сушки биомассы в количестве 50 кг. Однако не следует отбрасывать и другие варианты (100 и 150 кг), которые по срокам сушки незначительно уступают первому.

Начальная толщина семенной люцерны в среднем составляет: $19,7 \text{ см}$ (50 кг); $30,5 \text{ см}$ (100 кг); $42,3 \text{ см}$ (150 кг). По мере высыхания семенная масса впускается, и высота слоя возрастает до $28,2-77,4 \text{ см}$ в зависимости от исходной биомассы (рис. 6).

В производстве семян люцерны наиболее сложным и трудоемким является процесс вытирания се-

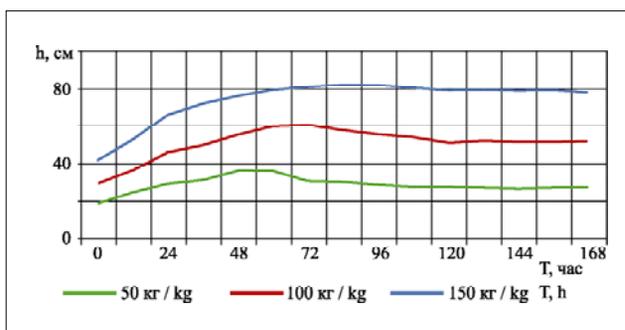


Рис. 6. Высота слоя биомассы в период сушки
Fig. 6. Biomass layer height during drying

мян из бобов, так как в составе полученного при обмолоте вороха свободные семена составляют не более 30%. Остальные же семена остаются в бобах и выделяются только при перетирании в терочных машинах. Наиболее трудно отделяются семена карантинных сорняков повилки (*Cuscuta*).

При этом обмолот вороха обычно осуществляется зерноуборочными комбайнами или молотилкой-веялкой МВ-2,5А, что связано с большими издержками и потерями семян (свыше 10-15%). Далее производят первичную очистку семян с применением сложных семяочистительных машин ОВС-28, принцип действия которых основан на разности физико-механических свойств семян люцерны и сорняков. После этой операции выход очищенных семян люцерны составляет примерно 80% [6].

Окончательная очистка осуществляется на электромагнитной семяочистительной машине ЭМС-1, работа которой основана на возможности семян сорных растений обволакиваться специальным дорогостоящим угольно-металлическим порошком, изготавливаемым химической промышленностью.

Следует отметить, что все семяочистительные машины являются стационарными, металлоемкими и энергоемкими, к тому же при их использовании возникают и экологические проблемы.

В системе работ по послеуборочной обработке семенников люцерны одной из основных и трудных операций остается вытирание семян из бобов. От качества проведения этой операции во многом зависит эффективная работа семяочистительных машин.

Традиционная технология очистки семян люцерны использует известные принципы сепарирования: по поперечным размерам семян (толщине и ширине) – решетками, по длине – триерами, по скорости витания – воздушным потоком. В процессе очистки весь семенной материал последовательно пропускают через систему рабочих органов, на каждом из которых выделяются характерные для него примеси.

Для создания универсальной машины с этими рабочими органами, как например *Petkus-Gigant*, необходимо их скомпоновать, что увеличивает удельную материалоемкость машины, требует дополнительных рабочих органов для настройки и приводит к ее удорожанию.

Наиболее перспективна очистка семян люцерны по комплексу физических свойств. Этот способ позволяет выделить большинство примесей вороха одним рабочим органом. Такого способа очистки можно добиться, пропуская семенной материал через систему установленных друг под другом штампованных однородных решет.

Технологический процесс работы каскада решет осуществляется следующим образом. Разные

по крупности частицы просеиваются с различной интенсивностью, поэтому на каждом решетке каскада одни частицы смещаются относительно других. Интенсивность просеивания мелких частиц выше, чем крупных, в результате мелкие частицы просеиваются в начале нижнего решета, более крупные остаются на срединных его участках, а крупные и длинные – на конечных участках решета. Исследования работы каскада решет свидетельствуют о возможности выделить из семенного вороха 85-90% основных семян базовой кондиции.

Основной недостаток каскада решет – возможность забиваемости отверстий семенным материалом. Для устранения этого недостатка необходима механическая очистка отверстий решет. Известно несколько видов механизмов очистителей решет: щетки с кривошипно-шатунным механизмом привода, подбивальщики, ударники и шарики.

Применение щеток затруднено малым расстоянием между плоскостями решет, кроме того, щетки во время работы могут воздействовать на семенной слой нижнего решета, перемешивая его и, тем самым, снижая эффективность процесса разделения частиц. Очистители решет ударного действия пне пригодны из-за сотрясения решета при ударе, что изменяет интенсивность просеивания частиц.

Следовательно, целесообразно создать очистительное устройство новой конструкции. Оно должно соответствовать ряду условий.

При качественной очистке решет каскадного сепаратора будет обеспечена его эффективная работа.

В комплексе машин для заготовки семян люцерны терочно-очистительные машины занимают свое место, например клеверотерка К-0,5А. Она обеспечивает наиболее полное перетирание бобов (рис. 7). Малые габаритные размеры, высокая производительность и надежность при эксплуатации, а также мобильность этой машины позволяют эффективно использовать ее как в больших, так и малых фермерских хозяйствах.

Технологический процесс работы модернизированной

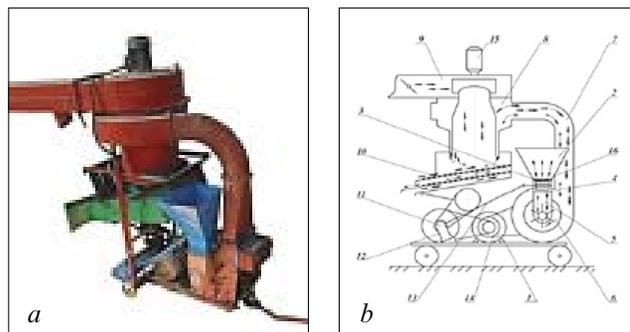


Рис. 7. Модернизированная терочная машина К-0,5М:

а – общий вид; б – технологическая схема

Fig. 7. Modernized rubbing machine K-0.5M:

а – general view; б – flow-sheet

ванной «К-0,5А» протекает следующим образом (рис. 7): семенной ворох, загруженный в бункер 2, просеиваясь в сите 17, через выпускное окно 4 передается в загрузочную горловину 5 терки активным дозирующим приспособлением 3, представленное вращающимся барабаном с лопастями. Далее поток воздушной струи, создаваемый крыльчатками и лопастями терочного барабана при вращении 2040 мин^{-1} , всасывает ворох в терочный аппарат 6, представленный терочным барабаном и неподвижно установленными бичами. В технологическом зазоре между активной поверхностью бичей и рабочей поверхностью барабана происходит перегибание бобов и выделение из них свободных семян [7-9].

Выделенные семена и остатки бобов под действием гравитационных и центробежных сил, перемещаются из терочной камеры по отводящему трубопроводу 7 в очистительную камеру 8. Там происходит частичное расслоение семенной примеси, то есть частицы, имеющие большую массу (семена и крупные примеси), движутся вдоль стенки, а легкие – ближе к центру камеры. Под воздействием воздушного потока всасывающего вентилятора 15 легкие примеси меняют траекторию движения и вместе с воздушным потоком, направленным вверх по трубе отходов 9, выводятся за пределы терочной машины. Семена и тяжелые примеси, преодолевая сопротивление воздуха, опускаются вниз и попадают в дополнительное очищающее приспособление 10, где семена очищаются от крупных примесей.

Для обеспечения высокого качества чистоты семян необходима равномерная подача семенного материала в сепаратор и терочный аппарат, для чего и было создано дозирующее устройство 3. Из вала привода сепаратора 11 через редуктор 12, уменьшая число вращений под прямым углом, привод карданной передачи передается на вал дозирующего приспособления 3. Во время работы необходимо своевременно очищать поверхность сит, особенно верхней. Обычно в машине с двумя ситами через верхнее сито проходят все семена основной культуры, а крупные примеси остаются и удаляются с него. На нижнем сите основные семена накапливаются и отводятся в специальный накопитель.

Модернизированная клеверотерка К-0,5М при работе обеспечивает: полноту вытирания – 98,5%; чистоту семян – 85,7%; повреждение семян – 1,8%; потери семян – 1,4%; производительность по вороху – 0,5-0,6 т/ч и сокращение потерь в 2-2,5 раза.

Исследования, проведенные ранее, свидетельствуют, что известные в настоящее время традиционные технологии очистки семян люцерны эффективны при использовании в крупных специализированных семеноводческих хозяйствах. В неболь-

ших фермерских и дехканских хозяйствах их применение становится нерентабельным ввиду малых объемов обрабатываемого материала и высокой стоимости семяочистительных машин или линии, что обуславливает большие технические и материальные затраты.

Существующая технология очистки семян предусматривает применение комплекта машин, в который входят: молотилка-веялка МВ-2,5А, очиститель вороха семян ОВС-28, клеверотерка К-0,5А, очиститель *Peikus-Selektra*, триер БТ-20, пневмосортировальный стол ПСС-2,5 и электромагнитный очиститель ЭМС-1А. Этот семяочистительный комплекс обладает рядом существенных недостатков, затрудняющих его применение. К ним относятся: большие металлоемкость и энергоемкость, значительная стоимость, большие затраты ручного труда, отсутствие производства машин в республике и недостаточная экологическая чистота [10].

Предлагаемая технология очистки семян люцерны позволяет значительно сократить номенклатуру применяемых семяочистительных машин при сохранении качества очистки. Она предусматривает применение молотилки-веялки МВ-2,5А, модернизированной клеверотерки К-0,5М и диэлектрического семяочистительного устройства.

Расчеты показывают, что себестоимость очистки семян люцерны и материальные затраты снижаются в 1,5 раза и более.

Анализ технологического процесса работы существующих семяочистительных машин и механизмов, а также способов очистки семян сельскохозяйственных культур показал, что наиболее простым и эффективным будет способ очистки семян в электрическом поле.

В настоящее время апробирован новый вариант диэлектрического устройства (рис. 8а) [11].

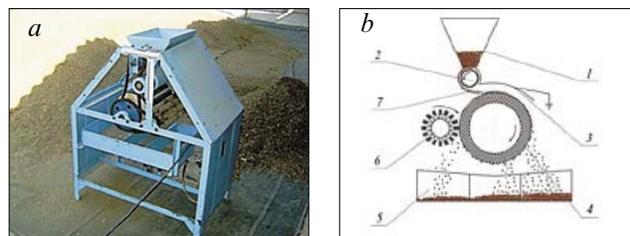


Рис. 8. Предлагаемый вариант диэлектрического устройства:

а – общий вид; б – технологическая схема

Fig. 8. Offered version of the dielectric apparatus:

а – general view; б – flow-sheet

Технологический процесс сортирования осуществляется следующим образом (рис. 8б). Семена люцерны из загрузочного бункера 1 попадают на желобки дозирующего барабана и с помощью дозирующего барабана 3, кожуха 4 и скатной до-



ски 5, равномерным слоем доставляются на поверхность рабочего органа сортировочного устройства. Ограничитель 2, пропускающая и задерживающая семенную воронку, обеспечивает равномерность слоя. Семена люцерны, попадая на поверхность диэлектрического барабана, поляризуются и, вследствие возникающих электрических сил, притягиваются к нему. Далее, в зависимости от физико-механических свойств, отрываются от поверхности диэлектрического барабана при различных углах его поворота и попадают в соответствующие отсеки приемного бункера 6. Прилипшие к поверхности диэлектрического барабана некондиционные семена люцерны, органические примеси и семена сорных растений снимаются натирающей щеткой 7.

Выводы. Таким образом, разработанные технология уборки, очистки семян люцерны и комплекс машин для ее реализации могут быть эффективно

использованы в небольших фермерских хозяйствах.

Семенной ворох содержит следующие компоненты: семена и бобы – 35-44%, органические включения (листья, стебли, семена сорняков) – 49-67%, минеральные включения (пыль, глина, мелкие камни) – 1-2%. Данные компоненты осложняют очистку и сортирование семян.

Модернизированная клеверотерка К-0,5М при работе обеспечивает: полноту вытирания – 98,5%; чистоту семян – 85,7%; повреждение семян – 1,8%; потери семян – 1,4%; производительность по вороху – 0,5-0,6 т/ч и сокращение потерь в 2-2,5 раза.

Диэлектрическая установка показала принципиальную возможность очистки семян люцерны от карантинных включений трибоэлектрическим методом. При этом эффективность очистки семян для первой фракции составила 53,1%, для второй – 38,5% и для третьей – 11,9%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Йўлдошев Х.Й. Люцерна. Ташкент: Меҳнат. 1990. 224 с.
2. Махмудов Д. и др. Рекомендации по механизации уборки и очистки семенной люцерны в условиях Узбекской ССР. Ташкент. 1987. 18 с.
3. Зиятов З. и др. Опыт получения высоких урожаев семян люцерны. Ташкент. 1975. 24 с.
4. Ли А., Рузиев Ш. Выбор оптимального комплекса машин // *Ўзбекистон қишлоқ хўжалиги*. 2006. №1. 36 с.
5. Мўминов С.М. Беда уруғини ажратувчи қурилманнинг иш режими ва параметрларини асослаш: Дисс. ... техн. фан. номз. Янгийўл, 2005. 138 с.
6. Садилов А.Н. Изыскание и исследование рациональной технологии уборки семенников люцерны в условиях поливного земледелия: Дисс... канд. техн. наук. Ташкент, 1968. 160 с.
7. Алланиязов С.У. Обоснование параметров дозатора сортировочного устройства семян люцерны. Дисс... канд. техн. наук. Янгийўл, 2011. 125 с.
8. Михайловский А., Росабоев А., Муминов С. и др. Изготовление и внедрение машин для послеуборочной обработки вороха, сортировки и очистки семян люцерны // *Отчет УзМЭИ*. Гульбахор, 2010. 63 с.
9. Баиров М., Байметов Р., Хаджиев А. и др. Система машин и технологий для комплексной механизации сельскохозяйственного производства на 2001 ... 2010 гг. (Растениеводство). Ташкент, 2003. 164 с.
10. Маматов Т.Б. Обоснование технологии и параметров комплекса машин для заготовки семян люцерны в условиях поливного земледелия: Дисс ... канд. техн. наук. Янгийўл, 1993. 165 с.
11. Ли А. Технологические процессы уборки и технические средства очистки семян люцерны. Ташкент: Navroz, 2015. 162 с.

REFERENCES

1. Yuldoshev Kh.Y. Lyutserna [Lucerne]. Tashkent: Meunat. 1990: 224. (In Russian)
2. Makhmudov D., et al. Rekomendatsii po mekhanizatsii uborki i ochistki semennoy lyutserny v usloviyakh Uzbekskoy SSR [Recommendations about mechanization of harvesting and cleaning of lucerne seeds in the Uzbek SSR conditions]. Tashkent. 1987: 18. (In Russian)
3. Ziyatov Z., et al. Opyt polucheniya vysokikh urozhayev semyan lyutserny [Experience in obtaining high yields of lucerne seeds]. Tashkent, 1975: 24. (In Russian)
4. Li A., Ruziev Sh. Selection of optimal complex of machines. *Ўзбекистон қишлоқ хўжалиги*. 2006; 11: 36. (In Russian)
5. Muminov S.M. Beda urufini azhratuvchi qurilmaning ish rezhimi va parametrlarini asoslash [Justification of operating regimes and parameters of seed separator]: Diss. ... tekhn. fan. nomz. Yangiyul, 2005: 138. (In Uzbek)
6. Sadirov A.N. Izyskanie i issledovanie ratsional'noy tekhnologii uborki semennikov lyutserny v usloviyakh polivnogo zemledeliya [Research and investigation of rational technology for lucerne seeds harvesting in conditions of irrigated agriculture]: Diss... kand. tekhn. nauk. Tashkent, 1968: 160. (In Russian)
7. Allaniyazov S.U. Obosnovanie parametrov dozatora sortirovochnogo ustroystva semyan lyutserny [Justification of doser parameters for lucerne seeds separator]. Diss... kand.



tekhn. nauk. Yangiyul, 2011: 125. (In Russian)

8. Mikhaylovskiy A., Rosaboev A., Muminov S., et al. Production and introduction of machines for post-harvest processing of heaps, sorting and cleaning of lucerne seeds. *Otchet UzMEI. Gul'bakhor*, 2010: 63. (In Russian)

9. Bairov M., Baymetov R., Khadzhiev A., et al. Sistema mashin i tekhnologiy dlya kompleksnoy mekhanizatsii sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva na 2001 ... 2010 gg. (Rasteniyevodstvo) [System of machinery and technologies for integrated mechanization of agricultural production for 2001 ... 2010. (Plant growing)]. Tashkent, 2003: 164. (In

Russian)

10. Mamatov T.B. Obosnovanie tekhnologii i parametrov kompleksa mashin dlya zagotovki semyan lyutserny v usloviyakh polivnogo zemledeliya [Substantiation of technology and parameters of machinery system for lucerne seeds harvesting in conditions of irrigated agriculture]: Diss ... kand. tekhn. nauk. Yangiyul', 1993: 165. (In Russian)

11. Li A. Tekhnologicheskie protsessy uborki i tekhnicheskie sredstva ochistki semyan lyutserny [Technological processes of harvesting and technical means for lucerne seeds cleaning]. Tashkent: Navroz, 2015: 162. (In Russian)

Критерии авторства. Автор несет ответственность за представленные в статье сведения и плагиат.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Contribution. The author is responsible for information and plagiarism avoiding.

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

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

объявляет набор

на бюджетные и платные места

высшее образование – программа подготовки научно-педагогических кадров

в аспирантуру

на 2017-2018 учебный год

Лицензия №2498 от 15.02.2016

Государственная аккредитация № 2475 от 19 января 2017года

По направлению подготовки 35.06.04

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

Профиль: Машины, агрегаты и процессы (по отраслям);

Профиль: Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве;

Профиль: Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве.

Профиль: Технологии и средства механизации сельского хозяйства.

высшее образование – программа **Магистратуры на платные места**

Лицензия №2498 от 15.02.2016

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



УДК 631.3

DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-6-36-40

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И ТОПЛИВНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ

Арженовский А.Г.,
канд. техн. наук

Азово-Черноморский инженерный институт – филиал Донского государственного аграрного университета, ул. Ленина, 21, г. Зерноград, Ростовская область, 347740, Российская Федерация, e-mail: argenowski@mail.ru

Одно из важнейших направлений повышения эффективности сельскохозяйственного производства – совершенствование методов и средств определения основных показателей машинно-тракторных агрегатов (МТА). Каждая из частей МТА (двигатель, трактор и сельскохозяйственная машина) обладает своими энергетическими характеристиками, сочетание которых и создает тот или иной режим его работы. Вопросы качественной эксплуатации МТА можно решить только при рассмотрении взаимодействия всех трех основных его частей. Поэтому для улучшения технико-экономических показателей МТА большое значение имеет разработка методов определения параметров агрегатов. Установление взаимосвязи между отдельными параметрами агрегата и определение их величины при помощи приборов позволяют решать практические вопросы, связанные с улучшением работы МТА: выбор наиболее производительных составов агрегатов и режимов их работы; техническое обоснование норм выработки и расхода ГСМ; обеспечение контроля за техническим состоянием двигателей, тракторов и сельскохозяйственных машин, правильностью их регулировок. Наибольший интерес представляют параметры, характеризующие динамические и экономические качества МТА: динамические качества двигателя и его топливная экономичность; динамические качества трактора и его топливная экономичность; тяговое сопротивление машин в агрегате. Представили оперативные методы определения энергетических и топливно-экономических показателей, основанные на анализе параметров переходных (динамических) режимов разгона элементов МТА при мгновенном увеличении подачи топлива. Установили, что методы позволяют получить регуляторную характеристику двигателя и тяговую характеристику трактора, а также определить тяговое сопротивление сельскохозяйственной машины в эксплуатационных условиях без применения дорогостоящего оборудования, существенных затрат средств и времени на подготовку и проведение измерений.

Ключевые слова: машинно-тракторный агрегат; регуляторная характеристика двигателя; тяговая характеристика трактора; тяговое сопротивление сельскохозяйственной машины.

■ **Для цитирования:** Арженовский А.Г. Методы определения энергетических и топливно-экономических показателей машинно-тракторных агрегатов // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2017. №6. С. 36-40.

METHODS OF DETERMINATION OF POWER AND FUEL-ECONOMIC RATES OF MACHINE AND TRACTOR UNITS

Arzhenovskiy A.G.,
Ph. D. (Eng.)

Azov-Black Sea State Engineering Institute, Don State Agrarian University, Lenin St., 21, Zernograd, Rostov Region, 347740, Russian Federation, e-mail: argenowski@mail.ru

One of the most important tendencies of increase in agricultural industry efficiency is improvement of methods and means for determination of the main parameters of the machine and tractor units (MTU). Every part of the MTU (an engine, a tractor and an agricultural machine) has its own power characteristics which combination makes one or the other mod of its operation. High-quality operation of MTU can be possible after study interaction of all these three main parts. So development of the methods of determination of the unit parameters makes a big difference for improvement of technical and economic parameters of the MTU. Determination of connection between the separate parameters of the unit and the value of them using devices make it possible to solve practical problems connected with improvement of



the MTU operation: selection of the more productive combination of the units and their working modes; determination of the technically reasonable production rate and consumption of the fuels and lubricants oils; control of the technical condition of the engines, tractors and agricultural machines, their correct adjustment. The parameters characterizing the dynamic and economic qualities of the MTU are most important: ability rating of the engine and its fuel efficiency; ability rating of the tractor and its fuel efficiency; tractive resistance of the machines in the unit. The operational methods of determination of the power and fuel-economic rates based on the analysis of the parameters of the transition (dynamic) modes of acceleration of the MTU at the instant increase of fuel supply are represented in the research. Due to these methods the acquisition of the regulatory characteristic of an engine, the tractive characteristic of a tractor and find the draft of the agricultural machine during operation are possible. In this case no need expensive equipment using, essential expenditure of finances and time for preparation and carrying out of measurement.

Keywords: Machine and tractor unit; Regulatory characteristic of an engine; Tractive characteristic of a tractor; Tractive resistance of an agricultural machine.

For citation: Arzhenovskiy A.G. Methods of determination of power and fuel-economic rates of machine and tractor units. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2017; 6: 36-40. DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-6-36-40. (In Russian)

Теории двигателя, трактора и сельскохозяйственных машин в значительной степени развиваются самостоятельно, и каждая из них рассматривает лишь некоторые вопросы теории агрегатов. Между тем сельскохозяйственные работы выполняет только машинно-тракторный агрегат (МТА) [1]. Каждая из частей МТА обладает своими энергетическими характеристиками, сочетание которых и создает тот или иной режим его работы. В связи с этим вопросы качественной эксплуатации МТА можно решить только при рассмотрении взаимодействия всех трех основных его частей. Для улучшения технико-экономических показателей МТА большое значение имеет разработка методов определения параметров агрегатов [2-4].

Выявление взаимосвязи между отдельными параметрами агрегата и определение величины этих параметров с помощью приборов позволяют решать практические вопросы, связанные с улучшением работы МТА: выбор наиболее производительных составов агрегатов и режимов их работы; установление технически обоснованных норм выработки и расхода ГСМ; обеспечение контроля за техническим состоянием двигателей, тракторов и сельскохозяйственных машин, правильностью их регулировок и т.д.

Наибольший интерес представляют параметры, характеризующие динамические и экономические качества МТА:

- динамические качества двигателя и его топливная экономичность;
- динамические качества трактора и его топливная экономичность;
- тяговое сопротивление машин в агрегате.

Определение динамических качеств и топливной экономичности двигателя согласно ГОСТ 18509-88 сводится к снятию его регуляторной характеристики. Она представляет собой зависимость рабочих показателей двигателя (эффективной мощности g_e ,

крутящего момента M_k , часового G_T и удельного расходов топлива) от частоты вращения коленчатого вала.

Определение динамических качеств и топливной экономичности трактора согласно ГОСТ 7057-81 сводится к снятию его тяговой характеристики, отражающей зависимость рабочих показателей трактора (тяговой мощности $N_{кр}$, скорости V , часового G_m и удельного $g_{кр} = f(P_{кр})$ расходов топлива, буксования) от нагрузки на различных передачах на данном почвенном фоне [5]. Тяговое сопротивление машин в агрегате определяют согласно ГОСТ 52777-2007 в зависимости от их типа (навесные, полунавесные или прицепные) – прямым (посредством универсального тензометрического звена) или косвенным измерением.

Измерение параметров, характеризующих динамические и экономические качества МТА, требует дорогостоящего оборудования (тормозной стенд, динамометрическая лаборатория, тензометрическое звено для динамометрирования и т.д.), а также существенных затрат средств и времени на подготовку и проведение. Поэтому выполнение данных работ возможно лишь в условиях машиноиспытательных станций.

Цель исследований – совершенствование методов определения энергетических и топливно-экономических показателей МТА, позволяющих снизить трудоемкость измерений в условиях эксплуатации.

Материалы и методы. В данной работе предложены оперативные методы определения энергетических и топливно-экономических показателей, основанные на анализе параметров переходных (динамических) режимов разгона элементов МТА (двигателя, трактора и сельскохозяйственных машин) при мгновенном увеличении подачи топлива.

Результаты и обсуждение. При резком увеличении подачи топлива в двигателе возникает пере-

ходный процесс разгона [6, 7]. В это время определяют значения углового ускорения коленчатого вала на всем диапазоне угловых скоростей с последующим вычислением значений крутящего момента и мощности (без наддува) двигателя по формулам:

$$M_k = I_d (d\omega / dt), \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (1)$$

$$N_{\text{бн}} = I_d (d\omega / dt) \cdot \omega, \text{ Вт}, \quad (2)$$

где I_d – действительный момент инерции движущихся масс двигателя, $\text{кг}\cdot\text{м}^2$;

$(d\omega / dt)$ – угловое ускорение коленчатого вала, $\text{рад}/\text{с}^2$;

ω – угловая скорость коленчатого вала, $\text{рад}/\text{с}$.

Для определения действительного момента инерции двигателя используют маховик с известным моментом инерции, соединяющийся с трактором через ВОМ.

Исследуемый двигатель последовательно разгоняют без этого маховика и с ним, определяют соответствующие значения углового ускорения коленчатого вала на номинальном режиме. Затем вычисляют действительный приведенный момент инерции двигателя:

$$I_d = I_m^{\text{пр}} \cdot \frac{(d\omega / dt)_2}{(d\omega / dt)_1 - (d\omega / dt)_2}, \quad (3)$$

где $I_m^{\text{пр}}$ – момент инерции дополнительного маховика, $\text{кг}\cdot\text{м}^2$;

$(d\omega / dt)_1, (d\omega / dt)_2$ – угловые ускорения коленчатого вала на номинальном режиме при разгоне двигателя без маховика и с маховиком соответственно, $\text{рад}/\text{с}^2$.

Для дизельных двигателей с газотурбонагнетателями значения мощности корректируются с учетом давления наддува:

$$N_e = \alpha \cdot N_{\text{бн}}^2 + \beta \cdot N_{\text{бн}} \cdot p_n + c, \quad (4)$$

где α – коэффициент при квадратичном члене уравнения;

$N_{\text{бн}}$ – мощность двигателя с неработающим турбонаддувом, Вт;

β – коэффициент взаимосвязи;

p_n – давление турбонаддува, Па;

c – свободный член уравнения.

Запись параметров движения коленчатого вала осуществляется при полной загрузке двигателя с одновременной фиксацией изменения давления наддува $p_n = f(n)$ на соответствующих интервалах. Полная загрузка двигателя обеспечивается разгоном трактора на высшей передаче. Совмещая полученную зависимость $p_n = f(n)$ с зависимостью $N_{\text{бн}} = f(n)$, полученной в режиме свободного разгона, определяют зависимость $N_e = f(n)$.

При вычислении топливо-экономических показателей исследуемого двигателя используют зависимость часового расхода $G_T = f(n)$ топливного насоса высокого давления (ТНВД) двигателя на стен-

де для проверки и регулировки топливного оборудования. Зависимость часового расхода от частоты вращения коленчатого вала двигателя выражается формулой:

$$G_m = \frac{60 \cdot Q \cdot n_n \cdot \rho}{10^6 \cdot i_{\text{ц}}}, \quad (5)$$

где Q – объем поданного топлива всеми секциями ТНВД за 1000 циклов, см^3 ;

n_n – частота вращения вала ТНВД, $\text{об}/\text{мин}$;

ρ – плотность топлива, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$i_{\text{ц}}$ – количество циклов ($i_{\text{ц}} = 1000$).

Совмещая зависимость $G_T = f(n)$ с полученной ранее закономерностью $N_e = f(n)$ в одном диапазоне частот вращения коленчатого вала на равных интервалах, находим значения удельного расхода топлива при соответствующих частотах вращения коленчатого вала двигателя, $\text{г}\cdot\text{ч}/\text{Вт}$:

$$g_e = \frac{G_m \cdot 1000}{N_e}. \quad (6)$$

Определив удельный расход топлива на необходимом диапазоне частот вращения коленчатого вала двигателя, получаем зависимость $g_e = f(n)$.

По результатам разгона двигателя без маховика и с ним, а также разгона трактора на высшей передаче строят его регуляторную характеристику ($N_e, M_k, G_T, g_e = f(n)$).

Определение динамических качеств и топливной экономичности трактора. При движении трактора в ходе снижения подачи топлива достигают частоты вращения коленчатого вала, соответствующей минимально-устойчивой скорости равномерного прямолинейного движения [8]. Мгновенно увеличивают подачу топлива до максимальной. При разгоне трактора измеряют значения угловых скоростей, ускорений коленчатого вала двигателя и путеизмерительного колеса на заданной передаче и соответствующем почвенном фоне. Дополнительно в тех же условиях измеряют значения угловых ускорений путеизмерительного колеса при разгоне трактора с дополнительной (эталонной) массой. Из уравнения движения разгона трактора без нагрузки определяют тяговое (крюковое) усилие, которое может развить трактор, Н:

$$P_{\text{кр}} = M_T \cdot (dV / dt)_{\text{xx}}, \text{ Н} \quad (7)$$

где M_T – приведенная масса трактора, кг;

$(dV / dt)_{\text{xx}}$ – ускорение трактора при разгоне без нагрузки, $\text{м}/\text{с}^2$.

Из уравнений движения разгона трактора без нагрузки и с дополнительной (эталонной) массой рассчитывают приведенную массу трактора, кг:

$$M_m = \frac{M_m \cdot ((dV / dt)_{\text{m}} + g \cdot f)}{(dV / dt)_{\text{xx}} - (dV / dt)_{\text{m}}}, \quad (8)$$



где $(dV/dt)_{\text{эт}}$ – ускорение трактора при разгоне с эталонной массой, м/с^2 ;

g – ускорение свободного падения, м/с^2 ;

f – коэффициент перекачивания трактора.

Ускорение трактора при его разгоне без нагрузки, а также догруженного эталонной массой связано с угловым ускорением путеизмерительного колеса следующими зависимостями:

$$(dV/dt)_{\text{xx}} = (d\omega/dt)_{\text{xx}} \cdot r_{\text{пк}}, \text{ м/с}^2; \quad (9)$$

$$(dV/dt)_{\text{эт}} = (d\omega/dt)_{\text{эт}} \cdot r_{\text{пк}}, \text{ м/с}^2, \quad (10)$$

где $(d\omega/dt)_{\text{xx}}$, $(d\omega/dt)_{\text{эт}}$ – угловое ускорение путеизмерительного колеса при разгоне трактора без нагрузки и с дополнительной (эталонной) массой соответственно, рад/с^2 ;

$r_{\text{пк}}$ – радиус путеизмерительного колеса, м.

Скорость трактора на заданной передаче определяют из выражения:

$$V = \omega_{\text{пк}} \cdot r_{\text{пк}}, \quad (11)$$

где $\omega_{\text{пк}}$ – угловая скорость путеизмерительного колеса, рад/с .

Буксование трактора определяется по формуле:

$$\delta = \frac{\omega_{\text{вк}} - \omega_{\text{пк}}}{\omega_{\text{вк}}} \cdot 100\%, \quad (12)$$

где $\omega_{\text{вк}}$ – угловая скорость ведущего колеса (звездочки), рад/с .

Угловая скорость ведущего колеса связана с угловой скоростью коленчатого вала двигателя трактора зависимостью:

$$\omega_{\text{вк}} = \frac{\omega_{\text{кв}}}{i_{\text{тп}}}, \text{ рад/с}, \quad (13)$$

где $\omega_{\text{кв}}$ – угловая скорость коленчатого вала двигателя трактора, рад/с ;

$i_{\text{тп}}$ – общее передаточное число трансмиссии на заданной передаче.

Тяговая мощность на заданной передаче равна:

$$N_{\text{кр}} = P_{\text{кр}} V, \text{ Вт}. \quad (14)$$

Топливо-экономические показатели определяют посредством фиксации цикловой подачи топлива топливного насоса в режиме максимальной подачи на стенде для проверки и регулировки топливного оборудования по зависимостям (5) и (6).

На результатах разгона трактора без нагрузки

и с дополнительной (эталонной) массой основана его тяговая характеристика на различных передачах на данном почвенном фоне ($N_{\text{кр}}$, V , $G_{\text{т}}$, $g_{\text{кр}} = f(P_{\text{кр}})$).

Определение тягового сопротивления рабочих машин. При движении трактора без нагрузки за счет снижения подачи топлива достигают частоты вращения коленчатого вала, соответствующей максимальному крутящему моменту [9]. Мгновенно увеличивают подачу топлива до максимальной. При достижении номинальной частоты вращения коленчатого вала двигателя во время разгона трактора измеряют угловое ускорение путеизмерительного колеса. Аналогично определяют угловое ускорение путеизмерительного колеса при разгоне трактора с дополнительной (эталонной) массой и рабочей машиной. Из уравнений движения разгона трактора без нагрузки и с рабочей машиной вычисляют сопротивление рабочей машины:

$$P_c = M_{\text{т}}(dV/dt)_{\text{xx}} - M_{\text{т}}(dV/dt)_{\text{раб}} - M_{\text{схм}}(dV/dt)_{\text{раб}}, \quad (15)$$

где $M_{\text{схм}}$ – приведенная масса рабочих машин, кг;
 $(dV/dt)_{\text{раб}}$ – ускорение трактора при разгоне с рабочей машиной, м/с^2 .

Приведенную массу трактора вычисляют из уравнений движения разгона трактора без нагрузки и с эталонной массой по формуле (8).

Ускорение трактора при его разгоне с рабочей машиной определяют аналогично зависимостям (9) и (10):

$$(dV/dt)_{\text{раб}} = (d\omega/dt)_{\text{раб}} \cdot r_{\text{пк}}, \text{ м/с}^2, \quad (16)$$

где $(d\omega/dt)_{\text{раб}}$ – угловое ускорение путеизмерительного колеса при разгоне трактора с сельскохозяйственной машиной, рад/с^2 .

По результатам разгона трактора с рабочей машиной, а также без нагрузки и с эталонной массой определяют сопротивление рабочей машины.

Вывод. Предложенные методы позволяют получить регуляторную характеристику двигателя, тяговую характеристику трактора, а также определить тяговое сопротивление сельскохозяйственной машины в эксплуатационных условиях без применения дорогостоящего оборудования, существенных затрат средств и времени на подготовку и проведение.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Shevtsov V., Lavrov A., Izmailov A. Lobachevskii Y. Formation of quantitative and age structure of tractor park in the conditions of limitation of resources of agricultural production. *SAE Technical Papers*. 2015: 1-4.
2. Izmailov A., Shevtsov V., Lavrov A., Godzhaev Z., Pryadkin V. Application of the universal tire characteristic

for estimating the maximum pressure of a pneumatic tractor wheel on the ground. *SAE Technical Papers*. 2015-September.

3. Измайлов А.Ю., Кряжков В.М., Антышев Н.М., Елизаров В.П., Лобачевский Я.П., Сорокин Н.Т., Гурылев Г.С., Савельев Г.С., Сизов О.А., Шевцов В.Г. Концепция модернизации сельскохозяйственных тракторов и тракторного

парка России на период до 2020 года. М.: ВИМ, 2012. 67 с.

4. Лачуга Ю.Ф., Горбачев И.В., Ежевский А.А., Измайлов А.Ю., Кряжков В.М., Антышев Н.М., Бабченко В.Д., Бейлис В.М., Голубкович А.В., Гришин А.П., Евтюшенков Н.Е., Жалнин Э.В., Жук А.Ф., Колесникова В.А., Левина Н.С., Личман Г.И., Марченко Н.М., Марченко Л.А., Марченко О.С., Михеев В.В. и др. Система машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства на период до 2020 года. М.: 2012. Т. 1. Растениеводство. 303 с.

5. Lobachevskii Y., Godzhaev Z., Shevtsov V., Lavrov A., Sizov O., Merzlyakov A. Harmonizing power categories and towing categories of agricultural tractors with series of preferred numbers. *SAE Technical Papers*. 2017; January: 18-24.

6. Арженовский А.Г., Асатурян С.В. Определение энергетических и топливно-экономических показателей

тракторного двигателя // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 2010. №7. С. 25-26.

7. Щетинин Н.В., Казаков Д.В., Арженовский А.Г., Мальцев Д.О. К определению энергетических показателей тракторов в эксплуатационных условиях на переходном режиме // *Физико-технические проблемы создания новых технологий в АПК*: Сборник научных трудов по материалам 4-ой Российской научно-практической конференции. Ставрополь, 2007. С. 194-197.

8. Патент РФ №2612950. Способ определения сопротивления рабочих машин / Арженовский А.Г., Асатурян С.В., Чичилов И.И., Черемисин Ю.М., Дагдидян А.А., Должиков В.В. 2017. Бюл. N8.

9. Патент РФ №2620983. Способ определения сопротивления рабочих машин / Арженовский А.Г., Асатурян С.В., Чичилов И.И., Черемисин Ю.М., Дагдидян А.А., Должиков В.В. 2017. Бюл. N16.

REFERENCES

1. Shevtsov V., Lavrov A., Izmailov A. Lobachevskii Y. Formation of quantitative and age structure of tractor park in the conditions of limitation of resources of agricultural production. *SAE Technical Papers*. 2015: 1-4. (In English)

2. Izmailov A., Shevtsov V., Lavrov A., Godzhaev Z., Pryadkin V. Application of the universal tire characteristic for estimating the maximum pressure of a pneumatic tractor wheel on the ground. *SAE Technical Papers*. 2015. (In English)

3. Izmaylov A.Yu., Kryazhkov V.M., Antyshev N.M., Elizarov V.P., Lobachevskiy Ya.P., Sorokin N.T., Gurylev G.S., Savel'ev G.S., Sizov O.A., Shevtsov V.G. Kontseptsiya modernizatsii sel'skokhozyaystvennykh traktorov i traktornogo parka Rossii na period do 2020 goda [Concept of modernization of agricultural tractors and tractor fleet in Russia for the period until 2020]. Moscow: VIM, 2012: 67. (In Russian)

4. Lachuga Yu.F., Gorbachev I.V., Ezhevskiy A.A., Izmaylov A.Yu., Kryazhkov V.M., Antyshev N.M., Babchenko V.D., Beylis V.M., Golubkovich A.V., Grishin A.P., Evtyushenkov N.E., Zhalnin E.V., Zhuk A.F., Kolesnikova V.A., Levina N.S., Lichman G.I., Marchenko N.M., Marchenko L.A., Marchenko O.S., Mikheev V.V., et al. Sistema mashin i tekhnologiy dlya kompleksnoy mekhanizatsii i avtomatizatsii sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva na period do 2020 goda [System of machines and technologies for complex mechanization and automation of agricultural production for the period until 2020]. V. 1. Rasteniyevodstvo. Moscow,

2012: 303. (In Russian)

5. Lobachevskii Y., Godzhaev Z., Shevtsov V., Lavrov A., Sizov O., Merzlyakov A. Harmonizing power categories and towing categories of agricultural tractors with series of preferred numbers. *SAE Technical Papers*. 2017; January: 18-24. (In English)

6. Arzhenovskiy A.G., Asaturyan S.V. Determination of power and fuel-economic rates of a tractor engine. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva*. 2010; 7: 25-26. (In Russian)

7. Shchetinin N.V., Kazakov D.V., Arzhenovskiy A.G., Mal'tsev D.O. To determination of power characteristics of tractors in service conditions at transition mode. *Fiziko-tekhnicheskie problemy sozdaniya novykh tekhnologiy v APK: Sbornik nauchnykh trudov po materialam 4-oy Rossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Stavropol', 2007: 194-197. (In Russian)

8. Patent RF №2612950. Sposob opredeleniya soprotivleniya rabochikh mashin [Way of determination of resistance of operating machines]. Arzhenovskiy A.G., Asaturyan S.V., Chichilov I.I., Cheremisin Yu.M., Dagldiyen A.A., Dolzhikov V.V. 2017. Byul. N8. (In Russian)

9. Patent RF N2620983. Sposob opredeleniya soprotivleniya rabochikh mashin [Way of determination of resistance of operating machines]. Arzhenovskiy A.G., Asaturyan S.V., Chichilov I.I., Cheremisin Yu.M., Dagldiyen A.A., Dolzhikov V.V. 2017. Byul. N16. (In Russian)

Критерии авторства. Автор несет ответственность за представленные в статье сведения и плагиат.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Contribution. The author is responsible for information and plagiarism avoiding.

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



УДК 621.43.013

DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-6-41-46

ПРИМЕНЕНИЕ ПАЛЬМОВОГО МАСЛА В КАЧЕСТВЕ ПРИСАДКИ К ТОПЛИВУ ТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Бизаев А.В.^{1*}, канд. техн. наук;Симеон А.А.², аспирант

¹Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, Тимирязевская ул. 49, Москва, 127550, Российская Федерация, *e-mail: a.bizhaev@mail.ru

²Российский университет дружбы народов, ул. Миклухо-Маклая, 6, Москва, 117198, Российская Федерация

На фоне повышающихся экологических требований к тракторным дизельным двигателям и изменения ценовой политики на различные виды топлива нефтяного происхождения возникает необходимость в применении альтернативных горючих веществ, способных частично или полностью заменить традиционные. Наиболее перспективно применение растительных масел в качестве горючего материала для дизельных двигателей. Один из наиболее конкурентоспособных видов топлива – пальмовое масло, мировое производство которого превосходит многие другие растительные масла, в том числе рапсовое. Преимущества пальмового масла позволяют использовать его как топливо или в качестве присадки к дизельному топливу. Рассмотрели основные физические свойства пальмового масла с целью оценки его влияния на топливную аппаратуру и дальнейшей возможности его использования в дизельных двигателях. Для оценки характеристик работы тракторного дизельного двигателя проведены стендовые испытания с добавками пальмового масла к дизельному топливу. Провели экспериментальные исследования на электрическом тормозном стенде в паре с дизельным двигателем Д-120. Получено, что в результате добавок масла до 20 процентов изменяются характер сгорания и качество смесеобразования, вследствие чего содержание СН снижается на низких и средних нагрузках до 42 процентов, а на высоких – до 17 процентов. Концентрация монооксидов углерода СО при этом повышается: на низких и средних нагрузках – на 37-49 процентов, а в maximume нагрузок увеличивается еще в 6-8 раз и составляет около 65 ppm. Содержание оксидов азота NO_x в отработанных газах при добавке пальмового масла существенно отличается только ближе к области высоких нагрузок и снижается на 21 процент – до 4550 ppm. Показано, что выбросы сажи снижаются пропорционально увеличению доли содержания пальмового масла в топливе: при 10-процентной добавке на 20-30 процентов и при 20-процентной – на 35-45 процентов.

Ключевые слова: пальмовое масло, альтернативное топливо, присадка к дизельному топливу, производство растительных масел, тракторный дизель, биотопливо.

■ **Для цитирования:** Бизаев А.В., Симеон А.А. Применение пальмового масла в качестве присадки к топливу тракторных дизелей // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2017. №6. С. 41-46.

PALM OIL USE AS ADDITIVE TO FUEL FOR TRACTOR DIESELS

Bizhaev A.V.^{1*}, Ph. D. (Eng.);Simeon A.A.²

¹Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya St., 49, Moscow, 127550, Russian Federation, *e-mail: a.bizhaev@mail.ru

²RUDN University, Miklukho-Maklay St., 6, Moscow, 17198, Russian Federation

When environmental requirements for tractor diesels and changes in the price policy of various fuels of oil origin increase, there is a need to use new alternative flammable substances for partially or completely replace traditional fuels. Application of vegetable oils as combustible material for diesel engines is most perspective. One of the most competitive fuel is palm oil which world production exceeds many other vegetable oils, including rape. Advantages of palm oil allow to use it as fuel or as diesel fuel additive. The authors considered the main physical properties of palm oil for the purpose of assessment of its influence on the fuel equipment and a further possibility of its use in diesel engines. For assessment of characteristics of operation of the tractor diesel engine bench tests with additives of palm oil to diesel fuel were carried out. Experimental studies were carried out on an electric brake stand in tandem with a D-120 diesel engine. If oil additives reach up to 20 percent then combustion and quality of mixing would change. The maintenance of CH decreases at low and normal

loads to 42 percent, and at high ones – up to 17 percent. Concentration of carbon monoxides CO at the same time increases: at low and normal loads – by 37-49 percent, and in a maximum of loadings it increases by 6-8 times and makes about 65 ppm. The content of nitrogen oxides NOx in exhaust gases at additive of palm oil significantly differs at high loadings and decreases by 21 percent or up to 4550 ppm. Soot emissions decrease in proportion to increase of content of palm oil in fuel: at 10 percentage additive by 20-30 percent and at 20 percent by 35-45 percent.

Palm oil, Alternative fuel; Diesel fuel additive; Seed oil production; Tractor diesel; Biofuel.

For citation: Bizhaev A.V., Simeon A.A. Palm oil use as additive to fuel for tractor diesels. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2017; 6: 41-46. DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-6-41-46. (In Russian)

Мировая тенденция к повышению экологической безопасности двигателей обязывает производителей снижать токсичность отработанных газов (ОГ). Существует множество решений этой задачи, например добавка альтернативных видов топлива или полная замена ими дизельного. Биотопливо способно снизить токсичность дизельных двигателей, служит аналогом традиционного топлива и производится в качестве возобновляемого источника энергии, поэтому имеет хорошие долгосрочные перспективы [1].

Существует большой выбор растительных масел для дизельных двигателей. При их использовании характеристики ДВС сопоставимы по экологическим и эффективным показателям двигателя с традиционным дизельным топливом. Одно из наиболее перспективных направлений связано с пальмовым маслом, мировое производство которого в 2013-2016 гг. (по данным департамента сельского хозяйства США (*USDA*)) превосходит большую часть других растительных масел, таких как рапсовое, соевое, подсолнечное, оливковое и др. По данным различных информационно-аналитических центров, темпы производства пальмового мас-

жировой ассоциацией Евразийского экономического союза [4].

Удельные показатели производства пальмового масла с единицы площади возделывания растений также превосходят большинство видов масел, отставая практически только от биодизельного топлива, произведенного из водорослей. При этом цена на него остается сравнимо низкой [5].

Однако на этом фоне существует мало исследований, посвященных использованию пальмового масла в качестве альтернативного топлива к тракторным дизельным двигателям, а также экспериментальных исследований с соответствующим анализом результатов.

Цель исследований – изучение влияния пальмового масла на процесс топливоподачи и оценка показателей работы дизельного двигателя.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Обычно пальмовое масло производится из сырья масличных пальм и обладает многими схожими свойствами по отношению к дизельному топливу. Плотность при 20°C составляет 918 кг/м³, что больше обычного дизельного топлива приблизительно на 90 кг/м³. Вязкость при 100°C равна 8,6 мм²/с, то есть выше вязкости дизельного топлива на 4,8 мм²/с,

или в 2,26 раза. При этом низшая теплота сгорания у пальмового масла меньше на 5,2 МДж/кг и составляет 37,1 МДж/кг [6].

Кроме того, что плотность пальмового масла выше, чем у дизельного топлива, его сравнимо высокая вязкость должна снижать утечки через прецизионные пары топливной системы и повышать цикловую подачу при его добавках [7]. Однако эти свойства также вносят изменения в параметры распыла то-

пливного факела, поэтому при добавках пальмового масла следует уделять особое внимание топливной аппаратуре. Подача высоких (близких к

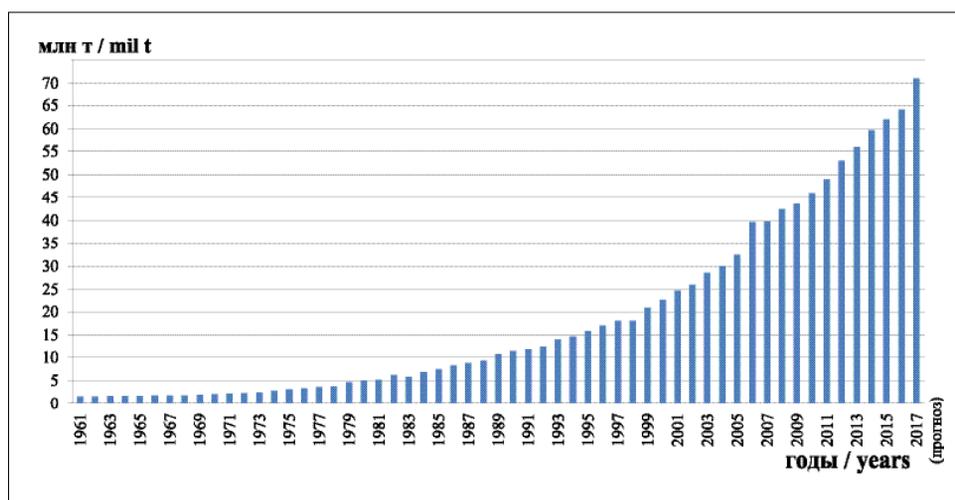


Рис. 1. Динамика мирового производства пальмового масла млн тонн

Fig. 1. Dynamics of palm oil world production, million t

ла увеличиваются и составляют серьезную конкуренцию другим растительным маслам (рис. 1) [2, 3]. Схожие статистические данные приведены Масло-



100%) концентраций пальмового масла в виду его свойств повышает коксуемость распылителей топливных форсунок и нагарообразование в камере сгорания дизельного двигателя [8].

Пальмовое масло содержит около 11,4% кислорода, что в 28 раз выше, чем у дизельного топлива. Этот факт благоприятно влияет на процесс сгорания, особенно в тех областях топливной струи, где атмосферного воздуха недостаточно. Дополнительное содержание воздуха в топливе должно сократить количество продуктов неполного сгорания ввиду их окисления. С другой стороны, этот фактор может вызвать образование оксидов азота в продуктах сгорания.

По своей структуре продовольственное пальмовое масло имеет различный фракционный состав, который можно разделить на 3 основные части: олеин, обычное пальмовое масло и стеарин. Олеин имеет температуру плавления 16-24°C, обычное пальмовое масло – 31-38°C, стеарин – 44-56°C. Температура среды, в которой находится масло, оказывает значительное влияние на возможность его использования в качестве жидкого топлива. Дилатометрическая характеристика пальмового масла относительно пологая, вследствие чего высокоплавкие фракции обладают относительно высокой твердостью и могут быть хрупкими, а при 15-20°C масло постепенно кристаллизуется, превращаясь в твердую структуру. Пальмовое масло при смешивании с другими видами масла способно кристаллизоваться спустя некоторое время (эффект посткристаллизации), что возможно при длительном его хранении в таком виде [9]. Исходя из этого необходимо учитывать физические свойства пальмового масла, принимать меры для правильного его хранения и дальнейшей подачи в топливную систему двигателей.

Существует большое количество исследований, связанных с работой дизельных двигателей на растительных маслах. Как показывают экспериментальные данные, характеристики дизельных двигателей при использовании различных масел имеют схожие тенденции. Например, с увеличением доли содержания масла в дизельном топливе снижается эффективный КПД, повышается часовой расход топлива, и на определенных режимах сокращается выброс токсичных компонентов ОГ двигателя. Сходство характеристик при использовании различных растительных масел в качестве добавок к традиционному топливу вполне логично, так как состав таких масел во многом подобен. Любое растительное масло, в том числе и пальмовое, состоит из триглицеридов жирных кислот, имеющих одинаковую глицериновую часть, и различных дополняющих веществ. Поэтому влияние на основные свойства масел обусловлено содержанием

в них жирных кислот, которые в большинстве случаев имеют схожую долю содержания в каких-либо растительных маслах [6]. Следует также учитывать, что состав и свойства конечного продукта могут отличаться в зависимости от условий выращивания культур [5].

Таким образом, при использовании пальмового масла в качестве альтернативного топлива для тракторных дизельных двигателей тенденция изменения характеристик двигателя не должна иметь значительного расхождения с экспериментальными данными, полученными при использовании других растительных масел.

Для проведения экспериментального исследования использовали электрический тормозной стенд мощностью 125 кВт в паре с 2-цилиндровым тракторным дизельным двигателем Д-120, у которого номинальная частота вращения коленчатого вала составляет 1800 мин⁻¹. Топливная система двигателя имеет заводскую комплектацию, и подача топлива из трехсопловых форсунок осуществляется под высоким давлением с помощью насоса распределительного типа. Смесь дизельного топлива с маслом подается из отдельной емкости вспомогательным насосом низкого давления, а с целью прогрева двигателя используется основной топливный бак с дизельным топливом.

До образования биодизельного топлива на основе пальмового масла его отфильтровывали в состоянии кристаллизации. Таким образом, основную фракцию полученного вещества составлял жидкий олеин с минимальным сроком хранения. В процессе эксперимента загустевание или кристаллизация масла не наблюдались.

При испытаниях пальмовое масло подавали в количестве 10 и 20% по объему от содержания дизельного топлива. При этом каких-либо поверхностно активных веществ, эмульгаторов и других материалов, улучшающих качество смеси, не использовали. При испытаниях фиксировали показатели: крутящий момент двигателя, частоту вращения коленчатого вала, объемный расход топлива, объемный расход воздуха, содержание токсичных компонентов в ОГ, а именно монооксидов углерода CO , суммарных углеводородов CH , оксидов азота NO_x и сажи C . К основным расчетным показателям относятся: удельный эффективный расход топлива, коэффициент избытка воздуха и часовой расход топлива.

Результаты и обсуждение. По результатам эксперимента получены нагрузочные характеристики дизельного двигателя Д-120 при частоте вращения коленчатого вала $n = 1800$ мин⁻¹ и добавках пальмового масла к дизельному топливу до 20% по объему. При подаче смеси с содержанием пальмового масла 10 и 20% зафиксировано повышение

удельного эффективного расхода топлива g_e по всей длине характеристики (рис. 2).

масла в дизельном топливе. Однако разница α между 10% и 20% содержания

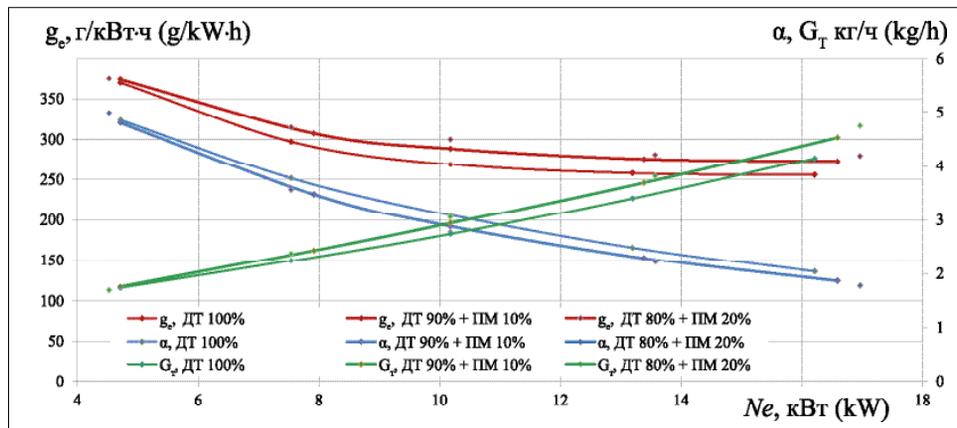


Рис. 2. Зависимость удельного эффективного расхода топлива g_e , коэффициента избытка воздуха α и часового расхода топлива G_T от нагрузки двигателя Ne

Fig. 2. Dependence of specific effective fuel consumption of g_e , excess air coefficient α and fuel consumption per hour G_T on engine load Ne (ДТ – diesel-fuel oil, ПМ – palm oil)

При максимальной нагрузке и 10%-ной добавке масла g_e повышается с 256 до 273 г/кВт·ч, а при 20% – до 280 г/кВт·ч, на 6,2 и 8,6% соответственно. На режимах средних нагрузок ($Ne = 8-14$ кВт) величина g_e при добавках масла до 20% имеет аналогичную тенденцию и повышается на 6-8%. При низких нагрузках ($Ne=5$ кВт) удельный эффективный расход топлива практически не изменяется.

Часовой расход топлива G_T на средних и максимальных нагрузках возрастает при 10%-ной добавке масла на 0,1-0,2 кг/ч, а при 20% – на 0,2-0,3 кг/ч относительно режима на чистом дизельном топливе. При режимах, близких к минимальным нагрузкам, изменения в расходе топлива неразличимы. Коэффициент избытка воздуха α при добавках пальмового масла снижается на средних и высоких нагрузках на 0,1-0,2 при 10 и 20%-ной концентрации

(10, 20%) не влияет на концентрацию CO .

Однако по сравнению с чистым дизельным топливом этот показатель выше на 37-49% и составляет 0,080-0,175% в объемных долях. В зоне низких и средних нагрузок при добавке 10% пальмового масла наблюдается рост CO на 0-0,01%, при 20%-ной добавке – на 0,02-0,03%. Таким образом, содержание монооксидов углерода в ОГ, начиная с высоких нагрузок ($Ne = 14$ кВт), значительно возрастает. При подаче 10% масла на высоких нагрузках по сравнению с другими нагрузочными режимами концентрация CO увеличивается в 4-8 раз, а при 20% – в 1,3-6 раз.

Содержание суммарных углеводородных соединений CH при добавке 10% пальмового масла на малых и средних нагрузках снижается на 5-15 ppm, а при 20% – на 17-20 ppm, то есть на 11-32% и 36-42%

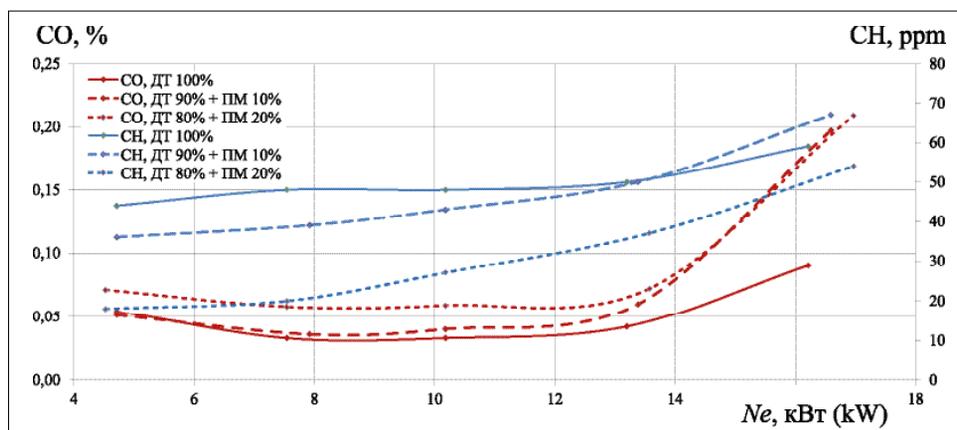


Рис. 3. Зависимость содержания монооксидов углерода CO и суммарных углеводородов CH в ОГ от нагрузки двигателя Ne

Fig. 3. Dependence of content of carbon monoxides CO and total hydrocarbons CH in exhaust gases on engine load (Ne) (ДТ – diesel-fuel oil, ПМ – palm oil)

соответственно, по сравнению с 45-48 ppm CH на чистом дизельном топливе. При нагрузках свыше 14 кВт и при содержании 10% масла в топливе наблюдается небольшое увеличение выбросов CH , максимум на 8 ppm. Но при увеличении концентрации масла до 20% зафиксировано снижение доли содержания CH в ОГ на 10-13 ppm, или 17% в относительных единицах. Тенденция поведения выбросов углеводородов с добав-

ками масла при этом аналогична характеристике на чистом дизельном топливе: плавное и практически равномерное повышение концентрации с увеличением нагрузки. Таким образом, на всем диапазоне нагрузок при чистом дизельном топливе $СН$ возрастает с увеличением нагрузки с 44 до 59 ppm , при 10%-ном содержании пальмового масла – с 36 до 67 ppm , при 20%-ном содержании масла – с 18 до 54 ppm .

Изменение монооксидов $СО$ при добавках пальмового масла также аналогично характеристике на чистом дизельном топливе: до средних нагрузок концентрация $СО$ снижается, а затем при повышении нагрузки увеличивается. На чистом дизельном топливе до нагрузки $Ne = 9-10$ кВт выбросы $СО$ снижаются с 0,053 до 0,033%, при 10% пальмового масла – с 0,051 до 0,036%, при 20% – с 0,071 до 0,057%. С увеличением нагрузки до $Ne = 16-17$ кВт концентрация $СО$ растет: до 0,09% при использовании чистого дизельного топлива, до 0,197% при 10%-ном содержании масла и до 0,207% – при 20%-ной добавке.

В ходе эксперимента на тракторном дизельном двигателе Д-120 были зафиксированы характеристики содержания оксидов азота NO_x и сажи $С$ в ОГ (рис. 4).

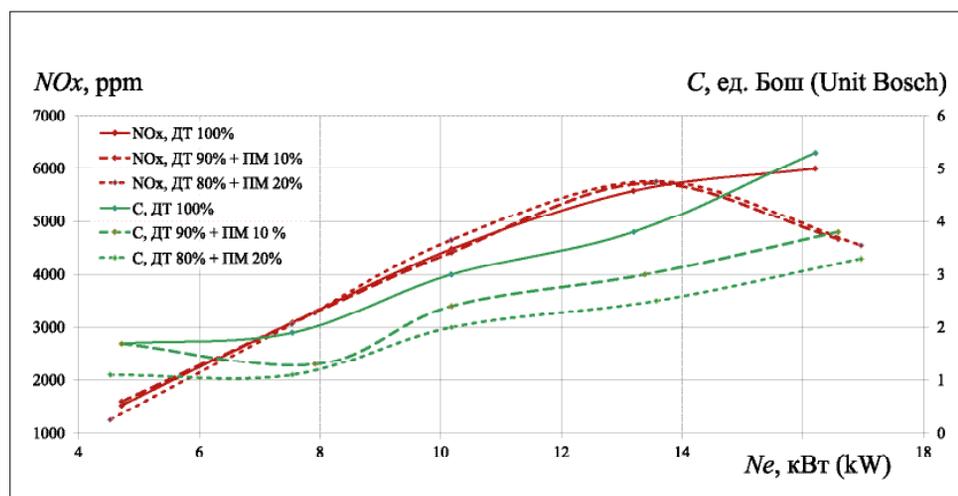


Рис. 4. Зависимость содержания оксидов азота NO_x и сажи $С$ в ОГ от нагрузки двигателя Ne
 Fig. 4. Dependence of content of nitrogen oxides NO_x and soot $С$ in exhaust gases on engine loading Ne (ДТ – diesel-fuel oil, ПМ – palm oil)

Изменение концентрации NO_x при малых и средних нагрузках до $Ne = 14$ кВт с добавками пальмового масла 10% и 20% отличается на диапазон 0-150 ppm относительно режима на чистом дизельном топливе, что находится в пределах погрешности измерений. Следовательно, характеристика выбросов NO_x от добавок масла до 20% условно не изменяется. С повышением нагрузки содержание оксидов азота в ОГ возрастает с 1350-1500 ppm до 5600-5750 ppm . Затем на высоких нагрузках $Ne = 14-17$ кВт при добавках 10 и 20% масла наблюдается сниже-

ние концентрации оксидов азота относительно работы дизеля без добавок.

При этом минимальное значение содержания NO_x в ОГ составляет 4550 ppm для данных концентраций масла при нагрузке $Ne = 17$ кВт, что ниже на 21%, чем при чистом дизельном топливе. Перегиб характеристики содержания оксидов азота в зоне $Ne = 13-14$ кВт обычно связывают со снижением температур в камере сгорания в результате большей цикловой подачи и ухудшающегося смесеобразования, но для пальмового масла динамика снижения доли NO_x в ОГ более активная. Это можно объяснить ухудшением смесеобразования в результате изменения физических свойств топлива при добавке масла и, как следствие, падения температуры его сгорания.

При добавке пальмового масла до 20% на всем диапазоне нагрузок зафиксированы снижение концентрации сажи $С$ и плавный, практически равномерный рост ее концентрации с увеличением нагрузки Ne . При работе на чистом дизельном топливе дизельного двигателя Д-120 содержание сажи с увеличением нагрузки возрастает с 1,8 до 5,3 ед. Бош, при добавке 10% масла – с 1,2 до 3,8 ед. Бош и при 20% – с 1,1 до 3,2 ед. Бош. Относительное снижение кон-

центрации сажи составляет 20-30% при добавке 10% масла и 35-45% – при 20%-ной добавке.

Выводы. Экспериментальным исследованием показано, что свойства пальмового масла влияют на процесс топливоподачи, что видно по увеличению расхода топлива при 10%-ном содержании масла на 0,1-0,2 кг/ч, а при 20%-ном – на 0,2-0,3 кг/ч.

Определено влияние добавок масла на эффективность работы тракторного дизельного двигателя Д-120. При 10%-

ной смеси с маслом эффективность двигателя снижается до 6,2%, а при 20% – на 8,6%.

В результате добавок масла до 20% изменяется характер сгорания и качество смесеобразования, вследствие чего содержание $СН$ снижается на низких и средних нагрузках на 42%, а на высоких – на 17%. Концентрация монооксидов углерода $СО$ при этом повышается, на низких и средних нагрузках – на 37-49%, а в максимуме нагрузок увеличивается еще в 6-8 раз и составляет около 65 ppm . Доля содержания оксидов азота NO_x в ОГ при добавке мас-

ла существенно отличается только ближе к области высоких нагрузок и снижается максимум на 21% – до 4550 ppm. Показано, что выбросы сажи снижаются пропорционально увеличению доли содержания пальмового масла в топливе: при 10%-ной добавке – на 20-30% и при 20% – на 35-45%.

Полученные результаты во многом подтверждают аналогичные исследования на растительных

маслах с применением их в качестве топлива дизельных двигателей и не противоречат общей научной концепции в данной отрасли. Учитывая полученные экспериментальные данные, низкую стоимость и активно растущее производство пальмового масла, можно прогнозировать его использование в качестве топливной добавки для тракторных дизельных двигателей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Sanjid A., et al. Impact of palm, mustard, waste cooking oil and calophyllum inophyllum biofuels on performance and emission of CI engine. *Renewable and sustainable energy reviews*. 2013; 27: 664-682.
2. Loury M. Un nouveau carburant colonial possible. L'huile de palme methanolysée. *France Energet*. 1945; 11-012: 332.
3. О'Брайен Р. Жиры и масла. Производство, состав и свойства, применение. СПб.: Профессия, 2007. 752 с.
4. Чибанда Э.К., Славутский В.М., Курапин А.В., Шкумат Е.А.Э. К. и др. Анализ возможностей использования пальмового масла как возобновляемого энергоресурса в качестве топлива для дизелей. Волгоград: Волгоградский ГТУ. С. 51-56.
5. Mosarof M.H., Kalam M.A., H.H. Masjuki, et al. Implementation of Palm biodiesel based on economic aspects, performance, emission, and wear characteristic.

Energy conversion and Management. 2015; 105: 617-629.

6. Сапьян Ю.Н., Колос В.А., Кабакова В.Н. Проблемы использования оксигенатов как компонентов моторных топлив // Система технологий и машин для инновационного развития АПК России: Сб. науч. докл. Междунар. науч.-техн. конф. Ч. 2. – М.: ВИМ, 2013. – С. 144-148.
7. Савельев Г.С. Технологии и технические средства адаптации автотракторной техники к работе на альтернативных видах топлива. Дисс. ... доктора технических наук: 05.20.01. М.: ВИМ, 2010. 315 с.
8. Марков В.А., Девянин С.Н., Зыков С.А., Гайдар С.М. Биотоплива для двигателей внутреннего сгорания. М.: НИЦ «Инженер» (Союз НИО), 2016. 292 с.
9. Rashid M.M., et al. Performance and emission characteristics of a diesel engine fueled with palm, jatropha and moringa oil methyl ester. *Industrial crops and products*. 2016; 79: 70-75.

REFERENCES

1. Sanjid A., et al. Impact of palm, mustard, waste cooking oil and calophyllum inophyllum biofuels on performance and emission of CI engine. *Renewable and sustainable energy reviews*. 2013; 27: 664-682. (In English)
2. Loury M. Un nouveau carburant colonial possible. L'huile de palme methanolysée. *France Energet*. 1945; 11-12: 332. (In French)
3. O'Brayen R. Zhiry i masla. Proizvodstvo, sostav i svoystva, primeneniye [Fats and oils. Production, structure and properties, application]. St. Petersburg: Professiya, 2007: 752. (In Russian)
4. Chibanda E.K., Slavutskiy V.M., Kurapin A.V., Shkumat E.A.E. K., et al. Analiz vozmozhnostey ispol'zovaniya pal'movogo masla kak vozobnovlyаемого energoresursa v kachestve topliva dlya dizeley [Analysis of opportunities of use of palm oil as renewable energy resource as fuel for diesels]. Volgograd: Volgogradskiy GTU: 51-56. (In Russian)
5. Mosarof M.H., Kalam M.A., H.H. Masjuki, et al. Implementation of Palm biodiesel based on economic aspects, performance, emission, and wear characteristic. *Energy conversion and Management*. 2015; 105: 617-629. (In English)

6. Sap'yan Yu.N., Kolos V.A., Kabakova V.N. Problemy ispol'zovaniya oksigenatov kak komponentov motornykh topliv [Problems of use of oxygenates as components of motor fuels]. Sistema tekhnologiy i mashin dlya innovatsionnogo razvitiya APK Rossii: Sb. nauch. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Ch. 2. Moscow: VIM, 2013: 144-148 (In Russian).
7. Savel'ev G.S. Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva adaptatsii avtotraktornoy tekhniki k rabote na al'ternativnykh vidakh topliva [Technologies and technical means for automotive engineering adaptation to work using alternative fuels]. Diss. ... doktora tekhnicheskikh nauk: 05.20.01. M.: VIM, 2010: 315. (In Russian)
8. Markov V.A., Devyanin S.N., Zykov S.A., Gaydar S.M. Biopliva dlya dvigateley vnutrennego sgoraniya [Biofuels for internal-combustion engine]. Moscow: NITs «Inzhener» (Soyuz NIO), 2016: 292. (In Russian)
9. Rashid M.M., et al. Performance and emission characteristics of a diesel engine fueled with palm, jatropha and moringa oil methyl ester. *Industrial crops and products*. 2016; 79: 70-75. (In English)

Критерии авторства. Все авторы несут ответственность за представленные в статье сведения и плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution. The authors are responsible for information and plagiarism avoiding.

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



ПЕРЕЧЕНЬ СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В 2017 ГОДУ

1

Измайлов А.Ю., Хорт Д.О., Смирнов И.Г., Филиппов Р.А., Кутырев А.И.

Обоснование параметров робототехнического средства с опрыскивателем и модулем магнитно-импульсной обработки растений в садоводстве 3

Панасюк А.Н., Годжаев З.А., Канделя М.В., Липкань А.В., Ширияев В.М., Кузьмин В.А.

Особенности работы уборочной техники на слабонесущих грунтах в Дальневосточном регионе 11

Лобачевский Я.П., Старовойтов С.И., Гринь А.М.

Энергетические и технологические аспекты работы дискового рабочего органа 18

Савельев Ю.А., Добрынин Ю.М., Ишкин П.А.

Теоретическое исследование водного баланса почвы и процесса испарения почвенной влаги 23

Пономаренко И.Г., Новоженев И.А.

Влияние количества сканеров на качество обеспечения растений питательными элементами при их дифференцированном внесении 29

Ахмеджонов Д.Г.

Устройство для создания подпочвенного экрана 34

Голубкович А.В., Беленькая Л.И., Дадыко А.Н., Ловкис В.Б.

Опыт сжигания растительных отходов в топочном блоке ТБР-2,0 37

Чурюмов В.Ю.

Особенность работы сепаратора с гибким цилиндром для разделения зерновой смеси 42

2

Личман Г.И., Колесникова В.А., Марченко Н.М., Марченко А.Н.

Разработка алгоритма оценки точности систем позиционирования ГЛОНАСС/GPS при дифференцированном внесении удобрений 4

Годжаев З.А., Сапьян Ю.Н., Колос В.А., Горшков М.И.

Расход и потери горюче-смазочных материалов в мобильной сельскохозяйственной технике 9

Игамбердиев А.К.

Обоснование технологических и конструктивных параметров сошника 15

Серёгин А.А., Ламин В.А.

Экспериментальная оценка износа модернизированной приводной роликовой цепи 20

Крюков М.Л., Зернов В.Н., Калинин Г.А., Иванов М.В., Румянцев А.С., Кынев Д.Н.

Технология уборки и транспортировки семенного картофеля . . . 24

Тертышная Ю.В., Левина Н.С., Елизарова О.В.

Воздействие ультрафиолетового излучения на всхожесть и ростовые процессы семян пшеницы 31

Лачуга Ю.Ф., Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Мазитов Н.К.

Почвообрабатывающая техника: пути импортозамещения 37

Пунинский В.С.

Система машин для комплексной механизации мелиоративных работ 43

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 3

Смирнов И.Г., Марченко Л.А., Личман Г.И., Мочкова Т.В., Спиридонов А.Ю.

Беспилотные летательные аппараты для внесения пестицидов и удобрений в системе точного земледелия 10

Марченко Л.А., Личман Г.И., Смирнов И.Г., Мочкова Т.В., Колесникова В.А.

Дифференцированное внесение удобрений и пестицидов с использованием беспилотных летательных аппаратов 17

Лобачевский Я.П., Старовойтов С.И.

Расчет параметров вырезного почвообрабатывающего диска . 24

Хорт Д.О., Филиппов Р.А., Кутырёв А.И.

Моделирование и анализ конструкции технологического адаптера для магнитно-импульсной обработки растений в садоводстве 29

Фирсов А.С., Голубев В.В., Кудрявцев А.В., Сафонов М.А.

Испытания пневматического высевального аппарата для льна на базе блочно-модульного комбинированного адаптера 35

Бейлис В.М.

Оценка материально-технических ресурсов технологий производства сельскохозяйственных культур 39

Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Ценц Ю.С.

Программы подготовки магистров в системе научных учреждений 45



- 4**
- Голубкович А.В., Дадыко А.Н.**
Приближенная модель сушки влажной частицы 3
- Павлов С.А., Дадыко А.Н.**
Особенности сушки зерна при использовании топочных блоков на твердом топливе 9
- Юферев Л.Ю.**
Особенности работы однопроводных электросетей повышенной частоты 14
- Черников В.Г., Ростовцев Р.А.**
Определение параметра интенсивности отрыва коробочек льна при работе очесывающего устройства 20
- Кузьмин В.А., Федоткин Р.С., Крючков В.А.**
Искусственная нейронная сеть для обоснования параметров ходовых систем тракторов 24
- Руденко Н.Е., Носов И.А., Кайванов С.Д., Петухов Д.А.**
Ресурсосберегающий пропашной культиватор 31
- Лискин И.В., Миронов Д.А., Курбанов Р.К.**
Обоснование параметров искусственной почвенной среды для лабораторного исследования изнашивания лезвия 37
- Голубев В.В., Кудрявцев А.В., Фирсов А.С., Сафонов М.А.**
Методика проведения агротехнического полевого опыта 43
- 5**
- Горин Г.С., Годжаев З.А., Головач В.М., Кузьмин В.А.**
Динамика машинно-тракторных агрегатов: курсовая устойчивость с несимметрично присоединенным полунавесным плугом ... 3
- Кутырёв А.И., Хорт Д.О., Филиппов Р.А., Ценч Ю.С.**
Магнитно-импульсная обработка семян земляники садовой ... 9
- Личман Г.И., Личман А.А.**
Оценка влияния качества внесения удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур 16
- Мяленко В.И., Маринов Н.А.**
Пространственное динамометрирование рабочих органов почвообрабатывающих агрегатов 22
- Борисенко И.Б., Новиков А.Е., Садовников М.А.**
Основная обработка почв модернизированными чизельными орудиями 27
- Воронков И.В.**
Методика и аппаратно-программные средства для мониторинга состояния посевов 33
- Абдулгалимов М.М., Магомедов Ф.М., Сенькевич С.Е., Умаров Р.Д., Меликов И.М.**
Совершенствование технологии и средств механизации для борьбы с сорной растительностью 38
- Юферев Л.Ю., Довлатов И.М., Рудзик Э.С.**
Автоматизация процесса обеззараживания воздуха и освещения в сельскохозяйственных помещениях 43
- 6**
- Годжаев З.А., Измайлов А.Ю., Михолап Л.А.**
Условия безопасной эксплуатации и маневренности малотоннажного автопоезда при критических показателях движения ... 3
- Жалнин Э.В., Годжаев З.А., Флоренцев С.Н.**
Концептуальные принципы интеллектуальных сельскохозяйственных машин на примере зерноуборочного комбайна 9
- Левина Н.С., Тертышная Ю.В., Бидей И.А., Елизарова О.В.**
Содержание углеводов в клубнях топинамбура в процессе вегетации 17
- Лискин И.В., Миронов Д.А., Курбанов Р.К.**
Расположение лезвия накладного долота по отношению к направлению движения пахотного агрегата 22
- Ли А.**
Технологические основы уборки и средства очистки семян люцерны 28
- Арженовский А.Г.**
Методы определения энергетических и топливно-экономических показателей машинно-тракторных агрегатов ... 36
- Бижаев А.В., Симеон А.А.**
Применение пальмового масла в качестве присадки к топливу тракторных дизельных двигателей 41



29 января 2018 г. исполняется 150 лет
со дня рождения выдающегося
советского ученого,
Почетного члена АН СССР,
Заслуженного деятеля науки и техники
РСФСР,
заложившего
основы земледельческой механики,
Василия Прохоровича Горячкина

Василий Прохорович Горячкин родился в Москве 29 января 1868 г. В 1890 г. он окончил физико-математический факультет Московского императорского университета и Императорское техническое училище (МГТУ имени Н.Э. Баумана), в течение двух лет стажировался за границей, а с 1896 г. приступил к преподавательской деятельности в Московском сельскохозяйственном институте (РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева). Читал курсы «Учение о сельскохозяйственных машинах и орудиях» для агрономического и инженерного отделения и «Учение о двигателях» для инженерного отделения. В 1898 г. вышла его магистерская диссертация, посвященная исследованию рабочих поверхностей плужных корпусов.

В.П. Горячкин большое внимание уделял пропаганде знаний о сельскохозяйственной технике, написал целую серию научно-популярных статей и брошюр. Под его редакцией выпущена коллективная монография «Теория, конструкция и производство сельскохозяйственных машин», изданная в четырех томах.

По его инициативе в 1910 г. при Московском сельскохозяйственном институте были организованы курсы подготовки специалистов по сельскохозяйственным машинам.

Василий Прохорович разработал методику испытаний новой сельскохозяйственной техники. Он и его ученики создали более 30 оригинальных приборов и приспособлений, применяемых при испы-

таниях различных видов сельскохозяйственных машин.

В.П. Горячкин активно работал в Обществе содействия успехам опытных наук им. Х.С. Леденцова, возглавляя экспертную комиссию по сельскохозяйственным машинам, проявляя большой интерес к изобретателям, объединил их в сфере сельскохозяйственного машиностроения.

Благодаря заслугам В.П. Горячкина в 1929 г. в МСХИ выделился самостоятельный факультет земледельческой механики. Василий Прохорович стоял у истоков создания ведущих институтов – ВИСХОМ, ВИМ, их филиалов. При его участии в 1930 г. состоялось открытие Московского института механизации и электрификации сельского хозяйства (МИМЭСХ).

Усилиями В.П. Горячкина в земледельческой механике произошла революция – разработку новых конструкций сельскохозяйственных машин стали осуществлять на основе теории и строгих технических расчетов. Фундаментальные труды В.П. Горячкина и сегодня не потеряли своей актуальности. Светлая память о выдающемся ученом Василии Прохоровиче Горячкине живет не только в умах и сердцах, но и в трудах последователей его школы.

Директор ФНАЦ ВИМ
академик РАН

 А.Ю. Измайлов

ПОДПИСКА 2018

**КАК
подписаться
на журнал?**



ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!

Подписку на первое полугодие 2018 г. можно оформить
до 20 декабря включительно
в почтовых отделениях связи
по каталогу агентства «РОСПЕЧАТЬ»
Подписной индекс **35825**

ЖУРНАЛ

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

Редакция журнала:

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

E-mail: smit@vim.ru