



ISSN 2073-7599

Сельскохозяйственные МАШИНЫ и ТЕХНОЛОГИИ

№ 4 2016

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ И ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЖУРНАЛ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

ОСЦИЛЛИРУЮЩАЯ СУШКА ЗЕРНА





***30 августа 2016 года
исполнилось 80 лет
Елизарову Вадиму Петровичу,
Заслуженному работнику
сельского хозяйства,
Почетному работнику АПК России
доктору технических наук,
профессору,
заместителю директора ВИМ***

Уважаемый Вадим Петрович!

От всей души сердечно поздравляем Вас с Юбилеем!

Научную деятельность во Всероссийском научно-исследовательском институте механизации сельского хозяйства (ВИМ) Вы начали в 1961 году. С тех пор вся Ваша творческая жизнь тесно связана с нашим институтом. В общей сложности Вы посвятили ему более 55 лет.

Начиная с 1986 года и по настоящее время Вы – заместитель директора ВИМ. Результатом научных разработок в области автоматизации, создания системы управления семяобработывающих предприятий и послеуборочной обработки зерна стала защита кандидатской (1969 г.), а затем и докторской (1986 г.) диссертации.

Вы, Вадим Петрович, – известный ученый в области механизации сельскохозяйственного производства. Ваши исследования и разработки приобрели широкую известность и заслуженное признание в научном мире.

Под Вашим руководством разработаны научные основы обеспечения устойчивости и адаптивности механизированных и автоматизированных средств производства зерновых культур. Результаты Ваших теоретических и экспериментальных исследований воплощены в новых разработках, патентах и научных трудах по вопросам внедрения в сельскохозяйственное производство технологий и технических средств.

Вы опубликовали более 200 научных работ, получили 30 патентов Российской Федерации.

Вы внесли существенный вклад в разработку «Системы инновационных машинных технологий и техники нового поколения для производства основных видов сельскохозяйственных культур» и методики комплексной оценки эффективности этой системы.

За многолетний и добросовестный труд Вы награждены медалями, почетными грамотами Министерства сельского хозяйства Российской Федерации и Россельхозакадемии.

В этот знаменательный день, разрешите пожелать Вам, Вадим Петрович, крепкого здоровья, неиссякаемого оптимизма и жизнерадостности, успехов в дальнейшей творческой деятельности, новых достижений!

Коллектив ВИМ



Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства» Российской академии наук

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ
И ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЖУРНАЛ

Журнал зарегистрирован Федеральной службой
по надзору за соблюдением законодательства
в сфере массовых коммуникаций и охране
культурного наследия

Свидетельство ПИ № ФС77-27860
от 12 апреля 2007 г.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

В.А. Колесникова,

канд. техн. наук, Заслуженный
работник сельского хозяйства РФ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ:

В.В. Альт, член-корр. РАН,
СибФТИ, Новосибирск

А.А. Ежевский, почетный академик
РАСХН, ГОСНИТИ, Москва

М.Н. Ерохин, академик РАН,
РГАУ-МСХА, Москва

Ю.А. Иванов, член-корр. РАН,
ВНИИМЖ, Москва

А.Ю. Измайлов, академик РАН,
ВИМ, Москва

И.М. Куликов, академик РАН,
ВСТИСП, Москва

Ю.Ф. Лачуга, академик РАН,
Москва

Э.И. Липкович, академик РАН,
АЧИИ ДГАУ, зерноград

Я.П. Лобачевский, д.т.н., проф.,
ВИМ, Москва

В.Д. Попов, академик РАН,
ИАЭП, Санкт-Петербург

Б.А. Рунов, академик РАН,
ЦНСХБ, Москва

Д.С. Стребков, академик РАН,
ВИЭСХ, Москва

ИНОСТРАННЫЕ ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:

В.И. Кравчук, член-корр. НААН
Украины, Киев

Ж.С. Садыков, д.т.н., проф.,
НИИ АИПИИТ, КазНАУ,

Казахстан, Алматы

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

НАД НОМЕРОМ РАБОТАЛИ:

В.В. Бижаев

С.В. Гришуткина

Р.М. Нурбагандова

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

109428, Москва,

1-й Институтский проезд, 5

Телефоны: (499) 174-88-11

(499) 174-89-01

E-mail: smit@vim.ru

Сельскохозяйственные МАШИНЫ и ТЕХНОЛОГИИ

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

СОДЕРЖАНИЕ

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

**Лобачевский Я.П., Лискин И.В., Сидоров С.А., Миронов Д.А.,
Курбанов Р.К.**

Разработка и технология изготовления почвообрабатывающих
рабочих органов 3

Шевцов В.Г., Годжаев З.А., Лавров А.В., Зубина В.А.

Методика определения оптимального количественно-возрастного
состава тракторного парка 9

Альт В.В., Ольшевский С.Н.

Информационные модели сельскохозяйственных объектов 15

Чепурин Г.Е., Иванов Н.М.

Обоснование разработки технологического паспорта
зерноуборочных комбайнов 25

Павлов С.А., Пехальский И.А., Марин Р.А.

Экспериментальные исследования массопереноса в зерновке
при осциллирующей сушке зерна 32

ХИМИЗАЦИЯ

Уваров В.П., Левшин А.Г., Майстренко Н.А.

Оптимальное соотношение основных механизированных работ
при прямом внесении удобрений 38

ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ

Зоря М.В.

Динамика движения рабочего органа для образования
борозды в грунте 44

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



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

SCIENTIFIC-PRODUCTION AND
INFORMATION JOURNAL

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

Certificate ПИ № ФЦ77-27860
from April, 12th, 2007

EDITOR-IN-CHIEF
Kolesnikova V.A.

EDITORIAL BOARD:

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

EDITORIAL BOARD
FOREIGN MEMBERS:

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

THEY WORKED
WITH JOURNAL ISSUE:
Bizhaev V.V.
Grishutkina S.V.
Nurbagandova R.M.

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

Printed by FSBSI VIM
Russian Academy of Science

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

The format is 205 × 290 mm
Passed for printing 15.07.2016
The circulation is 500 copies

[SEL'SKOKHOZYAYSTVENNYE MASHINY I TEKHNologii]

CONTENTS

NEW TECHNICS AND TECHNOLOGIES

Ya.P. Lobachevskiy, I.V. Liskin, S.A. Sidorov, D.A. Mironov, R.K. Kurbanov
Working out and production technique of soil cultivating working tools . 3

V.G. Shevtsov, Z.A. Godzhaev, A.V. Lavrov, V.A. Zubina
Technique of definition of optimum quantitative and age structure
of tractor fleet 9

V.V. Alt, S.N. Olshevsky
Information models of agricultural objects 15

G.E. Chepurin, N.M. Ivanov
Justification of working out of combine harvesters technological
certificate 25

S.A. Pavlov, I.A. Pekhal'skiy, R.A. Marin
Experimental studies of mass transfer in caryopsis at grain
oscillating drying 32

CHEMICALIZATION

V.P. Uvarov, A.G. Levshin, N.A. Maystrenko
Optimum ratio of main mechanized operations for directflow
fertilizers introduction 38

FOREING EXPERIENCE

M.V. Zoria
Movement dynamics of working tool for subsoil furrow formation . . . 44

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

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

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

УДК 631.312.312.024

РАЗРАБОТКА И ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

Лобачевский Я.П., докт. техн. наук, профессор;
Лискин И.В.;
Сидоров С.А., докт. техн. наук;

Миронов Д.А.*;
Курбанов Р.К., канд. техн. наук

Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 1-й Институтский проезд, 5, 109428, Москва, Российская Федерация, *e-mail: mironov-denis87@mail.ru

Плужные лемехи составных конструкций все чаще приходят на смену цельным долотообразным. Во Всероссийском научно-исследовательском институте механизации сельского хозяйства освоили производство лемехов с накладным выдвигающимся долотом. В качестве основного материала использовали кремне-марганцовистую хромистую сталь, имеющую в термообработанном состоянии предел прочности более 1580 МПа. Ресурс и надежность лемеха повышены вследствие увеличения числа крепежных отверстий для долота с 2 до 4. Долото можно выдвигать вперед по мере износа, переставляя болты с верхних на нижние отверстия в носке. Криволинейная поверхность лицевой части лемеха снижает угол резания в направлении от полевого к бороздному обрезу. Спроектировали и создали специальный штамп, матрица и пуансон которого имели поверхности заданной кривизны. Нагретую до температуры 900-920 градусов Цельсия деталь укладывали на матрицу, а пуансон прижимали с помощью гидравлического пресса. Лезвия на остове лемеха и долота упрочняли наплавкой твердым сплавом. Провели цикл полевых испытаний в почвенно-климатических условиях, наиболее характерных для центральных регионов Российской Федерации. Результаты испытаний показали, что на почвах, наиболее благоприятных для вспашки, где твердость почвы не превышала 2,5-3 МПа и количество каменных включений было минимальным, ресурс опытных лемехов в 2,5-2,8 раза превысил ресурс серийных и составил 80-110 га на лемех. На тяжелых глинистых и суглинистых почвах, твердостью до 4 МПа и выше, ресурс опытных лемехов достигал 25-33 га на лемех, что также выше серийных в 2,7-3,2 раза, ресурс которых не превышал 12-18 га. Провели испытания и на почвах с большим содержанием кварцевых частиц и каменных включений, где основной причиной отказов стали поломки и деформация лемехов. Средняя наработка у опытных образцов составила 8-10 га на лемех, у серийных – не превышала 2,5 га. Испытания показали значительное превосходство лемехов с накладным долотом как по ресурсу, так и по надежности.

Ключевые слова: лемех, долото, ресурс, упрочнение наплавкой, твердость почвы, износ лемеха.

■ **Для цитирования:** 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. N4. С. 3-8.

WORKING OUT AND PRODUCTION TECHNIQUE OF SOIL CULTIVATING WORKING TOOLS

Ya.P. Lobachevskiy, Dr. Sci. (Eng.), Professor;
I.V. Liskin;
S.A. Sidorov, Dr. Sci. (Eng.);

D.A. Mironov*;
R.K. Kurbanov, Cand. Sci. (Eng.)

All-Russia Research Institute of Mechanization for Agriculture, 1st Institutskiy proezd, 5, Moscow, 109428, Russian Federation, *e-mail: mironov-denis87@mail.ru

Plow ploughshares of compound designs even more often appear to replace integral wedge-shaped ones. At the All-Russian research institute of mechanization of agriculture ploughshares with the bolt-on moving-forward tine are produced. The main material was the silicon manganic chromic steel. In the heat-treated state its ultimate resistance is more than 1580 MPa. A resource and reliability of a ploughshare are raised owing to increase in number of fixation holes for a tine from 2 to 4. The tine can be pushed forward in process of wear by bolts replacing with top on the lower holes in a tip. The curvilinear surface of front part of a ploughshare reduces a cutting angle in the direction from field to a furrow wall. A special stamp was designed and created. Its matrix and hob had surfaces of the set curvature. The detail heated to

temperature of 900-920 degrees Celsius was stacked on a matrix, and the hob was pressed by means of a hydraulic press. Blades on a ploughshare body and on a tine were strengthened by hard alloy metal surfacing. The authors carried out a cycle of field tests in soil climatic conditions, the most characteristic for the central regions of the Russian Federation. Results of tests showed that on the soils optimum for plowing where the hardness of the soil did not exceed 2.5-3 MPa and the number of stony inclusions was minimum, the resource of test ploughshares by 2.5-2.8 times exceeded a resource of commercial ones and made 80-110 ha per a unit. On heavy clay and loamy soils, with the hardness up to 4 MPa and above, the resource of test ploughshares reached 25-33 ha per a unit that also above commercial ones by 2.7-3.2 times which resource did not exceed 12-18 ha. On soils with quartz particles high content and stony inclusions breakages and deformation of ploughshares became the main reason for nonoperations. The mean life of an engineering prototypes made 8-10 ha per a ploughshare, at the commercial ones did not exceed 2.5 ha. Tests showed significant superiority of ploughshares with a bolt-on tine both on a resource, and on reliability.

Keywords: Ploughshare; Tine; Resource; Surface hardening; Soil hardness; Ploughshare wear.

■ **For citation:** 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'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2016; 4: 3-8. (In Russian)

ВИМ созданы и изготовлены опытные лемехи с накладным долотом, которые значительно превосходят серийно выпускаемые цельные долотообразные орудия типа П-702 по ресурсным показателям, надежности и качеству обработки почвы.

Лемехи цельной конструкции имеют преимущества по тяговым характеристикам (тяговое сопротивление цельных долотообразных лемехов на 5-10% ниже, чем лемехов, например, с накладным долотом), однако по ресурсу и долговечности они уступают в 2-4 и более раз [1-4]. Особенно их эксплуатационные качества, и в первую очередь прочность, минимальны на тяжелых почвах, а также на почвах с каменистыми включениями [5, 6].

Цель исследования – анализ результатов полевых испытаний опытных лемехов в почвенно-климатических условиях, отражающих основные пахотно-посевные зоны центральных регионов Российской Федерации.

Материалы и методы. Для изготовления опытных лемехов в качестве основного материала использовали кремне-марганцовистую хромистую сталь, применяемую в промышленном производстве, имеющую в термообработанном состоянии предел прочности более 1580 МПа. Форма остова лемеха в плане представляла собой косую трапецию, где лезвие режущей части по отношению к спинке располагалось под углом f (рис. 1), который обеспечивал сужение лезвия лемеха по ширине от полевого к бороздному обрезу, то есть от носка к пятке.

Предварительные испытания показали, что принятая величина угла α не влияла на устойчивость хода плуга по глубине [7].

Такая конструкция позволяет увеличить заглубляющую способность на носке и снизить тяговое сопротивление на пятке. При этом для увеличения прочности носка как наиболее нагруженного элемента в зоне полевого обреза устанавливали на-

кладное долото, прикрепленное двумя болтами на носовой части.

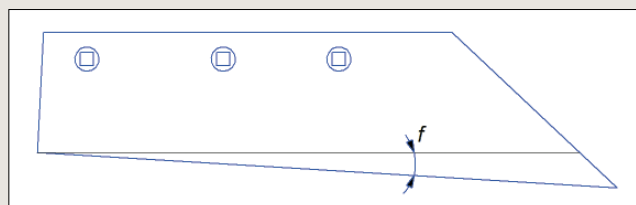


Рис. 1. Трапецевидный лемех с лезвием переменной ширины, уменьшающейся от носка к пятке

Fig. 1. Trapezoid ploughshare with a blade of alternating width decreasing from a tin to a butt

Увеличение ресурса и прочности лемеха достигнуто двумя основными путями. Во-первых, решили сделать на носке не два крепежных отверстия для установки долота, как обычно, а четыре, чтобы по мере износа долота его можно было выдвинуть вперед, переставляя болты с верхних на нижние отверстия в носке [8] (рис. 2).

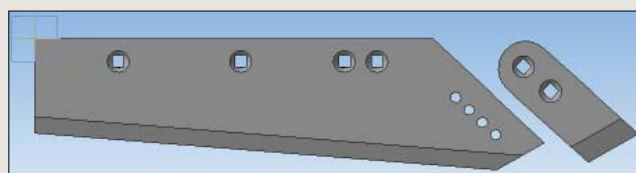


Рис. 2. Остов опытного лемеха и долота

Fig. 2. Body of test ploughshare and tine

Тем самым увеличится вылет долота, и ресурсный потенциал лемеха возрастает вследствие восстановления заглубляющей способности. В случае поломки долота его можно быстро заменить, не снимая лемех с корпуса плуга. Во-вторых, достигнута оптимальная геометрия режущей части путем создания криволинейной поверхности лицевой стороны остова лемеха, имеющей эвольвентную форму, которая проходит в направлении от первого

крепежного отверстия до бороздного обреза [9]. При установке такого лемеха на башмак корпуса плуга угол наклона режущей части лезвия ко дну борозды (угол резания) плавно меняется от 43° в сечении, перпендикулярном спинке и проходящем через первое крепежное отверстие, до 23° в сечении, также перпендикулярном спинке и расположенном в точке пересечения бороздного обреза и спинки. Такое расположение лезвия обеспечивает оптимальную заглубляющую способность лемеха в носовой, наиболее нагруженной части, и минимальное тяговое сопротивление на остоле и пятке в результате достигнуто максимально возможное использование заложенного в лемехе технического ресурса, определяемого шириной лемеха, при которой начинают обнажаться болты крепления с башмаком. Углы резания, увеличенные в носовой части и минимальный на пятке, способствуют устойчивому заглублению плужного корпуса, длительному поддержанию необходимой остроты лезвия и снижению энергозатрат при пахоте.

Для сравнения, серийный лемех П-702 имеет постоянный угол резания по всей длине лемеха, равный $36-39^\circ$ [10]. При такой постановке угла резания в серийном лемехе происходит ускоренный износ носка лемеха, поэтому лемех выбраковывают ранее срока технического ресурса, установленного для него на производстве.

Изготовление опытного лемеха с накладным долотом заключалось в следующем. Заготовки остола лемеха и долота вырезали из стального листа толщиной 12 мм с помощью лазерной установки [11]. Лазер обеспечивает большую точность в размерах и более высокое качество заготовки по сравнению с традиционной рубкой на гильотинных ножницах. При лазерной резке не образуются заусенцы, сколы, неровности и поводки по периметру заготовок, полный процесс изготовления проходит в один цикл. Далее в заготовках делали необходимые отверстия, затачивали лезвия, осуществляли операцию гибки в штампе, наплавку и подвергали их термообработке до 45-50 HRC.

Для получения необходимой кривизны лицевой стороны остола лемеха был спроектирован и создан специальный штамп, матрица и пуансон которого имеют поверхности заданных параметров кривизны. Нагретую до температуры $900-920^\circ\text{C}$ деталь устанавливали на матрицу, а пуансон прижимали с помощью гидравлического пресса (рис. 3).

Для повышения износостойкости и прочности режущей части на тыльную сторону лезвия нанесен слой твердого сплава шириной 20-25 мм и толщиной 2,5-3 мм.

Наплавку проводили как на остоле лемеха, так и на долоте с применением высокоскоростной плаз-



Рис. 3. Штамповка лемеха: а – положение перед работой; б – момент прижатия пуансона к матрице с заготовкой лемеха: 1 – пуансон; 2 – матрица; 3 – лемех

Fig. 3. Ploughshare press forming: a – preoperating stage; b – Moment of pressing of a hob to a matrix with a ploughshare blank: 1 – hob; 2 – matrix; 3 – ploughshare



Рис. 4. Вид лемеха с тыльной стороны (наплавка выделена черным цветом)

Fig. 4. Back ploughshare view (welding deposition is highlighted in black)



Рис. 5. Плазменно-порошковая наплавка лемеха

Fig. 5. Plasma-powder surfacing of ploughshare

менно-порошковой установки [12] (рис. 4, 5). Для наплавки использовали высокопрочные порошки на никелевой основе [13].

Полевые испытания опытных лемехов с накладным долотом проводили в хозяйствах Тульской области (Щекинский район, село Крапивна, СПК «Крапивенский»), Владимирской области (Петушинский район, поселок Нагорный, Владимирская МИС), Московской области (Сергиево-Посадский район, деревня Кузьмино, СПАК Кузьминский). В целом были охвачены наиболее характерные почвенные условия центральных районов Российской Федерации. Контрольным вариантом служил серийно выпускаемый лемех П-702 с наплавкой лезвия. Характеристика почвенных показателей и результаты полевых испытаний представлены в таблице и на рисунке 6.

Результаты и обсуждение. Результаты полевых испытаний показали, что на почве, наиболее бла-

Table			Таблица		
РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ ОПЫТНЫХ ЛЕМЕХОВ С НАКЛАДНЫМ ДОЛОТОМ КОНСТРУКЦИИ ВИМ И СЕРИЙНЫХ П-702 RESULTS OF FIELD TESTS OF SKILLED PLOUGHSHARES WITH BOLT-ON TINE DESIGNED VIM AND S COMMERCIAL ONES P-702					
Варианты лемеха Ploughshare variants	Средняя наработка на лемех, га Ploughshare mean life, ha	Выбраковка по предельному износу или в связи с выглублением плуга, % Rejection because of limit wear or out of plow, %	Выбраковка по поломкам и деформациям, % Rejection because of breakages and deformations, %	Нарботка до предельного износа долота, га Limit wear life of a tine, ha	Нарботка до предельного износа остова, га Limit wear life of a body, ha
Тульская область, Щекинский район, с. Крапивна, СПК «Крапивенский», тип почвы – средний суглинок, твердость почвы Н = 2,5-3,2 МПа Tula region, soil hardness Н=2.5-3.2 МПа					
ВИМ VIM	95,3	81	0	48	100
П-702 P-702	35,1	72	28	-	-
Владимирская область, Петушинский район, поселок Нагорный, ФГБУ Владимирская МИС, тип почвы – средний и тяжелый суглинок, твердость почвы Н = 3,5-5,2 МПа Vladimir region, soil hardness Н=3.5-5.2 МПа					
ВИМ VIM	28,4	81*	29	13,1	29,8
П-702 P-702	9,7	60	40	-	-
Московская область, тип почвы – легкий и средний суглинок, с каменистыми включениями, твердость почвы Н = 3,9-5 МПа Moscow region, soil hardness Н=3.9-5.0 МПа					
ВИМ VIM	9,1	40	60	5,2	9,2
П-702 P-702	1,8	-	100	-	-
* часть лемехов не достигла предельного состояния * some ploughshares were not limit-state					

гоприятной для вспашки, где ее твердость не превышает 2,5-3 МПа и количество каменистых включений минимально или отсутствует (при испытаниях не обнаружено), ресурс опытных лемехов превысил ресурс серийных в 2,5-2,8 раза (данные по Тульской области) и составил 80-110 га на лемех [14].

На тяжелых почвах – глинистых и тяжелосуглинистых – твердостью до 4 МПа и выше (данные Владимирской МИС) разница в ресурсе лемехов составила 2,7-3,2 раза; при этом наработка у опытных лемехов достигала 22-27 га/лемех, серийных – не превышала 9,7 га/лемех. Следует отметить, что опыт-



Рис. 6. Вид лемехов при пахоте тяжелосуглинистых почв (Владимирская МИС):

а – серийный лемех, выбракованный в связи с затуплением носка и лезвия, из-за выглубления плуга; б – характерный износ носка серийного лемеха; с – опытный лемех с накладным долотом после наработки 27 га, работоспособен

Fig. 6. Ploughshares view at hard loamy soil plowing (Vladimir test station):

а – production ploughshare discarded because of plow tip and blade blunting, out of plow; б – characteristic wear of a production plow tip; с – test ploughshare with bolt-on tine after 27 ha mean life, operative

ные лемехи теряли работоспособность в основном из-за предельного износа режущей части долота, тогда как основа лемеха оставалась в работоспособном состоянии. Реже выбраковку проводили вследствие затупления лезвия остова и долота, что становилось причиной выглубления плуга. Благодаря выдвиганию долота наработка возрастала еще на 15-20%. Большинство серийных лемехов выходило из строя по поломкам и изгибам в носовой части (до 40%) и предельному износу носка (37%).

Проводились также испытания на почвах с большим содержанием кварцевых частиц и каменистых включений в северной части Московской области. Изнашивающая способность таких почв наиболее значительная [15-17].

Средняя наработка опытных лемехов составила здесь не более 8-10 га на лемех, наработка серийных не превышала 2,5 га. Опытные лемехи теряли работоспособность в основном из-за изгиба носка остова вместе с долотом в зоне полевого обреза (более 60% отказов) и вследствие предельного износа долота и затупления остова лемеха (около 40%). У серий-



ных лемехов все отказы происходили из-за поломок и деформаций. Анализ работы опытных и серийных лемехов в различных почвенных условиях выявил значительное превосходство лемехов с накладным долотом как по ресурсу, так и по надежности.

Выводы

1. Установлено, что составные лемеха приобретают все большую популярность в развитии почвообрабатывающей техники по сравнению с цельными лемехами.

2. Опытные лемехи конструкции ВИМ с накладным долотом превосходят серийно выпускаемые П702 во всех основных почвенных зонах централь-

ной части Российской Федерации в 2,5-5,5 раза.

3. Конструкция опытного лемеха с криволинейной поверхностью эвольвентной формы позволяет оптимально распределить тяговые характеристики и интенсивность изнашивания лемеха в процессе вспашки.

4. Смещение долота вниз по мере его изнашивания дает возможность увеличить ресурс лемеха не менее чем на 15-20%.

5. Быстрая замена изношенного или поломанного долота при работоспособном остове позволяет еще увеличить ресурс и достигнуть более полного использования ресурса износа металла, заложенного в конструкцию лемеха.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. EUROZAPPA catalogo generale, 2011: 324.
2. 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 машины, технологии и техника для реализации государственной программы развития сельского хозяйства: Сборник докладов Международной научно-технической конференции Москва, 15-16 сентября 2015. Ч. 1. М.: ВИМ, 2015. С. 80-85.
3. Миронов Д.А., Лискин И.В., Сидоров С.А. Влияние геометрических параметров долота на тяговые характеристики и ресурс лемехов отечественных плугов // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2015. №6. С. 25-28.
4. Сизов О.А., Беликова Р.Р., Миронов Д.А., Миронова А.В. Экспериментальное исследование сил, действующих на режущие элементы плоского ножа при резании // Интеллектуальные машины, технологии и техника для реализации государственной программы развития сельского хозяйства: Сборник докладов Международной научно-технической конференции, Москва, 15-16 сентября 2015. Ч. 1. М.: ВИМ, 2015. С. 194-198.
5. Лобачевский Я.П., Колчина Л.М. Современное состояние и тенденции развития почвообрабатывающих машин. М.: Росинформагротех, 2005. 116 с.
6. Лискин И.В., Миронов Д.А. Влияние почвенных условий на износ рабочих органов // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2013. №5. С. 29-31.
7. Пат. N 2040868 РФ. Лемех / Лискин И.В., Бернштейн Д.Б. // Бюл. 1995. N24.
8. Синекоков Г.Н. Проектирование почвообрабатывающих машин. М.: Машиностроение, 1965. 311 с.
9. Алберг Дж., Нильсон Э., Уолш Дж. Теория сплайнов и ее приложения: Пер. с англ. М.: Наука, 1971. 282 с.
10. 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 докладов Международной научно-технической конференции М.: ВИМ, 2014. С. 101-104.
11. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Сидоров С.А., Хорошенков В.К., Лужнова Е.С., Миронов Д.А., Зайцев А.И., Родионова И.Г., Павлов А.А., Амежнов А.В. Использование биметаллических сталей для повышения ресурса рабочих органов сельскохозяйственных машин // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2013. №2. С. 80-81.
12. Сидоров С.А., Миронов Д.А. Обоснование повышения эксплуатационно-ресурсных характеристик лемехов плугов // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2013. №6. С. 14-17.
13. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Сидоров С.А., Хорошенков В.К., Миронов Д.А., Родионова И.Г., Кузнецов П.А., Голосиенко С.А., Бобкова Т.И., Деев А.А., Чернобаев С.П., Пичужкин С.А., Рябов В.В., Кудрявцева И.В., Юрков М.А. К вопросу применения новых наноматериалов для рабочих органов почвообрабатывающих машин // Модернизация сельскохозяйственного производства на базе инновационных машинных технологий и автоматизированных систем: Сборник докладов XII Международной научно-технической конференции, Углич, 10-12 сентября 2012 г. Ч. 1, 2. М.: ВИМ, 2012. С. 229-234.
14. Flenniken J. I., Hefner R. E., Weber J. A. Dynamik Soil Strength Parameters from Unconfined Compression Tests // Transaction of the ASAE; 1977, Vol. 20; 1: 21-25, 29.
15. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Сизов О.А., Волобуев В.А. Технологии и технические средства для восстановления неиспользуемых и деградированных сельхозугодий // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2009. №4. С. 17-21.
16. Измайлов А.Ю., Сидоров С.А., Лобачевский Я.П., Хорошенков В.К. Научные принципы повышения износостойкости рабочих органов почвообрабатывающей техники // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2012. №3. С. 29-31.
17. Лобачевский Я.П. Новые почвообрабатывающие технологии и технические средства // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2000. №8. С. 30-32.

REFERENCES

1. EUROZAPPA catalogo generale, 2011: 324. (In Italian)
2. Liskin I.V., Mironov D.A., Sidorov S.A., Ternovskiy A.A., Vereshchaga I.N. About features of work and wear of plow ploughshares with bolt-on tine. *Intellectual'nye mashiny, tekhnologii i tekhnika dlya realizatsii gosudarstvennoy programmy razvitiya sel'skogo khozyaystva: Sbornik dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, Moskva, 15-16 sentyabrya 2015 g.* [Intelligent machine technologies and equipment for realization of state program of agriculture development: Proceedings of the International scientific and technical conference, Moscow, 15-16 september 2015]. Vol. 1. Moscow: VIM, 2015: 80-85. (In Russian)
3. Mironov D.A., Liskin I.V., Sidorov S.A. Influence of geometrical parameters of chisel on traction characteristics and resource of domestic ploughshares. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii.* 2015; 6: 25-28. (In Russian)
4. Sizov O.A., Belikova R.R., Mironov D.A., Mironova A.V. Eksperimental'noe issledovanie sil, deystviyushchikh na rezhushchie elementy ploskogo nozha pri rezanii [Pilot study of flat knife cutting elements forces when cutting]. *Intellectual'nye mashiny, tekhnologii i tekhnika dlya realizatsii gosudarstvennoy programmy razvitiya sel'skogo khozyaystva: Sbornik dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, Moskva, 15-16 sentyabrya 2015 g.* [Intelligent machine technologies and equipment for realization of state program of agriculture development: Proceedings of the International scientific and technical conference, Moscow, 15-16 september 2015]. Vol. 1. Moscow: VIM, 2015: 194-198. (In Russian)
5. Lobachevskiy Ya.P., Kolchina L.M. Sovremennoe sostoyaniye i tendentsii razvitiya pochvoobrabatyvayushchikh mashin [Current state and tendencies of soil-cultivating machines development]. Moscow: Rosinformagrotekh, 2005: 116. (In Russian)
6. Liskin I. V., Mironov D.A. Influence of soil conditions on wear of working tools. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii.* 2013; 5: 29-31. (In Russian)
7. Pat. No. 2040868 RF. Lemekh [Ploughshare]. Liskin I.V., Bernshteyn D.B. Byul. 1995; 24. (In Russian)
8. Sinekov G.N. Proektirovaniye pochvoobrabatyvayushchikh mashin [Design of soil-cultivating machines]. Moscow: Mashinostroeniye, 1965: 311. (In Russian)
9. Ahlberg J.H., Nilson E.N., Walsh J.L. Teoriya splaynov i ee prilozheniya [The Theory of Splines and Their Applications]. Moscow: Nauka, 1971: 282. (In Russian)
10. Liskin I.V., Mironov D.A., Sidorov S.A., Potkin S.N., Eremin P.A. Obosnovaniye i razrabotka novogo pluzhnogo lemekha konstruktssii VIM [Justification and working out of new ploughshare odesigned VIM]. *Innovatsionnoye razvitiye APK Rossii na baze intellektual'nykh mashinnykh tekhnologii:* Sbornik nauchnykh dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, Moskva, 17-18 sentyabrya 2014 g. [Innovative development of AIC of Russia on basis of intellectual machine technologies: Proceedings of the International scientific and technical conference, Moscow, 17-18 september 2014]. Moscow: VIM, 2014: 101-104. (In Russian)
11. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Sidorov S.A., Khoroshenkov V.K., Luzhnova E.S., Mironov D.A., Zaytsev A.I., Rodionova I.G., Pavlov A.A., Amezhnov A.V. Ispol'zovaniye bimetallicheskiy staley dlya povysheniya resursa rabochikh organov sel'skokhozyaystvennykh mashin [Bimetallic steels use for increase of a resource of working tools of agricultural machines]. *Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk.* 2013; 2: 80-81. (In Russian)
12. Sidorov S.A., Mironov D.A. Justification of increase of ploughshares operational and resource characteristics. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii.* 2013; 6: 14-17. (In Russian)
13. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Sidorov S.A., Khoroshenkov V.K., Mironov D.A., Rodionova I.G., Kuznetsov P.A., Golosienko S.A., Bobkova T.I., Deev A.A., Chernobaev S.P., Pechushkin S.A., Ryabov V.V., Kudryavtseva I.V., Yurkov M.A. K voprosu primeneniya novykh nanomaterialov dlya rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh mashin [Use of new nanomaterials for cultivating machines working elements revisited]. *Modernizatsiya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva na baze innovatsionnykh mashinnykh tekhnologii i avtomatizirovannykh sistem: Sbornik dokladov XII Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, Uglich, 10-12 sentyabrya 2012 g.* [Modernization of agricultural production on basis of innovative machine technologies and automated systems: Proceedings of the International scientific and technical conference, Uglich, 11-12 september 2012]. Moscow: VIM, 2012: 229-234. (In Russian)
14. Flenniken J. I., Hefner R. E., Weber J. A. Dynamik Soil Strength Parameters from Unconfined Compression Tests. *Transaction of the ASAE*; 1977, Vol. 20; 1: 21-25, 29. (In English)
15. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Sizov O.A., Volobuev V.A. Technologies and technical means for restoration of not used and degraded farmland. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii.* 2009; 4: 17-21. (In Russian)
16. Izmaylov A.Yu., Sidorov S.A., Lobachevskiy Ya.P., Khoroshenkov V.K. Scientific principles of increasing the wear resistance of tillage working tools. *Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk.* 2012; 3: 29-31. (In Russian)
17. Lobachevskiy Ya.P. Modern tillage technologiys and technicks. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva.* 2000; 8: 30-32. (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 631.37

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВЕННО-ВОЗРАСТНОГО СОСТАВА ТРАКТОРНОГО ПАРКА

Шевцов В.Г.*, канд. техн. наук;
Годжаев З.А., докт. техн. наук;

Лавров А.В., канд. техн. наук;
Зубина В.А.

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

Для самовосстановления в годовом цикле работ таких ресурсов, как парк тракторов, пашня и трудовой потенциал, необходимо определить оптимальный количественно-возрастной состав тракторного парка. Если сельхозпредприятия закупают тракторов меньше, чем списывают, то их общее количество в парке сокращается. К тому же используют технику, срок амортизации которой давно истек. Решение этой проблемы возможно при методологическом подходе. Показали, что минимизация совокупных затрат связана с уменьшением количества тракторов, работающих сверх срока амортизации, поскольку эксплуатация такой техники сопряжена с дополнительными расходами и потерей урожая. Кроме того, возрастает значение упущенной выгоды в результате потерь от выбытия производственных ресурсов, сокращения общей численности тракторного парка, площади пашни, недобора урожая, нарушения агросроков и севооборотов. Разработали методику определения оптимального количественно-возрастного состава тракторного парка. Установили влияние основных ресурсов механизированного сельскохозяйственного производства на стоимость продукции. Выявили, что критерием оптимизации является минимум совокупных затрат. Оценили сумму перерасхода денежных средств на использование тракторов, работающих сверх срока амортизации, и упущенную выгоду. Определили оптимальный количественно-возрастной состав тракторного парка в количестве 310,3 тыс. тракторов не старше 18 лет.

Ключевые слова: тракторный парк, количественно-возрастной состав, срок амортизации, оптимизация, упущенная выгода.

■ **Для цитирования:** Шевцов В.Г., Годжаев З.А., Лавров А.В., Зубина В.А. Методика определения оптимального количественно-возрастного состава тракторного парка // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. N4. С. 9-14.

TECHNIQUE OF DEFINITION OF OPTIMUM QUANTITATIVE AND AGE STRUCTURE OF TRACTOR FLEET

V.G. Shevtsov*, Cand. Sci. (Eng.);
Z.A. Godzhaev, Dr. Sci. (Eng.);

A.V. Lavrov, Cand. Sci. (Eng.);
V.A. Zubina

All-Russia Research Institute of Mechanization for Agriculture, 1st Institutskiy proezd, 5, Moscow, 109428, Russian Federation, *e-mail: vlshev@mail.ru

For self-restoration in an annual cycle of works of such resources as tractor fleet, an arable land and labor potential, it is necessary to define optimum quantitative and age structure of tractor fleet. If agricultural enterprises buy tractors less, than write off, their total fleet is reduced. Besides they use machines, which depreciation period expired long ago. The solution of this problem possibly at methodological approach. Cumulative cost minimization is linked to reduction of quantity of the tractors working in excess of depreciation period as such machines operation is interfaced to additional expenses and harvest losses. Besides, value of the missed profit as a result of losses from disposal of production resources, reduction of total number of tractor fleet, the area of an arable land, a shortfall in production, violation of agroterms and crop rotations increases. The authors developed a technique of definition of optimum quantitative and age structure of tractor fleet. They established influence of the main resources of the mechanized agricultural production on production cost. Criterion of optimization is the minimum of cumulative cost. The sum of an overspending for use of the tractors working in excess of depreciation period and the missed profit were estimated. The optimum quantitative and age structure of tractor fleet includes 310.3 thousand tractors aged up to 18 years.

Keywords: Tractor fleet; Quantitative and age structure; Depreciation period; Optimization; Missed profit.

■ **For citation:** Shevtsov V.G., Godzhaev Z.A., Lavrov A.V., Zubina V.A. Technique of definition of optimum quantitative and age structure of tractor fleet. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2016; 4: 9-14. (In Russian)

Эффективность сельскохозяйственного производства России недостаточна для самовосстановления в годовом цикле таких видов ресурсов, как парк тракторов, пашня и трудовой потенциал [1, 2].

В кризисных условиях на каждом следующем цикле производства закупаемое количество тракторов меньше списываемого, вследствие чего тракторный парк сокращается, сохраняя тенденцию к увеличению числа машин, работающих за сроком амортизации [3]. Предельный возраст используемых тракторов и их количество, приходящееся на 1000 га пашни, лежат в основе технической политики и непосредственно влияют на экономику и социальное состояние сельхозпроизводителей как за рубежом, так и в России [4-7]. Однако этот процесс еще не исследован, и методика оценки до настоящего времени не разработана [8].

В течение прошедших кризисных лет проявились последствия сокращения тракторного парка: вслед за выбытием одного трактора количество рабочих мест (р.м.) сократилось в среднем на 6,4, площадь пашни уменьшилась на 48 га [9]. Выявленная связь может быть представлена эквивалентным соотношением:

$$1 \text{ тр.} \rightarrow 48 \text{ га пашни} \rightarrow 64 \text{ р.м.} \quad (1)$$

Данное явление должно квалифицироваться как упущенная выгода.

Цели исследования – выявление закономерностей функционирования механизированного сельхозпроизводства России в условиях ограниченности ресурсов и разработка метода расчета совокупных затрат с учетом упущенной выгоды.

Материалы и методы. В исследовании использованы материалы, опубликованные в статистических сборниках «Росстат». Применяемая методика состояла в обобщении и математической обработке статистических данных с раскрытием внутренних технико-экономических связей и описанием их эмпирическими формулами.

Результаты и обсуждение. В основу методического подхода к решению поставленной задачи положены следующие рассуждения. С одной стороны, наличие в парке тракторов, используемых за сроком аморти-

зации приводит к росту затрат на их эксплуатацию и дополнительным потерям урожая, связанным со сниженным коэффициентом технической готовности, пропорциональным количеству тракторов, работающих за сроком амортизации. С другой стороны, должна учитываться упущенная выгода, возникающая в связи с сокращением общей численности парка, площади пашни и количества занятых работников, а также вследствие недобора урожая из-за нарушения агросроков и севооборотов, применения усеченных технологий.

Рассмотрим применение сформулированного принципа на примере определения оптимального количественно-возрастного состава тракторного парка сельскохозяйственных организаций России.

Проведем экономическую оценку функционирования базового варианта (2009 г. – индекс 09) тракторного парка (n_{09}), состоящего из двух частей: в возрасте не более срока амортизации (n_{09}^A) и в возрасте сверх срока амортизации (n_{09}^{CA}):

$$n_{09} = n_{09}^A + n_{09}^{CA}, \quad (2)$$

$$n_{09}^A = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{10} n_{ij}, \quad (3)$$

$$n_{09}^{CA} = \sum_{i=1}^p \sum_{j=11}^{\rho} n_{ij}, \quad (4)$$

где i – номер марки трактора;

p – общее количество марок тракторов в парке, ед.;

j – возраст трактора, лет;

ρ – максимальный возраст тракторов в парке, лет;

10 – срок амортизации, лет.

Считается, что тракторы всех марок представлены в парке в обеих категориях: менее срока амортизации и сверх срока амортизации. Для всех марок принимаем $\rho = \text{const}$.

В соответствии с принятым подходом количественно-возрастная структура парка сельскохозяйственных организаций [3] представлена на рисунке 1.

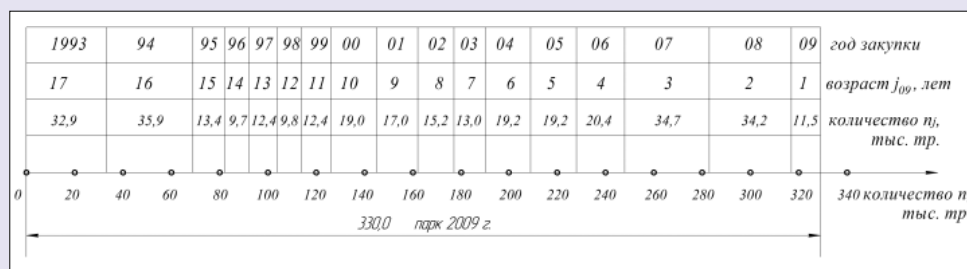


Рис. 1. Линейка закупок, составляющая количественно-возрастную структуру парка тракторов сельскохозяйственных организаций России на конец 2009 г.

Fig. 1. Line of purchases making quantitative and age structure of tractors fleet in agricultural organizations in Russia at the year-end 2009

Рассматривая количественно-возрастную структуру парка тракторов 2009 г. как базовую для 2010 г., необходимо определить оптимальное количество списываемых в 2010 г. тракторов при известной закупке n_{10}^3 тыс. ед. и рассчитать общее количество тракторов в парке на конец 2010 г. из условия минимизации совокупных затрат Z^{Σ} на один среднестатистический трактор. Существующие методы экономической оценки сельскохозяйственной техники построены на отнесении совокупных затрат к объему наработки [10-11]. Воспользуемся принципиально другим критерием. Отнесем совокупные затраты к количеству работающих тракторов.

Общее количество списываемых в 2009 г. тракторов n_{09}^3 определяется как сумма, состоящая из двух слагаемых:

$$n_{09}^{cn} = n_{10}^3 + \Delta n_{10}^n, \quad (5)$$

где n_{10}^3 – количество тракторов, закупленных в 2010 г., ед.;

n_{10}^n – уменьшение общего количества тракторов в парке по сравнению с 2009 г., ед.

Первое слагаемое равно количеству закупленных тракторов, что позволило бы сохранить по количеству парк 2009 г. без ущерба для ресурсов (пашня, количество рабочих мест) и выполнить условия простого воспроизводства. Однако в этом случае перерасход средств на использование тракторов, работающих за сроком амортизации, был бы максимальным. При списании всех тракторов, работающих за сроком амортизации,

максимальной становится упущенная выгода.

Для решения проблемы необходимо найти минимум совокупных затрат Z^{Σ} , построенных на количественно-возрастной шкале тракторного парка:

$$Z^{\Sigma} = Z_{CA}(n_{09}^{CA} - n_{10}^3 - \Delta n_{10}^n) + I_{VB}(n_{10}^3 + \Delta n_{10}^n) \Rightarrow \min, \quad (6)$$

где Z_{CA} – перерасход денежных средств на использование тракторов, работающих сверх срока амортизации, руб.;

n_{09}^{CA} – количество тракторов за сроком амортизации в 2009 г., ед.;

I_{VB} – упущенная выгода, возрастающая при сокращении количества тракторов в парке, руб.

Область определения функции (6) – $n_{10}^3 \geq n_{10}^{CA}$.

Годовой перерасход сельскохозяйственным производством совокупных денежных средств, связанный с эксплуатацией парка тракторов за сроком амортизации [9-11], найдем по формуле:

$$Z_{CA} = \sum_i \sum_j n_{ij}^{CA} (\Delta P_{ij}^{CA} + \Delta \Gamma_{ij}^{CA} + \Delta Y_{ij}), \quad (7)$$

где n_{ij}^{CA} – количество тракторов i -й марки j -возраста, работающих сверх срока амортизации, ед.;

ΔP_{ij}^{CA} – превышение затрат на техническое обслуживание и ремонт тракторов i -й марки j -го возраста, работающих сверх срока амортизации, руб./ед.;

$\Delta \Gamma_{ij}^{CA}$ – превышение затрат на топливно-смазочные материалы тракторов i -й марки j -го возраста, работающих сверх срока амортизации, руб./ед.;

ΔY_{ij} – оценка затрат, эквивалентных недобору урожая в связи со снижением коэффициента технической готовности, руб./ед.

Упущенная выгода определяется по формуле:

$$I_{VB} = I_p + Y_t, \quad (8)$$

где I_p – потери от выбытия производственных ресурсов, руб.;

Y_t – потери от изменения тракторнооснащенности, руб.

Определим потери, связанные с выбытием производственных ресурсов:

$$I_p = X \cdot \Delta n + Y \cdot \Delta S + Z \cdot \Delta r, \quad (9)$$

где X – перенесенная стоимость одного трактора, руб./ед.;

Δn – сокращение количества тракторов, ед.;

Y – перенесенная стоимость одного гектара пашни, руб./га;

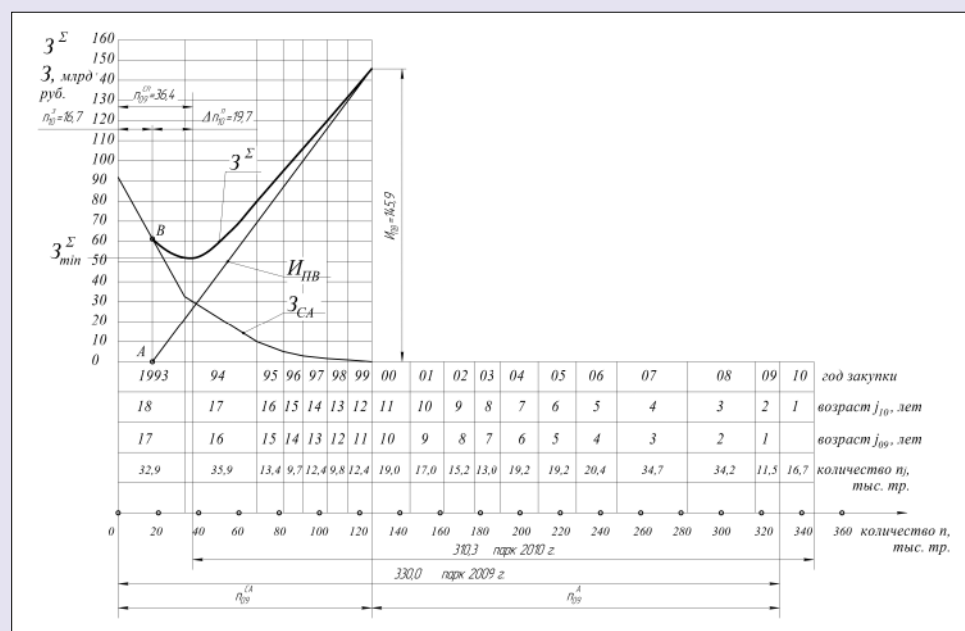


Рис. 2. Определение сокращения тракторного парка Δn_{10}^n в 2010 г. из числа эксплуатируемых сверх срока амортизации машин, соответствующих минимальным совокупным затратам Z_{min}^{Σ}

Fig. 2. Definition of tractor fleet reduction in 2010 from among operated in excess of depreciation period as corresponding to minimum cumulative cost

ΔS – сокращение площади пашни, га;

Z – перенесенная стоимость одного рабочего места, руб./ед.

Δr – сокращение количества рабочих мест, ед.

В представленной формуле (9) выбытия производственных ресурсов понятие «тракторы» представляет собой полный состав машинно-тракторного парка, так как анализ статистических данных за период 1990-2010 гг. [12-13] позволил установить достаточно жесткую линейную связь между численностью среднестатистических тракторов и количеством среднестатистических сельскохозяйственных машин и самоходных комбайнов (с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,95-0,98$).

Равноценность составляющих эквивалентного соотношения (1) позволила предположить, что стоимости, перенесенные на конечную продукцию данными ресурсами, находятся в такой же пропорции:

$$X \rightarrow 6,4Y \rightarrow 48Z. \quad (10)$$

Полученная зависимость (10) между долями собственной стоимости, переносимыми тракторным парком, площадью пашни и количеством рабочих мест как основными ресурсами механизированного сельскохозяйственного производства на стоимость продукции, позволяет рассчитать перенесенную стоимость одного трактора, если составить уравнение:

$$Q = Xn_{\text{тр}} + X \cdot \frac{S}{48} + X \cdot \frac{R}{6,4}, \quad (11)$$

где: Q – объем произведенной продукции, руб.;

X – перенесенная стоимость от 1 трактора, руб./ед.

$n_{\text{тр}}$ – количество среднестатистических тракторов в парке, ед.;

S – площадь пашни, га;

R – количество рабочих мест, ед.;

Откуда получаем:

$$X = \frac{Q}{n_{\text{тр}} + \frac{S}{48} + \frac{R}{6,4}}, \quad (12)$$

Потери от изменения тракторооснащенности определяются по формуле:

$$Y_{\text{т}} = \Delta Y_{\text{в}} + \Delta Y_{\text{ут}} + \Delta Y_{\text{нс}}, \quad (13)$$

где $\Delta Y_{\text{в}}$ – агрономические потери, руб.;

$\Delta Y_{\text{ут}}$ – потери от упрощения агротехнологий, руб.;

$\Delta Y_{\text{нс}}$ – потери от нарушения севооборотов, руб.

Перерасход $Z_{\text{СА}}$ на линейке закупок начинаем рассчитывать с точки $n_{\text{тр}}^{C_{\text{б}}}$ от тракторов в возрасте 11 лет и до тракторов в возрасте 17 лет с нарастающим итогом. Упущенная выгода $I_{\text{УВ}}$ рассчитывается от точки $n = n_{\text{тр}}^1$ в направлении уменьшения общего количества тракторов в парке.

Зависимость изменения упущенной выгоды $I_{\text{УВ}}$

($\Delta n_{\text{тр}}^1$) при стоимости произведенной продукции $Y = 1447$ млрд руб. [13], $n_{\text{тр}} = 330$ тыс. ед., $S = 72,57$ млн га, $R = 2112$ тыс., представлена на рисунке 2 [3, 4]. Здесь же отражена зависимость изменения суммарных затрат Z^{Σ} по уравнению (6), в диапазоне изменения возраста тракторов от 11 до 18 лет (или по годам закупки с 1999 г. по 1993 г.).

После построения зависимостей $Z_{\text{СА}}$ и $I_{\text{УВ}}$ путем суммирования определяется кривая совокупных затрат Z^{Σ} . Эта кривая аппроксимируется полиномом второй степени, что позволяет определить точку, в которой производная данной функции равна нулю. Эта точка на количественно-возрастной шкале и будет соответствовать оптимальному количественно-возрастному составу тракторного парка.

В разработанной методике важна последовательность операций на количественно-возрастной шкале тракторного парка. Так, в рассмотренном примере тракторный парк 2009 г. составлял 330 тыс. тракторов с предельным возрастом 17 лет. При закупке в 2010 г. 16,7 тыс. ед. парк имел в своем составе 32,9 тыс. ед. с возрастом 17 лет, то есть в 2010 г. им будет уже 18 лет. При закупленных новых тракторах и соответствующем списании такого же количества тракторов на количественно-возрастной шкале определяем точку A как нулевую для расчета количества сокращаемых тракторов с пропорциональным увеличением доли совокупных затрат, отражающих упущенную выгоду $I_{\text{УВ}}$. Одновременно в соответствии с точкой A на количественно-возрастной шкале определяем точку B на составляющей совокупных затрат $Z_{\text{СА}}$, описывающей зависимость затрат, связанных с техническими характеристиками тракторов, эксплуатируемых сверх срока амортизации. Эти затраты при сокращении парка должны уменьшаться. Проведенные в соответствии с указанной методикой расчеты позволили оценить для парка 2010 г. минимальные значения части совокупных затрат $Z_{\text{мин}}^{\Sigma}$, составляющих сумму перерасхода и упущенной выгоды в размере 52,2 млрд руб. (таблица, рис. 2) при осуществленной закупке 16,7 тыс. тракторов и списании 36,4 тыс. ед. в возрасте 18 лет при общем сокращении на 19,7 тыс. ед. (18 лет), что соответствует фактическому состоянию парка тракторов СХО 310,3 тыс. тракторов, зафиксированных в статистическом сборнике Росстата [7]. Это повлекло за собой уменьшение площади пашни на 780 тыс. га и снижение количества рабочих мест на 126 тыс.

Выводы. На основе анализа созданных баз данных о развитии сельскохозяйственных организаций России установлена закономерность эквивалентного сокращения тракторного парка, площади пашни и количества рабочих мест (1), позволившая определить зависимость между долями собственной стои-



Table		Таблица					
ИЗМЕНЕНИЕ СОВОКУПНЫХ ЗАТРАТ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТРАКТОРОВ, РАБОТАЮЩИХ СВЕРХ СРОКА АМОРТИЗАЦИИ, В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОКРАЩЕНИЯ ПАРКА							
CHANGE OF CUMULATIVE COST WHEN USING TRACTORS WORKING IN EXCESS OF DEPRECIATION PERIOD DEPENDING ON FLEET REDUCTION							
Показатели Parameters		Уменьшение количества тракторов в парке, Δn_{10}^n , тыс. ед. Reduction of tractors quantity in fleet, thous. ea					
		5	10	15	19,7*	20	25
Совокупные затраты, $З^{\Sigma}$, млрд руб. Cumulative cost, RUB bn		54,9	53,3	52,4	52,2	52,3	54,2
Затраты на использование тракторов, работающих за сроком амортизации, $З_{\text{с.а.}}$, млрд руб. Costs of use of the tractors working in excess of depreciation period, RUB bn		49,1	41,8	35,4	30,0	25,5	21,3
Потерянная выгода, $И_{\text{пв.}}$, млрд руб. Missed profit, RUB bn		5,8	11,5	17	22,2	26,8	32,9
* Сокращение количества тракторов, соответствующее минимальному значению совокупных затрат							
* Reduction of tractors quantity corresponding to the minimum value of cumulative costs							

мости, переносимой на продукцию тракторным парком, площадью пашни и рабочими местами.

Выявленные закономерности позволили разработать методику определения максимального количественно-возвратного состава тракторного парка в условиях ограниченности ресурсов на основе минимизации суммарных затрат, отнесенных к тракторному парку и учитывающих затраты на использование тракторов, работающих сверх срока амортизации, а также расчета потерь, связанных с упущенной выгодой в виде сокращения тракторного парка, площади пашни и кадрового потенциала. Этот алгоритм достаточно эффективен и позволяет уточнить прогноз развития сельскохозяйственного производства России в условиях ограниченности ресурсов с оценкой его реальных потерь.

Рассмотренная методика помогает также решать задачу оптимизации количественно-возрастного состава тракторного парка конкретного хозяйства в условиях его убыточности, для чего необходимо по соответствующим хозяйству данным определить стоимостные эквиваленты ресурсов, переносимых на продукцию растениеводства, и скорректировать оценку потерь агрономического характера.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шевцов В.Г., Лавров А.В. Условия восстановления тракторного парка сельскохозяйственного производства как системы с ограниченными ресурсами // Тракторы и сельхозмашины. 2012. N2. С. 3-6.
2. Кряжков В.М., Годжаев З.А., Шевцов В.Г. и др. Проблемы формирования инновационного парка сельскохозяйственных тракторов России // Тракторы и сельхозмашины. 2015. N2. С. 43-46.
3. Шевцов В.Г., Лавров А.В. База данных «Количественно-возрастной состав парка тракторов сельскохозяйственных организаций Российской Федерации по годам (за период 1990-2009 гг.) // Ресурсосберегающие технологии и техническое обеспечение производства зерна: Сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. М.: ВИМ, 2010. С. 392-396.
4. Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland. Münster: Landwirtschaftsverlag GmbH, 2011. 55. Jahrgang. 602 pp.
5. Márquez L. Tractores Agrícolas: tecnología y utilización. Madrid: B&H Grupo Editorial, 2012. pp. 844.
6. Сизов О.А., Шевцов В.Г., Лавров А.В. База данных «Выбывание пашни России из активного сельскохозяйственного оборота в связи с изменениями количественно-возрастных характеристик тракторного парка (за период с 1990 по 2010 год)» // Модернизация сельскохозяйственного производства на базе инновационных машинных технологий и автоматизированных систем: Сборник докладов XII Международной науч-

но-технической конференции, Углич, 10-12 сентября 2012 г. Ч. 1. М.: ВИМ, 2012. С. 98-106.

7. Россия в цифрах 2011: Крат. стат. сб. / Росстат. – М., 2011. 558 с.

8. 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.

9. Шевцов В.Г., Лавров А.В. Формирование количественно-возрастного состава тракторного парка в условиях убыточного сельскохозяйственного производства // Тракторы и сельхозмашины. 2012. N3. С. 3-6.

10. Драгайцев В.И., Морозов Н.М. Методика экономической оценки технологий и машин в сельском хозяйстве. М.: ВИИЭСХ, 2010. 146 с.

11. ГОСТ Р 53056-2008 «Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки». М.: Стандартинформ, 2009. 19 с.

12. Сборник нормативных материалов на работы, выполняемые машинно-технологическими станциями (МТС). М.: Росинформагротех. 2001. 190 с.

13. Зацаринный В.А., Зацаринный А.В. Повышение производственной эффективности энергетических средств на основе управления их техническим состоянием // Проблемы современной аграрной науки: Сборник докладов Международной заочной научной конференции, Красноярск, 15 октября 2008 г. Красноярск: КрасГАУ, 2008. С. 115.

REFERENCES

1. Shevtsov V.G., Lavrov A.V. Conditions of restoration of tractor fleet of agricultural production as a systems with limited resources. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2012; 2: 3-6. (In Russian)
2. Kryazhkov V.M., Godzhaev Z.A., Shevtsov V.G., et al. Problems of formation of agricultural tractors innovative fleet in Russia. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2015; 2: 43-46. (In Russian)
3. Shevtsov V.G., Lavrov A.V. Baza dannykh «Kolichestvenno-vozrastnoy sostav parka svobodnykh traktorov sel'skokhozyaystvennykh organizatsiy Rossiyskoy Federatsii po godam (za period s 1990 po 2009 god) [Database «Quantitative and age structure of free tractors fleet of the agricultural organizations in the Russian Federation year-on-year (from 1990 till 2009)»]. Resursosberegayushchie tekhnologii i tekhnicheskoe obespechenie proizvodstva zerna: Sb. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Moscow: VIM, 2010, 392-396. (In Russian)
4. Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland. Münster: Landwirtschaftsverlag GmbH, 2011. 55. Jahrgang: 602. (In German).
5. Márquez L. Tractores Agrícolas: tecnología y utilización. Madrid: B&H Grupo Editorial, 2012: 844. (In Spanish).
6. Sizov O.A., Shevtsov V.G., Lavrov A.V. Baza dannykh «Vybyvanie pashni Rossii iz aktivnogo sel'skokhozyaystvennogo oborota v svyazi s izmeneniyami kolichestvenno-vozrastnykh kharakteristik traktornogo parka (za period s 1990 po 2010 god) [Database «Elimination of Russia arable land from an active agricultural transactions in connection with changes of quantitative and age characteristics of tractor fleet (from 1990 for 2010)»]. Modernizatsiya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva na baze innovatsionnykh mashinnykh tekhnologii i avtomatizirovannykh sistem: Sbornik dokladov XII Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, Uglich, 10-12 sentyabrya 2012 g. [Modernization of agricultural production on basis of innovative machine technologies and automated systems: Proceedings of the International scientific and technical conference, Uglich, 11-12 september 2012]. Vol. 1. Moscow: VIM, 2012: 98-106. (In Russian)
7. Russia by numbers 2011: Rossiya v tsifrakh 2011 [Krat. stat. sb. Rosstat]. Moscow, 2011, 558. (In Russian)
8. 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)
9. Shevtsov V.G., Lavrov A.V. Formation of quantitative and age structure of tractor park in the conditions of unprofitable agricultural production. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2012; 3: 3-6. (In Russian)
10. Dragaytsev V.I., Morozov N.M. Metodika ekonomicheskoy otsenki tekhnologii i mashin v sel'skom khozyaystve [Technique of economic assessment of technologies and machines in agriculture]. Moscow: VIIESKh, 2010: 146. (In Russian)
11. GOST R 53056-2008 GOST R 53056-2008 «Tekhnika sel'skokhozyaystvennaya. Metody ekonomicheskoy otsenki» [«Agricultural machinery. Methods of economic assessment»]. Moscow: Standartinform, 2009: 19. (In Russian)
12. Sbornik normativnykh materialov na raboty, vypolnyaemye mashinno-tekhnologicheskimi stantsiyami (MTS) [Collection of standard materials for works performed by machine and technological stations (MTS)]. Moscow: Rosinformagrotekh, 2001: 190. (In Russian)
13. Zatsarinnyy V.A., Zatsarinnyy A.V. Povyshenie proizvodstvennoy effektivnosti energeticheskikh sredstv na osnove upravleniya ikh tekhnicheskim sostoyaniem [Increase of production efficiency of power means on basis of their technical condition management]. Problemy sovremennoy agrarnoy nauki: Sbornik dokladov Mezhdunarodnoy zaочноy nauchnoy konferentsii, Krasnoyarsk, 15 oktyabrya 2008 g. [Problems of modern agrarian science: Proceedings of the International distance scientific conference, Krasnoyarsk, 5 october 2008]. Krasnoyarsk: KrasGAU, 2008: 115. (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 681.3 : 631.171 : 631.471

ИНФОРМАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Альт В.В., докт. техн. наук, член-корр. РАН;

Ольшевский С.Н.*, канд. техн. наук

Сибирский физико-технический институт аграрных проблем (СибФТИ), Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук (СФНЦА РАН), п. Краснообск, Новосибирский район, Новосибирская область, 630501, Российская Федерация, *e-mail:ols@ngs.ru

Показана роль информационных технологий как межотраслевого направления науки. Сформулирована гипотеза о возможности единого их информационного описания на основе закона о круговороте вещества в природе и диалектической взаимосвязи объектов сельскохозяйственного производства: земли, растений, животных, машин, окружающей среды и социума. Взаимосвязь этих ресурсов и ее оптимальность (рациональность) возможна на основе использования информационных технологий, что во многом определяет эффективность аграрного производства. Эти положения объединяются парадигмой информационного обеспечения технологических процессов сельскохозяйственного производства. Она представлена совокупностью объективной информации (приборы, измерительно-вычислительные комплексы, информационно-измерительные системы, базы данных и знаний) и субъективной, используемой при создании приборов, информационных, экспертных систем и систем искусственного интеллекта. Представлены разработанные авторами блоки информационных моделей. Приведены расчет и обоснование величины обменного слова и размер информационного потока универсального блока информационных моделей. Предложена методика создания «виртуальной лаборатории» исследования двигателя 4С10,5/12 (Д-144) с использованием устройства сбора данных NI PCI-6251. Для этого разработан специальный программный комплекс, позволяющим вести интерполирование данных 4-факторного эксперимента при исследовании двигателя внутреннего сгорания.

Ключевые слова: диалектическая общность, парадигма информационного обеспечения, информационные модели, потоки информации, интерполирование данных, «виртуальная лаборатория».

■ **Для цитирования:** Альт В.В., Ольшевский С.Н. Информационные модели сельскохозяйственных объектов // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. N4. С. 15-23.

INFORMATION MODELS OF AGRICULTURAL OBJECTS

V.V. Alt, Dr. Sci. (Eng.), Corresponding-member of RAS; S.N. Olshevsky*, Cand. Sci. (Eng.)

Siberian Institute of Physics and Technology, Siberian Federal Research Center of agrobiotechnologies, set. Krasnoobsk, Novosibirsk district, Novosibirsk region, 630501, Russian Federation, *e-mail: ols@ngs.ru

The role of information technologies as interindustry direction of science is presented. The hypothesis of possibility of their uniform information description on the basis of the law on substance circulation in the nature and dialectic interrelation of objects of agricultural production is formulated: earth, plants, animals, machines, environment and society. The interrelation of these resources and its optimality (rationality) is possible on the basis of use of information technologies that in many respects defines efficiency of agrarian production. These postulates unite using a paradigm of information support of technological processes of agricultural production. It is represented by set of objective information (devices, measuring computer systems, information and measuring systems, bases and knowledge data) and subjective one, used at creation of devices, information, expert, and artificial intelligence systems. The authors worked out blocks of information models, calculated and justified size of the converted word and the size of data stream of the universal block. Their technique of creation of «virtual laboratory» of engine 4Ch10.5/12 (D-144) research with use of the device of data collection of NI PCI-6251 is presented. A special software application is developed to realize interpolating of data of 4-factorial experiment at research of an internal combustion engine.

Keywords: Dialectical connection; Paradigm of information support; Information models; Data stream; Data interpolating; «Virtual laboratory».

■ **For citation:** Alt V.V., Olshevsky S.N. Information models of agricultural objects. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2016; 4: 15-23. (In Russian)

Недосток информации в аграрном производстве каждого из субъектов, принимающих управленческие решения, объективно связан с полифункциональным характером объектов управления: окружающей среды, земли, растений, животных и машин (рис. 1). Эти объекты можно представить как пять разновидностей ресурсов, которые взаимодействуют под воздействием еще двух ресурсов – человеческого и финансового. Все это можно представить как многомерное пространство. В такой ситуации субъект принимающий управленческие решения, вынужден принимать частные решения, сужая мерность пространства, полагая, что некоторые из ресурсов несущественны или безграничны. Из-за неполного знания человек принимает неоптимальное решение. Современное развитие информационных технологий в сельском хозяйстве характеризуется формированием и развитием агроинформатики – системообразующей отрасли знаний, обеспечивающей снижение удельных материальных затрат и экологического воздействия на природу при производстве продукции растениеводства. Обе задачи многоплановы и, как правило, противоречивы.

Цель исследования – создание программного модуля для обработки данных многофакторного эксперимента, разработка программного продукта для сокращения времени подготовки специалистов в области двигателястроения и эксплуатации дизельных энергетических установок, снижение трудовых и материальных затрат на проведение испытаний дизельных двигателей.

Материалы и методы. В начальной фазе формирования управленческих гипотез необходимо сформулировать общую систему взглядов на пути решения совокупности задач по приборному и информационному обеспечению сельскохозяйственной науки и производства. Гипотетическая возможность такого решения обусловлена самой общностью объектов исследований в сельскохозяйственной науке и объектов использования в аграрном производстве (рис. 1) [1, 2].

Нами предложена парадигма (общая система взглядов на пути решения задач на современном этапе развития) информационного обеспечения технологических процессов сельскохозяйственного производства (рис. 2) [3].

Парадигма охватывает все многообразие информации, характеризующей объект (измерительная, эвристическая, в виде наблюдаемых переменных и знаний экспертов) и предусматривает системный подход при решении задач обеспечения

информацией в процессе принятия управленческих решений [4]. Парадигмой предусмотрено включение баз данных, баз знаний, экспертных систем и систем искусственного интеллекта в состав управляющего звена. Такой автоматизированный метод управления позволяет перейти к управлению объектом (машины, почва, растения, животные, технологии, социально-экономические отношения и т.д.) не по отклонению какого-то из параметров или группы параметров от принятой нормы, а в соответствии с функцией назначения объекта управления. Одновременно к объекту управления будут применены ограничения, накладываемые экологической обстановкой, сезонным характером работ, взаимным влиянием составляющих объекта, характером воздействия внешних факторов на объект управления [5].

В процессе разработки средств измерения и обработки информации создаются математические, информационные, морфологические (функциональные) и натуральные модели самих объектов, которые рассматриваются как источники информации и объекты управления. Формируя модель, мы априори определяем круг пользователей информацией по их профессиональной деятельности. Информационные модели такого типа можно квалифицировать как предметноориентированные и потенциально эффективные [5, 6].

Метод управления в соответствии с функцией назначения объекта управления предусматривает применение к объекту управления ограничений, накладываемых экологической обстановкой, сезонным характером работ, взаимным влиянием со-

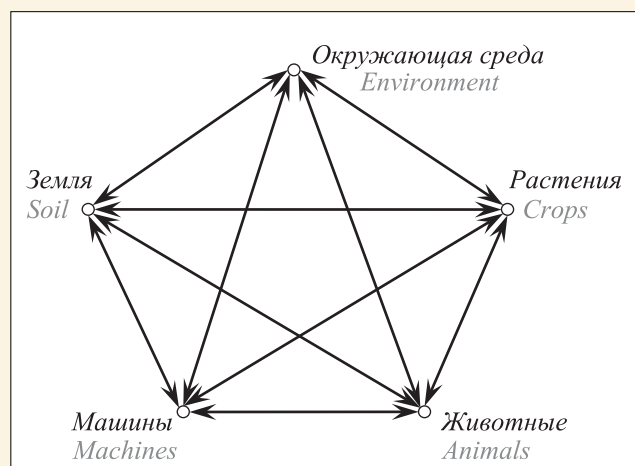


Рис. 1. Связи и диалектическая общность объектов в сельскохозяйственном производстве

Fig. 1. Communications and a dialectic community of objects in agricultural production

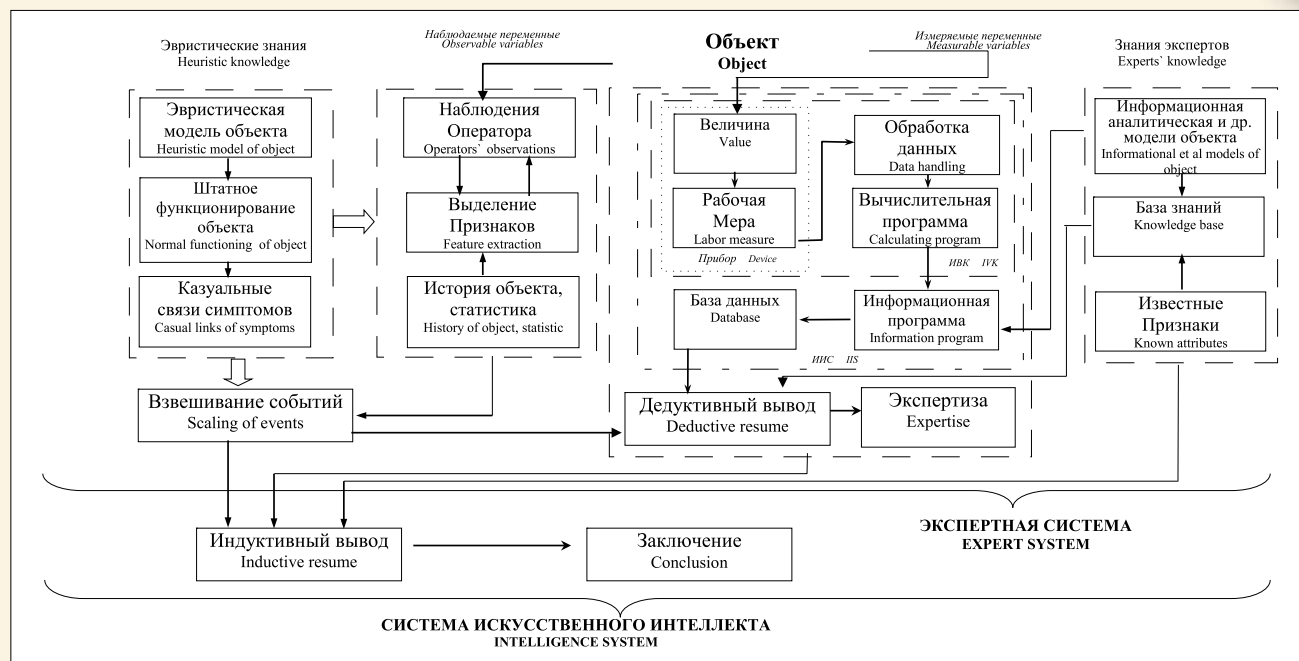


Рис. 2. Парадигма информационного обеспечения технологических процессов сельскохозяйственного производства
Fig. 2. Paradigm of information support of technological processes in agricultural production

ставляющих объекта, характером воздействия внешних факторов на объект управления [5, 7].

Этими положениями можно определить потоки информации для составляющих информационных моделей (рис. 3).

Определение основных характеристик информационных потоков ($\vec{z}$, $\vec{\Phi}$, $\vec{X}$, $\vec{U}$, $\vec{M}$, $\vec{Y}$), таких как размерность (в битах) обменных слов в потоке, объем информации в потоке в единицу времени или в течение временного периода проведения анализа, состояние объекта необходимо устанавливать на основе анализа протекания наиболее быстропеременных процессов. Анализ высокочастотных составляющих процессов, протекающих в сельскохозяйственных объектах (машины, почва, растения, животные, технологии, социально-экономические отношения и т.д.), показал, что их можно описать процессами, протекающими в цилиндре двигателей внутреннего сгорания (рабочие процессы) при преобразовании химической энергии топлива в тепловую, а затем в механическую.

Для решения задач оптимизации рабочих процессов ДВС применяют широкий набор аппаратных средств [7]. В большинстве из них задействованы цифровые методы обработки. При этом входная информация, представляемая в виде непрерывных сигналов (давлений, перемещений и т.д.), преобразуется в дискретный вид аналого-цифровыми преобразователями (АЦП). Поэтому для АЦП необходим обоснованный выбор разрядности и номинальной цены наименьшего разряда выходного кода (шага квантования).

Одна из основных характеристик, определяю-

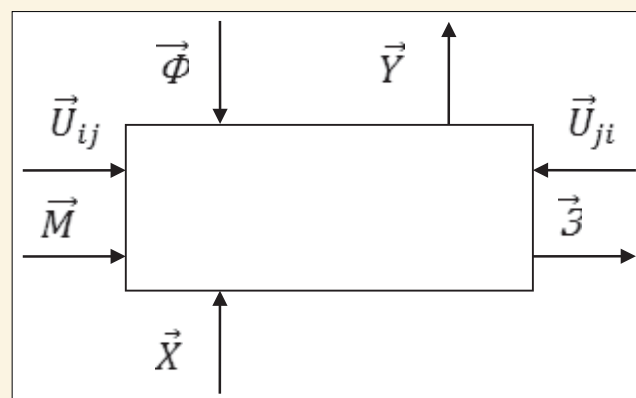


Рис. 3. Потоки информации составляющих информационных моделей:

$\vec{z}$ – о целевой функции;
 $\vec{\Phi}$ – о внешних факторах;
 $\vec{X}$ – об управляющих воздействиях;
 $\vec{U}$ – о взаимном влиянии составляющих;
 $\vec{M}$ – о состоянии составляющих;
 $\vec{Y}$ – о влиянии на окружающую среду

Fig. 3. Information streams of component of information models:

$\vec{z}$ – about objective function;
 $\vec{\Phi}$ – about external factors;
 $\vec{X}$ – about operating influences;
 $\vec{U}$ – about mutual influence of components;
 $\vec{M}$ – about a condition of components;
 $\vec{Y}$ – about influence on environment

щих протекание рабочего процесса двигателя, –

максимальная скорость нарастания давления $\frac{dP}{d\alpha} \max$

(рис. 4). Этот параметр определяет характер протекания процесса сгорания от момента времени, соответствующего отрыву кривой давления от политропы сжатия индикаторной диаграммы (α_c – момент самовоспламенения) до момента достижения давления максимальной величины (α_z), характеризует жесткость работы двигателя в процессе сгорания топлива, а следовательно, и его шумность. Кроме того, он свидетельствует об интенсивности тепловыделения, указывая на предельные возможности при достижении мощностных показателей.

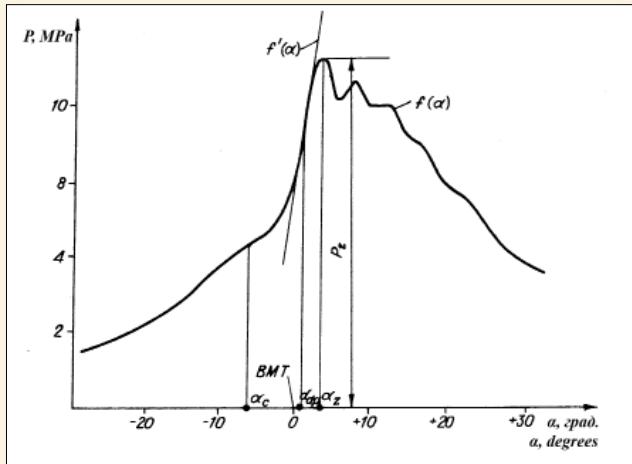


Рис. 4. Индикаторная диаграмма дизеля

Fig. 4. Indicator diagram of a diesel engine

На рисунке 4 приведена индикаторная диаграмма реального дизеля, представляющая собой функцию давления $f(\alpha)$.

При этом максимальная скорость нарастания давления на участке кривой давления от α_c до α_z равна:

$$f'(\alpha)_{\max} = \frac{dP}{d\alpha} \max. \quad (1)$$

Соответствующий момент по углу поворота коленчатого вала (УПКВ) ДВС, при котором

$$f'(\alpha) = f'(\alpha)_{\max}, \text{ запишем как } \alpha_{dp}.$$

Применяя к функции $f(\alpha)$ в окрестности α_{dp} преобразование Тейлора и пренебрегая членами разложения второго порядка и выше, так как $f''(\alpha_{dp} - \Delta\alpha) \approx 0$, можно производную текущего давления представить в конечных приращениях, то есть $f'(\alpha) \approx \frac{\Delta P}{\Delta\alpha}$, а для окрестности α_{dp} это будет:

$$f'(\alpha_{dp}) = \frac{dP}{d\alpha} \max \approx \frac{\Delta P}{\Delta\alpha}. \quad (2)$$

Учитывая, что большинство АЦП имеют функцию преобразования двоичного вида, числитель выражения (2) можно представить в виде:

$$\Delta P = \Delta p \left(\sum_{k=1}^n 2^{k-1} - \sum_{l=1}^n 2^{n-l} \right), \quad (3)$$

где ΔP – величина давления индикаторной диаграммы, на которую она изменится при изменении α на $\Delta\alpha$;

Δp – номинальная цена наименьшего разряда АЦП (шаг квантования);

$\sum_{k=1}^n 2^{k-1}$ – код, определяющий величину давления в конце интервала $\Delta\alpha$;

$\sum_{l=1}^n 2^{n-l}$ – код, определяющий величину давления в начале интервала $\Delta\alpha$.

Используя выражения (2) и (3), величины шага квантования можно представить как функцию:

$$\Delta p = \frac{f'(\alpha)_{\max}}{\left(\sum_{k=1}^n 2^{k-1} - \sum_{l=1}^n 2^{n-l} \right)} \cdot \alpha. \quad (4)$$

При определении необходимого шага квантования представляется целесообразным для выражения (2) считать, что погрешность вычисления производной в основном определяется квантованием. Тогда на основании теоремы об абсолютной погрешности разности при получении необходимого метрологического запаса; равенстве случайной составляющей погрешности и систематической составляющей и при условии, что дополнительные погрешности менее половины систематической составляющей погрешности, абсолютная погрешность измерения производной равна:

$$\Delta f'(\alpha) \leq \frac{2\Delta P}{\Delta\alpha}. \quad (5)$$

При этом относительная погрешность δ_{dp} с учетом (1)-(3) и (5) составит:

$$\delta_{dp} \geq \frac{2}{\left(\sum_{k=1}^n 2^{k-1} - \sum_{l=1}^n 2^{n-l} \right)}. \quad (6)$$

Следовательно, код, определяющий изменение давления за интервал $\Delta\alpha$, будет равен:

$$\left(\sum_{k=1}^n 2^{k-1} - \sum_{l=1}^n 2^{n-l} \right) \approx \frac{2}{\delta_{dp}}. \quad (7)$$

В ходе преобразований получаем:

$$\Delta p = \frac{\Delta\alpha f'(\alpha)_{\max} \delta_{dp}}{2}. \quad (8)$$

С другой стороны, величину шага квантования можно задать через максимальную измеряемую величину давления (в нашем случае это P_z):

$$\Delta P = \frac{P_z}{2N}, \quad (9)$$

где N – число уровней квантования АЦП.

Число уровней квантования, а следовательно, и разрядность АЦП, определяется как:

$$N = \frac{P_z}{f'(\alpha)_{\max} \delta_{dp} \Delta\alpha}. \quad (10)$$

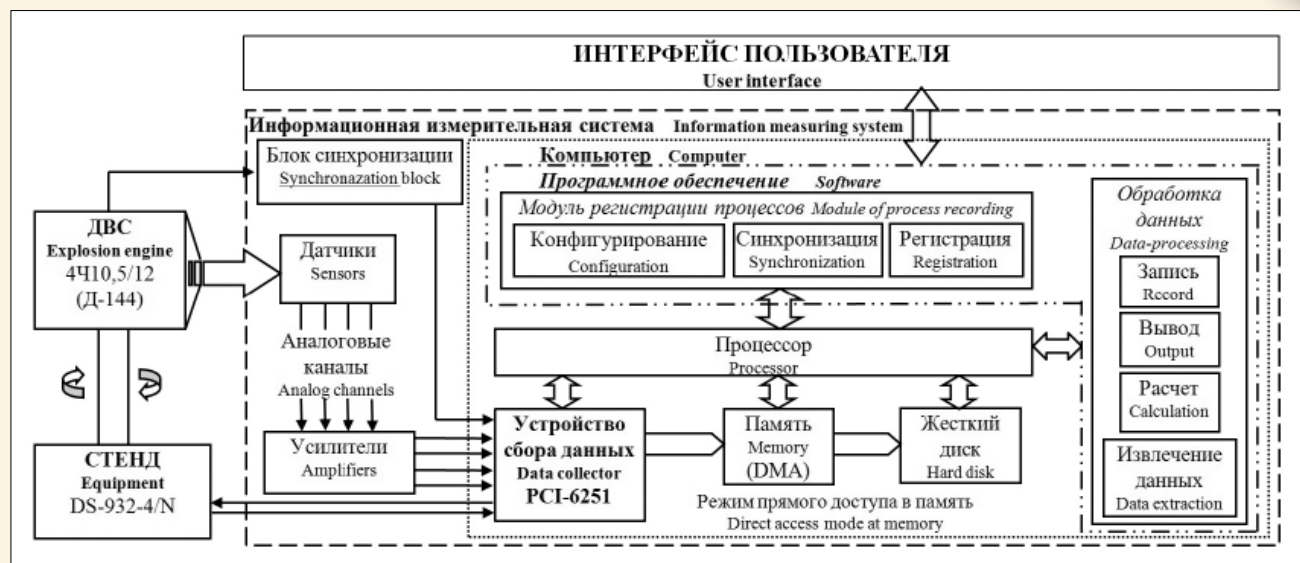


Рис. 5. Схема исследовательского комплекса
Fig. 5. Scheme of a research facility

Результаты и обсуждение. Таким образом, разрядность и число уровней квантования АЦП можно выбирать исходя из априорных знаний об объектах исследований, а именно: на практике необходимо знать предельные значения P_z и $f(\alpha)_{\max}$ для режимов холостых оборотов и максимальной нагрузки двигателей.

При обосновании шага дискретизации погрешность измерения должна быть не более 0,1 МПа/град. [7]. Учитывая это, а также результаты наших исследований, где $\Delta\alpha = 0,1$ град. (УПКВ ДВС), и предполагая работу двигателя на переходных режимах, необходимо иметь 12-разрядный АЦП. Для передачи этого значения в виде обменного слова в информационном потоке необходимы 2 байта. Исследование рабочих процессов ДВС на переходных режимах достигает 200 рабочих циклов. При этом в каждом цикле для анализа используются 360° (УПКВ ДВС). Общий объем информации в потоке $Q = (360/0,1) \cdot 200 \cdot 2 (\text{байта}) = 720$ байт за 1 цикл.

Объем информации (в гигабайтах), полученный в результате записи данных, используется для обработки и построения зависимостей влияния исследуемых факторов. С помощью экспресс-технологии программирования и модульной архитектуры технических средств сбора данных в СибФТИ разработаны технические решения для усовершенствования информационно-измерительной системы регистрации быстропеременных процессов в ДВС, а также методика организации их хранения [8, 9]. С использованием того же принципа программирования создана модель «виртуальной лаборатории» испытания дизельного двигателя, в которой моделирование объекта исследования осуществляется по экспериментальным данным уже заре-

гистрированных физических процессов в натурном эксперименте.

Исследовательский комплекс, представленный на рисунке 5, включает двигатель 4C10,5/12 (Д-144) и электрическую обкаточно-тормозную установку DS-932-4/N [10-15].

Многофункциональное устройство сбора данных NI PCI-6251 обеспечивает регистрацию быстропеременных процессов. С помощью ПО LabVIEW выполняется настройка конфигурации и свойств платы NI PCI-6251. Драйвер платы осуществляет считывание буферной памяти и загрузку измерительных данных в оперативную память ПК в режиме прямого доступа. Блок синхронизации обеспечивает согласование с работой ДВС данных по аналоговым и дискретным каналам для ввода измерительной информации. Схема взаимодействия аппаратных средств и блоков программного обеспечения в исследовательском комплексе показана на рисунке 5. Регистрация быстропеременных физических процессов в ДВС реализована в виде виртуального прибора. Программное обеспечение делает возможной регистрацию данных, отображает физические процессы (одновременно до четырех). Программа реализует два режима работы: наблюдение за физическими процессами и регистрацию с записью в файл.

Программное обеспечение имеет модульную архитектуру. Последовательное выполнение алгоритмов модулей представляет собой моделирование результатов эксперимента, а изменение входных данных – моделирование процесса испытания двигателя (плана эксперимента). В итоге обеспечивается возможность повторить весь процесс испытания двигателя получением скоростных и нагрузочных его характеристик и одновременной «регистрацией» (расчетом данных) физических процессов для уровней факторов, установленных в соответ-

ствии с планом экспериментальных исследований.

При функционировании «виртуальной лаборатории» выполняется процедура поиска данных, зарегистрированных в натурном эксперименте при значениях уровней факторов, устанавливаемых пользователем на входных терминалах. Это значения факторов 1, 2, 3 и 4 (рис. 6).

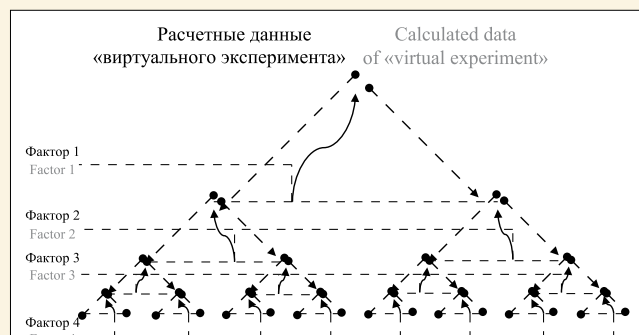


Рис. 6. Схема функционирования «виртуальной лаборатории»:

↘ – поиск файлов (нисходящее направление);

↗ – расчет данных (восходящее направление)

Fig. 6. Scheme of «virtual laboratory» functioning:

↘ – search of files (top-down direction);

↗ – calculation of data (bottom-up direction)

Выделяется отрезок, ограниченный точками уже полученных результатов в натурном эксперименте в зависимости от значения уровня верхнего фактора (фактор 1), для которого необходимо определить значения расчетных данных (верхняя точка на рисунке). Учитывая, что эти значения зависят и от остальных факторов, нужно эту же процедуру выполнить на других вложенных уровнях, соответствующих факторам 2, 3 и 4. На нижнем уровне выделяются конкретные два файла с данными натурных экспериментов (предыдущего измерения и последующего) в различном сочетании факторов. Таким образом, модуль формирования запроса к данным определяет путь к 16 файлам (для 4-факторного эксперимента), в которых требуется выполнить преобразование данных.

Второй модуль интерполирования данных эксперимента работает по обратной схеме: это движение показано на рисунке 6 сплошными криволинейными стрелками. В зависимости от установленного пользователем текущего уровня фактора определяется коэффициент интерполирования на каждом из отрезков соответствующих факторов и выполняется преобразование данных, содержащихся в файлах (ближайшего предыдущего и ближайшего следующего). В точках при интерполировании образуется результат расчетных данных для фактора 3, затем фактора 2, фактора 1 и в итоге получаем одну точку рассчитанных данных в «виртуальном эксперименте».

альном эксперименте».

Как видим, движение вниз по схеме означает поиск данных натурных экспериментов, а вверх – расчет данных «виртуального эксперимента». Полученный результат используется также для анализа физического процесса путем дифференцирования и интегрирования.

В исследуемой области зарегистрированы только крайние состояния этой области, и значения физических процессов будут изменяться скачкообразно при переходе на уровень или на фактор. Необходимо увеличить число интервалов варьируемых факторов, чтобы снизить этот эффект. Однако это влечет за собой нерациональное число экспериментов. Поэтому внутри полученной области применяется аппроксимация. При линейном интерполировании внутри текущего интервала задача сводится к определению линейных коэффициентов интерполирования. Схема определения коэффициентов интерполирования для текущего значения данных эксперимента показана на рисунке 7.

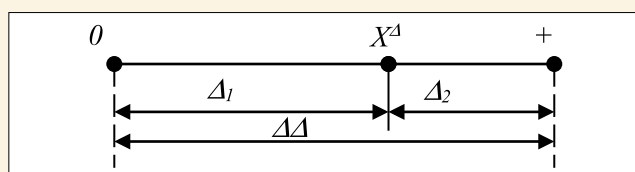


Рис. 7. Схема определения коэффициентов интерполирования для текущего значения данных эксперимента:

$\Delta\Delta$ – интервал варьирования фактора между уровнями «0» и «+»;

X^Δ – текущее значение установленного уровня фактора

Fig. 7. Scheme of determination of interpolating coefficients for the current value of data of experiment:

$\Delta\Delta$ – factor variation interval between the 0 and + levels;

X^Δ – current value of the established level of a factor

Текущее значение данных эксперимента X^Δ в интервале варьирования уровней фактора определяется как сумма произведений значений зарегистрированных данных эксперимента для точек «0» и «+» на коэффициент интерполирования соответственно:

$$X^\Delta = X^0 \cdot \Delta_2 / \Delta\Delta + X^+ \cdot \Delta_1 / \Delta\Delta.$$

Данную процедуру необходимо выполнить на всех уровнях (рис. 8).

В общем случае данные могут содержать функции, как зависящие на оси времени от значения фактора, так и нет. Зависимые для преобразования данные следует разделить на компоненты, обработать по отдельности и соединить в итоговый результат интерполирования.

Выводы. Создан программный модуль для расчета модельных данных, интегрирующий методику извлечения данных многофакторного экспери-

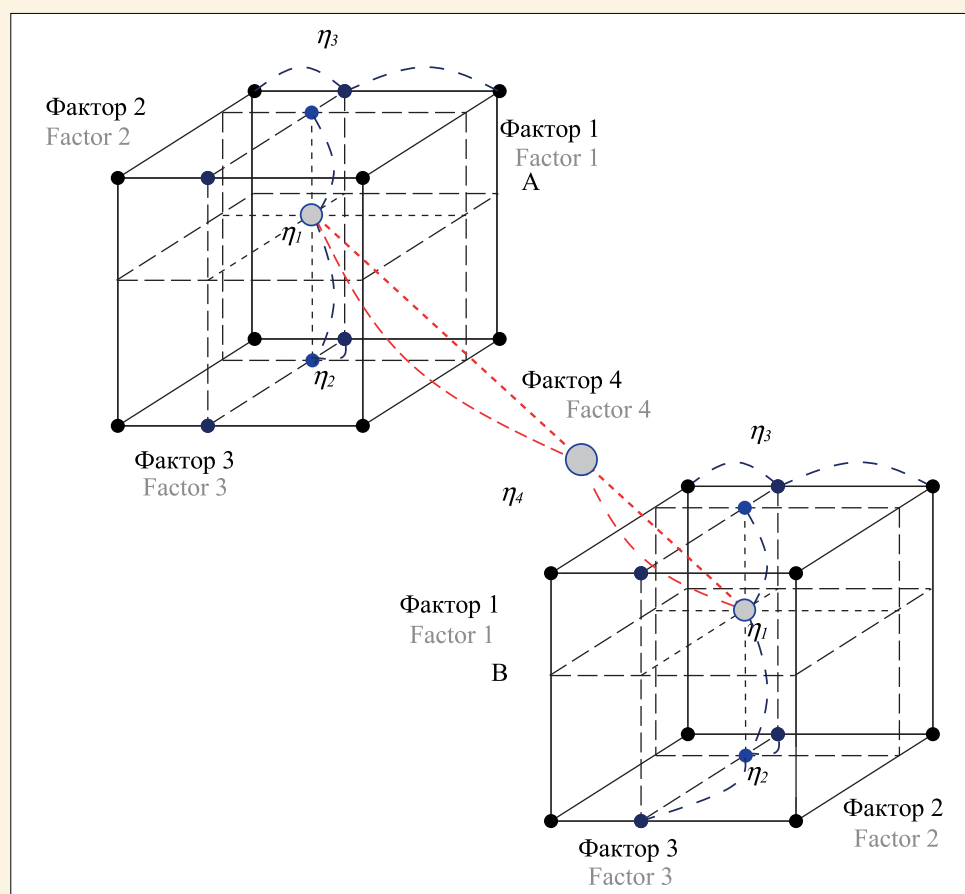


Рис. 8. Схема расчета «виртуальных данных» по 4 факторам:

$\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4$ – коэффициенты интерполирования внутри исследуемых отрезков соответствующих факторов:

A и B – исследуемая область ближайшей группы экспериментов 3-факторного пространства:

A – предыдущей; B – следующей

Fig. 8. Scheme of calculation of «virtual data» on 4 factors:

$\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4$ – interpolating coefficients in the studied intervals of the corresponding factors:

A and B – the studied area of the nearest group of experiments of 3-factorial space:

A – previous; B – following

мента и методику линейного интерполирования зарегистрированных процессов внутри элементарного пространства, ограниченного вершинами гиперкуба натурального эксперимента.

Методики определения и анализа диагностических параметров представляют собой полноценную экспериментальную (лабораторную) работу по изучению теоретических вопросов работы дизельного двигателя.

Разработанный программный продукт «Виртуальная лаборатория испытания дизелей» позволит сократить время подготовки специалистов в области двигателестроения и эксплуатации дизельных энергетических установок, а также снизить трудовые и материальные затраты на проведение исследовательских испытаний дизельных двигателей [14].

Представленная информационная модель явля-

ется новым видом коммуникации исследователя и практика, их связи вида: наука – технологии – инновация [15]. Одним из таких инновационных технологий может служить разработанный в СибФТИ метод определения энергетического потенциала ДВС. Перечисленные особенности и методы измерения и обработки информации в эксплуатации рассматриваются как динамические системы, заключающиеся в измерении процессов динамики угловых скорости ω и ускорения ϵ коленчатого вала на переходных режимах. Этот метод заключается в тестовом циклическом воздействии (динамический тест) на двигатель подачи топлива от минимального уровня до максимального уровня. При этом коленчатый вал ускоряется и замедляется между установившимися режимами. Такой способ позволяет построить динамическую характеристику двигателя, по параметрам которой определяются динамические

свойства и мощность ДВС, что помогает развивать новые методы диагностирования.

Поэтому перспективными являются методы оперативного контроля по динамическим свойствам двигателя. В частности, P. Falcone в 2003 г. предложил для дизеля с турбонаддувом BMW AID47 модель расчета мгновенных значений крутящего момента с использованием динамических испытаний для идентификации двигателя [16]. В 2004 г. E. Gani показал, что взаимосвязь крутящего момента и скорости коленчатого вала, хоть и является нелинейной, но адекватно коррелируется регрессионными зависимостями и имеет важное значение для диагностики двигателя [17]. F. Mocsanu предложил алгоритм расчета угла опережения зажигания и впрыска топлива по измеренным значениям скорости коленчатого вала на основе модели динамики [18].

Однако случайность процессов подачи топлива и его сгорания от цикла к циклу, а также процессов трения в сопряжениях ДВС вызывают случайные отклонения угловых скорости и ускорения коленчатого вала $\omega(t)$ и $\varepsilon(t)$ от их средних значений. Это приводит к необходимости рассматривать измеряемые процессы как аддитивную совокупность полезного информативного (диагностического) про-

цесса и помех [19-20] путем моделирования с использованием представленной авторами информационной модели.

Таким образом, применение этой информационной модели в совокупности такого комплексного параметра, как мощность машин, позволяет оценить их потенциал и его использование в системе сельскохозяйственных объектов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Губарев В.В. Концептуальные основы информатики: Уч. пособие: – Новосибирск: НГТУ, 2001. Ч. 1. 149 с.
2. Сладкова О.Б., Пирумова Л.Н. Пирумов А.А. Проблемы использования сетевых информационных ресурсов в области сельского хозяйства // Достижения науки и техники АПК. 2015. N 3. С. 59-64.
3. Альт В.В. Контроль и управление параметрами тракторных двигателей в эксплуатационных условиях: Автореф. дисс. докт. техн. наук. Новосибирск, 1995. 27 с.
4. Завражнов А.И., Огородников П.И. Биотехнические системы в агропромышленном комплексе. М.: Университетская книга, 2011. 412 с.
5. Альт В.В., Савченко О.Ф., Гурова Т.А. и др. Создание и использование компьютерных информационных систем в сельском хозяйстве. Новосибирск [б.и.], 2005. 126 с.
6. Альт В.В. Информационные технологии в инновационном развитии АПК Сибири // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2013. N2. С. 20-23.
7. Альт В.В. Система регистрации и анализа индикаторных диаграмм двигателей внутреннего сгорания // Развитие технических средств диагностики машин и механизмов. Новосибирск, 1985. С. 11-17.
8. Савченко О.Ф., Ольшевский С.Н., Рихтер В.А. Автоматизация экспериментальных исследований двигателей внутреннего сгорания // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2008. N9. С. 82-91.
9. Савченко О.Ф. Экспертиза технического состояния ДВС на основе интеллектуального анализа данных // Труды ГОСНИТИ. 2008. Т. 101. С. 96-103.
10. Савченко О.Ф., Добролюбов И.П., Альт В.В., Ольшевский С.Н. Автоматизированные технологические комплексы экспертизы двигателей. Новосибирск, 2006. 272 с.
11. Добролюбов И.П., Савченко О.Ф., Альт В.В. Измерительная экспертная система для определения технического состояния двигателей внутреннего сгорания // Приборы и системы управления. 1998. N12. С. 56-59.
12. Суранов А.Я. LabVIEW 8.2: Справочник по функциям. М.: ДМК Пресс, 2007. 536 с.
13. Трэвис Дж., Кринг Дж. LabVIEW для всех. М.: ДМК Пресс, 2008. 880 с.
14. Ольшевский С.Н., Савченко О.Ф. Разработка модели представления знаний для экспертной системы обнаружения неисправностей ДВС // Машинно-технологическое, энергетическое и сервисное обеспечение сельхозтоваропроизводителей Сибири: Материалы международной научно-технической конференции, Краснообск, 9-11 июня 2008 г. Новосибирск: СО РАС-ХН, 2008. С. 191-195.
15. Добролюбов И.П., Савченко О.Ф. Применение компьютерных обучающих систем в учебных курсах НГАУ // Проблемы современного высшего аграрного образования: Материалы научно-методической конференции, Новосибирск, 25-28 апреля 2000 г. Новосибирск: НГАУ, 2000. С. 43.
16. Falcone P., De Gennaro M.C., Fiengo G., Glielmo L., Santini S., Langthaler P., et al. Torque generation model for Diesel Engine. Decision and Control. Vol. 2, 42nd IEEE Conference; 2003: 1771-1776.
17. Gani E., Manzie C. Intelligent computing methods for indicated torque reconstruction. Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing Conference; 2004: 259-264.
18. Mocanu F., Taraza D. Estimation of Main Combustion Parameters from the Measured Instantaneous Crankshaft Speed. SAE Technical Paper 2013-01-0326, 2013, doi:10.4271/2013-01-0326.
19. Dobrolyubov I.P., Savchenko O.F., Alt V.V., Olshevskiy S.N. Development of a modifiable computer model for internal combustion engine. *Computational Technologies*; 2013; vol. 18; 6: 54–61.
20. Alt V.V., Olshevsky S.N., Klimenko D.N., Borisov A.A. Determination of internal combustion engine power in a dynamic way using the methodology of analysis of stochastic processes; 2014, APEIE 2014: 255-258.

REFERENCES

1. Gubarev V.V. Kontseptual'nye osnovy informatiki [Conceptual fundamentals of informatics]. Novosibirsk: NGTU, 2001; 1: 149. (In Russian)
2. Sladkova O.B., Pirumova L.N., Pirumov A.A. Problems of use of network information resources in agriculture. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2015; 3: 59-64. (In Russian)
3. Alt V.V. Kontrol' i upravlenie parametrami traktornykh

dvigateley v ekspluatatsionnykh usloviyakh [Control and management of parameters of tractor engines in operational conditions]: Avtoref. disc. dokt. tekhn. nauk. Novosibirsk, 1995: 27. (In Russian)

4. Zavrazhnov A.I., Ogorodnikov P.I. Biotekhnicheskie sistemy v agropromyshlennom komplekse [Biotechnical systems in agroindustrial complex]. Moscow: Universitetskaya kniga, 2011: 412. (In Russian)

5. Alt V.V., Savchenko O.F., Gurova T.A., et al. Sozдание i ispol'zovanie komp'yuternykh informatsionnykh sistem v sel'skom khozyaystve [Creation and use of computer information systems in agriculture]. Novosibirsk, 2005: 126. (In Russian)

6. Alt V.V. Information technologies in innovative development of agrarian and industrial complex in Siberia. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2013; 2: 20-23. (In Russian)

7. Alt V.V. Sistema registratsii i analiza indikatornykh diagramm dvigateley vnutrennego sgoraniya [System of registration and analysis of indicator diagrams of internal combustion engines]. *Razvitie tekhnicheskikh sredstv diagnostiki mashin i mekhanizmov*. Novosibirsk, 1985: 11-17. (In Russian)

8. Savchenko O.F., Olshevsky S.N., Rikhter V.A. Automation of research tests of internal combustion engines. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki*. 2008; 9: 82-91. (In Russian)

9. Savchenko O.F. Ekspertiza tekhnicheskogo sostoyaniya DVS na osnove intellektual'nogo analiza dannykh [Examination of technical condition of internal combustion engine on basis of data intellectual analysis]. *Trudy GOSNITI*. 2008; Vol. 101: 96-103. (In Russian)

10. Savchenko O.F., Dobrolyubov I.P., Alt V.V., Olshevskiy S.N. Avtomatizirovannye tekhnologicheskie komplekсы ekspertizy dvigateley [Automated technological complexes of engines examination]. Novosibirsk, 2006: 272. (In Russian)

11. Dobrolyubov I.P., Savchenko O.F., Alt V.V. Measuring expert system for definition of technical condition of internal combustion engines. *Pribory i sistemy upravleniya*. 1998; 12: 56-59. (In Russian)

12. Suranov A.Ya. LabVIEW 8.2: Spravochnik po funktsiyam [LabVIEW 8.2: function reference]. Moscow: DMK Press, 2007: 536. (In Russian)

13. Travis J., Kring J. LabVIEW dlya vseh [LabVIEW

for Everyone: Graphical Programming MadeEasy and Fun. Moscow: DMK Press, 2008: 880. (In Russian)

14. Olshevskiy S.N., Savchenko O.F. Razrabotka modeli predstavleniya znaniy dlya ekspertnoy sistemy obnaruzheniya neispravnostey DVS [Development of knowledge representation model for expert system of detection of malfunctions of internal combustion engine]. *Mashinno-tekhnologicheskoe, energeticheskoe i servisnoe obespechenie sel'khoztovaroproizvoditeley Sibiri: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*, Krasnoobsk, 9-11 iyunya 2008 g. [Machine and technological, power and service supply for agricultural producers in Siberia: Proceedings of the International scientific and technical conference, Krasnoobsk, 9-11 June 2008]. Novosibirsk: SO RASKhN, 2008: 191-195. (In Russian)

15. Dobrolyubov I.P., Savchenko O.F. Primenenie komp'yuternykh obuchayushchikh sistem v uchebnykh kursakh NGAU [Use of computer training systems in training courses of NGAU]. *Problemy sovremennogo vysshego agrarnogo obrazovaniya: Materialy nauchno-metodicheskoy konferentsii*, Novosibirsk, 25-28 aprelya 2000 g. [Problems of modern university agrarian education: Proceedings of the scientific and methodical conference, 25-28 April 2000]. Novosibirsk: NGAU, 2000: 43. (In Russian)

16. Falcone P., De Gennaro M.C., Fiengo G., Glielmo L., Santini S., Langthaler P., et al. Torque generation model for diesel engine. *Decision and Control*. Vol. 2, 42nd IEEE Conference; 2003: 1771-1776. (In English)

17. Gani E., Manzie C. Intelligent computing methods for indicated torque reconstruction. *Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing Conference*; 2004: 259-264. (In English)

18. Mocanu F., Taraza D. Estimation of Main Combustion Parameters from the Measured Instantaneous Crankshaft Speed. *SAE Technical Paper 2013-01-0326*, 2013, doi:10.4271/2013-01-0326. (In English)

19. Dobrolyubov I.P., Savchenko O.F., Alt V.V., Olshevskiy S.N. Development of a modifiable computer model for internal combustion engine. *Computational Technologies*; 2013; vol. 18; 6: 54-61. (In English)

20. Alt V.V., Olshevsky S.N., Klimenko D.N., Borisov A.A. Determination of internal combustion engine power in a dynamic way using the methodology of analysis of stochastic processes; 2014, APEIE 2014: 255-258. (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.



Чепурину Геннадию Ефимовичу – 80 лет!

*1 августа 2016 года исполнилось 80 лет
доктору технических наук, профессору,
члену-корреспонденту РАН,
Заслуженному деятелю науки и техники Российской Федерации
**Чепурину
Геннадию Ефимовичу!***

Уважаемый Геннадий Ефимович!

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

Вы, Геннадий Ефимович, – известный ученый в области комплекса механизации производства сельскохозяйственной продукции. Под Вашим руководством разработан проект межрегиональной программы производства приоритетных видов сельскохозяйственной техники на предприятиях Сибирского региона. При Вашем непосредственном участии разрабатываются методические основы развития инновационной деятельности институтов в области инженерной сферы АПК и региональном сельхозмашиностроении, разработаны предложения по техническому перевооружению сельхозтоваропроизводителей и освоению производства.

Возглавляемый Вами с 1991 по 2006 гг. институт СибИМЭ в непростых условиях перехода к рыночной экономике внес весомый вклад в развитие аграрного сектора Сибирского региона. С 2002 по 2006 гг. Вы были заместителем председателя Сибирского отделения Россельхозакадемии по научной работе, членом Академии сельскохозяйственных наук Республики Казахстан. За время работы Вами опубликовано более 300 научных работ, включая 35 изобретений и патентов, 10 монографий, книг и 40 рекомендаций.

Под Вашим научным руководством 17 аспирантов успешно защитили диссертационные работы, в том числе четверым присвоена ученая степень доктора технических наук.

За активное внедрение в сельскохозяйственное производство результатов исследований Вы награждены орденом Знак почета, медалями, почетными грамотами Минсельхоза РФ, Россельхозакадемии.

2006 году Вам присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации», в 2000 г. – кавалера Золотого Почетного знака «Общественное признание», в 2009 г. – «Почетного работника агропромышленного комплекса России».

В этот знаменательный день разрешите пожелать Вам, Геннадий Ефимович, крепкого здоровья, благополучия, успехов в дальнейшей творческой деятельности и претворения в жизнь новых идей и разработок.

*От имени коллектива ВИМ,
директор ВИМ, академик РАН*

А. Измаилов



УДК 631.354.2 (083.131)

ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПАСПОРТА ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

Чепурин Г.Е., докт. техн. наук, профессор,
член-корр РАН;

Иванов Н.М.*, докт. техн. наук

Сибирский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства (СибИМЭ), Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий (СФНЦА РАН), п. Краснообск, Новосибирская область, 630501, Российская Федерация, *e-mail: sibime@ngs.ru

Представлена динамика урожайности зерновых культур в основных зернопроизводящих регионах Сибирского федерального округа. Выявлены основные факторы, которые необходимо учитывать при обосновании класса зерноуборочных комбайнов, чтобы их применение было эффективным в различных природно-климатических и производственных условиях. Определена степень загрузки молотилки комбайнов в зависимости от урожайности и ширины захвата валковых жаток и хедеров при раздельной и прямой уборке. Выявлено влияние содержания незерновой части в обмолачиваемой хлебной массе на пропускную способность комбайнов. Показаны изменения паспортной пропускной способности комбайнов класса 5-12 кг/с при допустимом уровне потерь за молотилкой комбайна 1,5 процента в зависимости от содержания незерновой части в составе обмолачиваемой хлебной массы. Согласно расчетам, при уменьшении солоmistости с 1,5 до 0,7 нормативного показателя пропускная способность комбайнов любого класса классической схемы возрастает в 1,45 раза, а при увеличении солоmistости до 2,3 нормативного показателя этот параметр снижается в 1,16 раза. Комбайн класса 7 кг/с полностью загружается на обмолоте валков, скошенных жатками с рабочей шириной захвата 20, 16 и 12 м при скорости движения соответственно 7,2; 9,0 и 12,0 км/ч. Комбайн класса 10 кг/с при урожайности 18 ц/га полностью будет загружен при обмолоте валков, скошенных при ширине захвата 20 м и скорости 12 км/ч, а при ширине захвата 16 м скорость должна составлять 13 км/ч. Обосновано содержание технологического паспорта на примере использования комбайнов класса 7 кг/с (GS-07) и 10 кг/с (GS-10). Представлен алгоритм определения скорости движения, обеспечивающей паспортную загрузку молотилки на обмолоте зерновых культур разной урожайности прямым или раздельным способом уборки.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, технологический паспорт, пропускная способность, класс комбайна, уборка зерновых.

■ **Для цитирования:** Чепурин Г.Е., Иванов Н.М. Обоснование разработки технологического паспорта зерноуборочных комбайнов // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. N4: С. 25-31.

JUSTIFICATION OF WORKING OUT OF COMBINE HARVESTERS TECHNOLOGICAL CERTIFICATE

G.E. Chepurin, Corresponding-member of RAS,
Dr. Sci. (Eng.), Professor;

N.M. Ivanov*, Dr. Sci. (Eng.)

Siberian Research Institute of Mechanization and elektrifiration (SibIME), Siberian Federal Research Center of agrobiotechnologies, set. Krasnoobsk, Novosibirsk district, Novosibirsk region, 630501, Russian Federation, *e-mail: sibime@ngs.ru

Dynamics of grain crops productivity in the main grain growing regions of Siberian Federal District is presented. Major factors should be considered at justification of a class of combine harvesters for their effective operation in various climatic and working conditions. loading efficiency of a combine thresher depends on productivity and operating width of windrowers or headers at straight-cutting and windrowing. A tailings maintenance in the threshed grain heap influences on the harvester capacity. Certificate capacity of combines of a class of 5-12 kg/s at the 1.5 percent admissible level of losses behind a combine thresher is depending on the tailings maintenance in the threshed grain heap. In accordance to analysis the capacity of combines of any class of the classical design increases by 1.45 times at reduction of a straw content from 1.5 to 0.7 relative to standard indicators, and decreases by 1.16 times at increase of this parameter to 2.3. The combine of a class of 7 kg/s is completely loaded when pickup threshing by harvesters with a operating width of 20; 16 and 12 m at a speed

of movement 7.2; 9.0 and 12.0 km/h respectively. The combine of a class of 10 kg/s at crop productivity of 1.8 t/ha will be completely loaded when pickup threshing if the operating width is 20 m and the speed equals 12 km/h, and at the width of 16 m speed has to make 13 km/h. The content of the technological certificate by the example of use of combines of a class of 7 kg/s (GS-07) and 10 kg/s (GS-10) is proved. The algorithm of determination of the movement speed is presented. Its use provides certificate loading of a thresher when threshing of grain crops with different productivity at straight-cutting and windrowing.

Keywords: Combine harvester; Technological certificate; Capacity; Combine class; Grain crops harvesting.

■ **For citation:** Chepurin G.E., Ivanov N.M. Justification of working out of combine harvesters technological certificate. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2016; 4: 25-31. (In Russian)

Характерной особенностью уборки зерновых в Сибири являются значительные колебания урожайности не только по природно-климатическим зонам, регионам, административным районам, предприятиям, но и по полям в пределах хозяйств.

Цель исследования – обоснование основных положений разработки технологического паспорта зерновых комбайнов класса 7 и 10.

Результаты и обсуждения. В результате анализа динамики урожайности зерновых культур [1] в основных зернопроизводящих регионах Сибирского федерального округа (СФО) за десятилетний период показано, что средняя урожайность зерновых культур находилась в пределах 12-25 ц/га, наименьшая — в Алтайском крае, наибольшая — в Красноярском крае. Средняя урожайность по годам в регионах варьировалась в пределах 13-25% (таблица).

Практически в каждом регионе есть районы, где средняя урожайность зерновых составляет 30-40 ц/га: в Красноярском крае за 2006-2010 гг. в Назаровском, Ужурском районах – 35-41 ц/га, в Новосибирской области она изменялась от 21 до 33 ц/га, в Ордынском районе – от 20-25 ц/га, а в ЗАО «Верх-Ирмень» находилась в пределах 35-42 ц/га. При таких различиях в урожайности по регионам и районам, тем более отдельным хозяйствам, единых рекомендаций по типуажу уборочной техники быть не может. Чтобы зерноуборочный комбайн любой пропускной способности работал эффективно, необходимо обеспечить условия для реализации его потенциальных возможностей, то есть его паспортной пропускной способности, за счет соответствующего шлейфа хедеров или валковых жаток, имеющих соответствующую ширину захвата, а также допустимую скорость движения комбайна.

Основными показателями, интересующими потребителя, являются производительность и пропускная способность зерноуборочных комбайнов при регламентированном уровне потерь. Используя эти показатели, рассчитывают количество необходимых комбайнов, продолжительность и экономическую эффективность уборки, выбирают ана-

логи для оценки технического уровня. Для отечественных комбайнов и в странах СНГ их пропускная способность определяется при испытаниях на машиноиспытательных станциях (МИС). Зарубежные фирмы в своих проспектах и других информационных материалах приводят технические характеристики зерноуборочных комбайнов без этих показателей.

МИС проводят испытания комбайнов при обмолоте зерновых культур на участке с прямым стеблем, влажностью зерна 10-18%, незерновой части 10-20% и отношении зерна к соломе 1:1,5, уклон поля не должен превышать 2% [2-4]. По результатам испытаний строится график изменений общих потерь зерна за молотилкой комбайна от фактической подачи хлебной массы. За паспорт-

Table		Таблица		
СРЕДНЯЯ УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР И КОЭФФИЦИЕНТ ЕЕ ВАРИАЦИИ ПО РЕГИОНАМ СФО				
AVERAGE PRODUCTIVITY OF GRAIN CROPS AND ITS COEFFICIENT OF VARIATION IN SIBERIAN FEDERAL DISTRICT REGIONS				
Регион Regions	2000-2010 гг.		2006-2010 гг.	
	Урожай- ность, ц/га Yield, t/ha	Коэффициент вариации урожайно- сти, % Yield variation coefficient, %	Урожай- ность, ц/га Yield, t/ha	Коэффициент вариации урожайно- сти, % Yield variation coefficient, %
Новосибир- ская об- ласть Novosibirsk Region	17,1	20,0	18,5	17,2
Омская область Omsk Region	14,8	25,0	14,8	20,1
Алтайский край Altai Territory	12,3	16,2	13,0	15,4
Краснояр- ский край Krasno- yarsk Territory	-	-	24,6	13,0

ную (номинальную) пропускную способность принимается пропускная способность в кг/с, соответствующая потерям зерна 1,5%, по величине, которой устанавливается класс зерноуборочного комбайна. На этапе проектирования комбайнов их пропускную способность рассчитывают, используя выражения, учитывающие конструктивные параметры рабочих органов комбайна, мощность двигателя, ширину молотилки, удельную мощность на единицу пропускной способности, объем бункера и другие факторы [4-8].

Основными факторами, определяющими фактическую производительность комбайна и реализуемость его паспортной производительности, являются: урожайность зерна и соломы; состояние урожая зерновых культур по влажности, засоренности, полеглости и т.п.; скорость движения комбайна; ширина захвата хедеров или валковых жаток; размеры полей и их конфигурация; способ уборки незерновой части урожая; техническая и технологическая надежность; транспортное обеспечение; состояние инженерной службы хозяйства; квалификация механизаторских кадров; организация уборочных работ.

Сложившаяся практика оснащения сельскохозяйственных предприятий зерноуборочной техникой во многих регионах СФО носит стихийный характер, не учитываются зональные и производственные особенности уборки зерновых, а также возможности рационального использования паспортной пропускной способности комбайнов при различных технологиях уборки, что увеличивает себестоимость значительно снижает эффективность их применения и качество получаемой продукции.

Многие комбайны модельной линейки «Палессе», особенно с высокой пропускной способностью, при уборке зерновых урожайностью до 25 ц/га недоиспользуют в Сибири свои потенциальные возможности, что значительно повышает эксплуатационные затраты и себестоимость зерна. Поэтому обоснование рационального типажа зерноуборочной техникой, учитывающее природно-климатические зональные и производственные условия, является актуальной задачей.

Степень загрузки молотилки комбайна определяется как отношение фактической подачи хлебной массы (q_f), поступающей в молотилку комбайна, к его паспортной способности (q_o), величина которой определяется массой хлебной массы, поступающей за секунду.

По данным Пустыгина М.А. [10], Терского Г.Д. [11] содержание зерна в составе хлебной массы уменьшает содержание незерновой части, что в отношении качественных показателей работы молотилки комбайна равносильно снижению нагрузки.

Процесс выделения зерна в комбайне включает две стадии: просев зерна через ворох на соломотрясе; просеивание зерна через отверстия решетки очистки и соломотряса, а также определяется структурой пространственной решетки вороха и разрыхленностью слоя на решетках и соломотрясе. Поэтому фактическая пропускная паспортная способность комбайна любого класса (q'_o) существенно зависит от доли незерновой части в составе обмолачиваемой хлебной массы и определяется по формуле:

$$q'_o = \frac{q_o(1 + \lambda_i)}{1 + \lambda_o} \quad (1)$$

где q_o – паспортная пропускная способность комбайна при отношении (λ_o) массы зерна (λ_z) к массе незерновой части (λ_c) в долях единицы, то есть:

$$\lambda_o = \frac{\lambda_z}{\lambda_c} = \frac{1}{1,5} = 0,666$$

λ_i – фактическое отношение массы зерна к массе незерновой части в долях единицы.

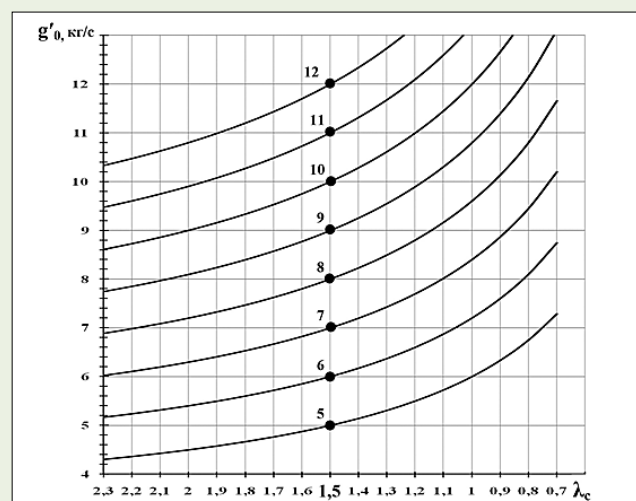


Рис. 1. Изменение пропускной способности комбайнов от содержания незерновой части в хлебной массе

Fig. 1. Harvester capacity depending on tailings content in grain heap

На рис. 1. показаны зависимости изменения паспортной пропускной способности комбайнов класса от 5 до 12 кг/с при допустимом уровне потерь за молотилкой комбайна 1,5% в зависимости от содержания незерновой части в составе обмолачиваемой хлебной массы в долях единицы от 2,3 до 0,7.

Расчеты показывают, что пропускная способность комбайнов любого класса классической схемы при изменении содержания соломы от 1,5 до 0,7 увеличивается в 1,45 раза, а при увеличении соломистости от нормативной до 2,3 пропускная способность уменьшается в 1,16 раз.

В соответствии с системой критериев качества и эффективности сельскохозяйственной техники»,

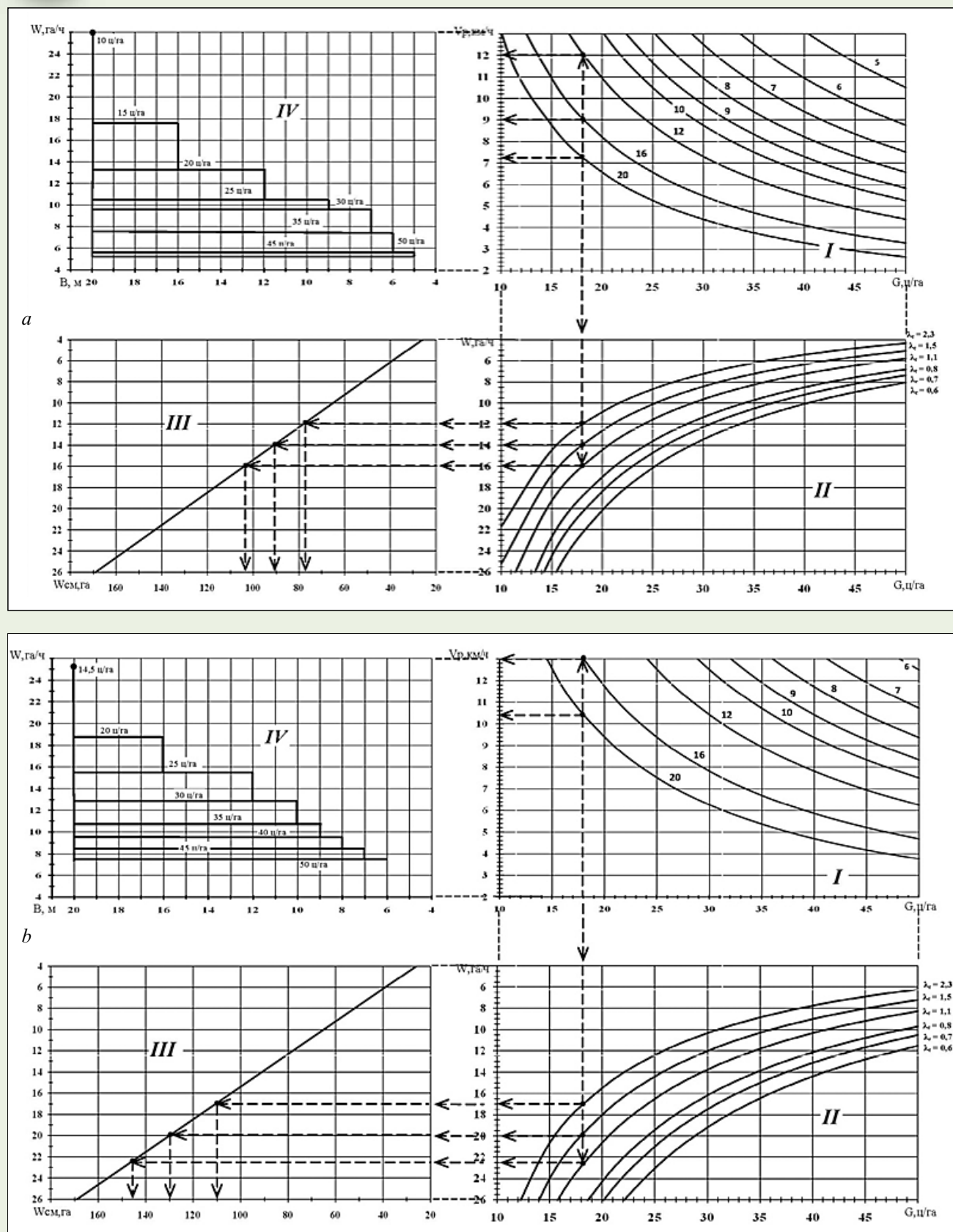


Рис. 2. Технологический паспорт комбайна:

a – класса 7 кВт (GS-07);

b – класса 10 кВт (Дон-1500Б, Acros-530, GS-10);

V_p – рабочая скорость за час чистого времени, км/ч; W , $W_{см}$ – соответственно производительность за час чистого времени,

га/ч, и за смену, га; G – урожайность зерновых, ц/га; цифры 5, 6, 7... 20 (квадрат I) и B (квадрат IV) – конструктивная ширина захвата валковой жатки, хедера, м; λ_c – незерновая часть в хлебной массе при обмолоте, в долях единицы

Fig. 2. Harvester technological certificate: a – class 7 kg/s (GS-07); b – class 10 kg/s (Don-1500B, Acros-530, GS-10):

V_p – operating speed per hour net time, km/h; W , W_{cm} – capacity corresponding per hour net time, ha/h, and per shift, ha; G – grain crops yield, dt/ha; numerical symbols 5, 6, 7... 20 (square I) and B (square IV) – design operating width of windrower ore header, m; λ_c – tailings content in grain heap when threshing, unit fraction.

изданной МСХ РФ [12], допускается недоиспользования паспортной способности комбайна не более 10%, перегрузка молотилки комбайна не допускается, т.к. приводит к значительным потерям зерна.

Современные отечественные и зарубежные зерноуборочные комбайны обеспечивают синхронизацию частоты вращения мотопила при прямом комбайнировании и подборщика при раздельной уборке со скоростью движения комбайна. Это позволяет увеличивать рабочую скорость комбайна до 12-13 км/ч, что обеспечивает оптимальную загрузку не только за счет ширины захвата, но рабочей скорости движения.

Основные теоретические положения, связанные с разработкой технологического паспорта зерноуборочного комбайна и алгоритма определения основных технологических характеристик комбайна, обеспечивающих паспортную загрузку молотилки комбайна на обмолоте зерновых культур разной урожайностью прямым и раздельным способом уборки представлены в источнике [13].

На рис. 2 представлены в виде графиков и зависимостей основное содержание технологических паспортов на примере зерноуборочных комбайнов класса 7 и 10 кг/с.

По квадрантам I и II (рис. 2) на примере уборки зерновых культур с урожайностью 18 ц/га при отношении массы зерна к незерновой части 1:1,5 показан пунктирными линиями со стрелками порядок определения рабочей скорости и производительности комбайнов класса 7 и 10 кг/с, при обмолоте сдвоенных валков, скошенных жатками с площадью шириной 20, 16, и 12 м.

Условно будем в дальнейшем принимать эти сдвоенные валки, скошенными жатками с рабочей шириной захвата 20, 16, 12 м.

Комбайн класса 7 кг/с полностью загружается на обмолоте валков, скошенных указанными жатками при скорости движения соответственно 7,2; 9; и 12,0 км/ч. Комбайн класса 10 кг/с при урожайности 18ц/га полностью будет загружен при обмолоте валков, скошенных с 20 м при скорости 12 км/ч, и при B=16 м при 13 км/ч.

По квадранту II (рис. 2) определяем рабочую производительность комбайна (класса 7 кг/с) за час чистого времени, равную 14,5 га/ч при обмолоте сдвоенных валков 12, 16, 20 м при массе незерновой части в долях единицы $\lambda_c=1,5$.

В рассматриваемом примере часовая производительность комбайна класса 7 кг/с при $\lambda_c=2,3$ $W=12$ га/ч, а при $\lambda_c=1,1$ – W будет равна 16,0 га/ч. Для комбайна класса 10 кг/с (рис. 2b) часовая производительность будет равна соответственно 18 и 23 га/час.

По квадранту III (рис. 2) определяется расчетная сменная производительность комбайна за смену, продолжительностью 10 часов и коэффициенту использования времени смены, равном 0,68 [12].

Расчетная сменная производительность комбайна класса 7 кг/с (рис. 2) при раздельной уборке зерновых урожайностью 18 ц/га при нормативной $\lambda_c=1,5$ $W_{cm}=91$ га, при $\lambda_c=2,3$, $W_{cm}=78$ га, а при $\lambda_c=1,1$ $W_{cm}=105$ га.

Сменная производительность комбайна класса 10 кг/с (рис. 2b) при раздельной уборке зерновых урожайностью 18 ц/га при аналогичном содержании незерновой части соответственно равна 130, 110 и 145 га. Аналогичным образом определяем производительность комбайнов на прямом комбайнировании при рабочей ширине захвата хедера от 5 до 12 м и нормативной доле массы незерновой части 1,5, а также на обмолоте зерновых урожайностью от 10 до 50 ц/га при изменении λ_c от 0,7 до 2,3.

Данные, представленные в квадрантах IV (рис. 2) позволяют оперативно определять в зависимости от урожайности на конкретном поле, его рельефа, длины гона, возможную скорость движения комбайна. Например, имеем поля, на котором урожайность зерновых 20 ц/га, рельеф поля, длина гона позволяет комбайну класса 7 кг/с двигаться с максимально допустимой скоростью до 13 км/ч. По квадрантам IV (рис. 2) определяем возможную скорость движения комбайна W за час чистой работы при ширине захвата жаток и хедеров B от 20 до 12 м. Комбайн класса 10 кг/с может быть, полностью загружен при работе с обмолоте валков, скошенных с площади шириной 20-16 м.

При известных сменной производительности комбайна и урожайности зерновых культур определяются приведенные издержки и себестоимость получаемой продукции. Кроме того, данные технологического паспорта позволяют установить допустимую скорость движения комбайна при уборке зерновых на каждом поле, в зависимости от рельефа, длины гона и других факторов, выбрать наиболее рациональную технологию и уборочную технику, а также степень использования паспортной способности комбайна.

Рациональное сочетание раздельной и прямой уборки зерновых, наличие необходимого шлейфа хедеров и валковых жаток в хозяйствах позволит повысить эффективность их использования, уменьшить себестоимость и повысить качество получаемой продукции.

Выводы. Представленный материал на примере обоснования основных положений разработки технологического паспорта комбайна класса 7 и 10

кг/с раскрывает только частично практическую значимость разработки аналогичных паспортов для всех классов зерноуборочных комбайнов, поставляемых в сельскохозяйственные предприятия Сибири, что крайне необходимо при обосновании типажа уборочной техники, разработке стратегии и тактики проведения уборочных работ с учетом зональных природно-климатических и производственных условий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чепурин Г.Е., Иванов Н.М., Кузнецов А.В. и др. Уборка и послеуборочная обработка зерновых культур в экстремальных условиях Сибири. М.: Росинформагротех. 2011. 175 с.
2. Клочков А.В., Дюжев А.А., Гусаров В.В. Зерноуборочные комбайны: этапы совершенствования, современное состояние, перспективы развития. Горки: БГСХА, 2012. 182 с.
3. ГОСТ 28301-89 (СТСЭВ 6542-88). Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний. М.: Издательство стандартов, 1990. 17 с.
4. Гольяпин В.Я. Анализ пропускной способности зерноуборочных комбайнов и основных показателей, определяющих ее величину: аналитическая справка (обзор). М.: Росинформагротех, 2002. 22 с.
5. Жалнин Э.В. Расчет основных параметров зерноуборочных комбайнов с использованием принципа гармоничности их конструкции. М.: ВИМ, 2001: 106.
6. Жалнин Э.В., Баранов А.А., Сулейманов М. Среднестатистическая пропускная способность зерноуборочных комбайнов. Тракторы и сельхозмашины. 1997. N8: С. 25-27.
7. Занько Н.Д. Методика оценки пропускной способности молотилки и определения класса зерноуборочного комбайна. Тракторы и сельхозмашины. 1999. N6: С. 26-28.
8. Занько Н.Д., Осипов Н.М. Оценка пропускной способности молотилки с системой интенсивной сепарации зерна. Тракторы и сельхозмашины. 1996. N10: С. 13-15.
9. Пенкин С.М. Оценка пропускной способности зерноуборочных комбайнов по известным параметрам. Тракторы и сельхозмашины. 2003. N1. С. 24-26.
10. Пустыгин М.А. Теория и технический расчет молотильных устройств. М.: Сельхозгиз, 1948. 96 с.
11. Терсков Г.Д. Расчет зерноуборочных машин. М.: Изд-во машиностр. л-ры. 1961. 213 с.
12. Система критериев качества, надежности, экономической эффективности сельскохозяйственной техники. М.: Росинформагротех, 2010. 188 с.
13. Чепурин Г.Е., Иванов Н.М. Теоретические основы разработки технологического паспорта зерноуборочного комбайна. Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2016. N 2: С. 96-105.

REFERENCES

1. Chepurin G.E., Ivanov N.M., Kuznetsov A.V. i dr. Uborka i posleuborochnaya obrabotka zernovykh kul'tur v ekstremal'nykh usloviyakh Sibiri [Harvesting and postharvest processing of grain crops in extreme conditions of Siberia]. Moscow: Rosinformagrotekh. 2011U: 175. (In Russian)
2. Klochkov A.V., Dyuzhev A.A., Gusarov V.V. Zernouborochnye kombayny: etapy sovershenstvovaniya, sovremennoe sostoyanie, perspektivy razvitiya [Harvesters: improvement stages, current state, development prospects]. Gorki: BGSKhA, 2012: 182. (In Russian)
3. GOST 28301-89 (STSEV 6542-88). Kombayny zernouborochnye. Metody ispytaniy [Grain harvesters. Test methods]. Moscow: Izdatel'stvo standartov, 1990: 17. (In Russian)
4. Gol'tyapin V.Ya. Analiz propusknoy sposobnosti zernouborochnykh kombaynov i osnovnykh pokazateley, opredelyayushchikh ee velichinu: analiticheskaya spravka (obzor) [Analysis of combine harvesters capacity and main indicators determining its value: research opinion (review)]. Moscow: Rosinformagrotekh, 2002: 22. (In Russian)
5. Zhalnin E.V. Raschet osnovnykh parametrov zernouborochnykh kombaynov s ispol'zovaniem printsipa garmonichnosti ikh konstruktssii [Combine harvesters main parameters calculation using principle of design harmony]. Moscow: VIM, 2001: 106. (In Russian)
6. Zhalnin E.V., Baranov A.A., Suleymanov M. Average capacity of combine harvesters. *Traktory i sel'skhoz mashiny*. 1997; 8: 25-27. (In Russian)
7. Zan'ko N.D. Technique of assessment of thresher capacity and definition of combine harvester class. *Traktory i sel'skhoz mashiny*. 1999; 6: 26-28. (In Russian)
8. Zan'ko N.D., Osipov N.M. Assessment of capacity of thresher with system of intensive grain separation. *Traktory i sel'skhoz mashiny*. 1996; 10: 13-15. (In Russian)
9. Penkin S.M. Assessment of combine harvesters capacity upon known parameters. *Traktory i sel'skhoz mashiny*. 2003; 1: 24-26. (In Russian)

10. Pustygin M.A. Teoriya i tekhnicheskiy raschet molotil'nykh ustroystv [Theory and engineering design of threshing mechanisms]. Moscow: Sel'khozgiz, 1948: 96. (In Russian)

11. Terskov G.D. Raschet zernouborochnykh mashin [Engineering design of grain harvesters]. Moscow: Izd-vo mashinostr. l-ry. 1961: 213. (In Russian)

12. Sistema kriteriev kachestva, nadezhnosti,

ekonomicheskoy effektivnosti sel'skokhozyaystvennoy tekhniki. Moscow: Rosinformagrotekh, 2010: 188. (In Russian)

13. Chepurin G.E., Ivanov N.M. Theoretical bases of working out of combine harvester technological certificate. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki*. 2016; 2: 96-105. (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.

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

объявляет набор

в аспирантуру на бюджетные и платные места

на 2016-2017 учебный год

Лицензия №1376 от 10.04.2016

Государственная аккредитация

(приказ Рособнадзора № 63 от 21 января 2016года)

По направлению подготовки 35.06.04

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

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

Профиль: технологии и средства механизации сельского хозяйства.

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

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

УДК 66.0473

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МАССОПЕРЕНОСА В ЗЕРНОВКЕ ПРИ ОСЦИЛЛИРУЮЩЕЙ СУШКЕ ЗЕРНА

Павлов С.А.*, канд. техн. наук;
Пехальский И.А., канд. техн. наук;

Марин Р.А.

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

При постоянном теплоподводе в начале процесса сушки интенсивность массоотдачи с поверхности зерновки превышает интенсивность подвода влаги из центра к поверхности. При этом градиент влагосодержания в зерновке увеличивается в большей степени, чем разница между равновесным влагосодержанием и влагосодержанием поверхности. В процессе сушки интенсивность массоотдачи уменьшается из-за подсушивания поверхностных слоев, градиент влагосодержания снижается, непрерывно углубляется фронт испарения, соответственно, уменьшается интенсивность процесса. Переменный теплоподвод при сушке семян и зерна позволяет интенсифицировать процесс при полном сохранении их качественных показателей. Обосновали параметры осциллирующей сушки. Изучили массоперенос в зерновке для трех режимов сушки: без отлежек, с отлежками после периода нагрева и отлежками после периода охлаждения. Сравнили эффективность осциллирующих режимов сушки с режимом сушки при постоянном теплоподводе. Массоперенос изучали в процессе сушки, определяя влажность зерновок и их частей – оболочки и ядра. Выявлены закономерности массопереноса, предложены оптимальные режимы осциллирующей сушки: (соотношение периодов «нагрев – охлаждение» равно 10:10 мин, отлежка в течение 15 мин после периода «нагрев»). Предложены физическая и математическая модели. Получено уравнение для расчета длительности отлежки. Рекомендовано использовать осциллирующий режим сушки с отлежками, продолжительность которых должна быть достаточной для перераспределения влаги в зерновках, что сохраняет качество семян и зерна. Наличие отлежек несколько затягивает (на 5 процентов при отлежке подогретого и на 10 процентов – неподогретого зерна) процесс сушки по сравнению с тем же режимом без отлежек, но позволяет снизить удельные затраты теплоты на 20-25 процентов. Установили, что при осциллирующем режиме целесообразно ограничиться длительностью отлежки, при которой влагосъем возрастает прямо пропорционально времени.

Ключевые слова: сушка зерна, массоперенос, осциллирующие режимы сушки.

■ **Для цитирования:** Павлов С.А., Пехальский И.А., Марин Р.А. Экспериментальные исследования массопереноса в зерновке при осциллирующей сушке зерна // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. N4. С. 32-37.

EXPERIMENTAL STUDIES OF MASS TRANSFER IN CARYOPSIS AT GRAIN OSCILLATING DRYING

S.A. Pavlov*, Cand. Sci. (Eng.),
I.A. Pekhal'skiy, Cand. Sci. (Eng.),

R.A. Marin

All-Russia Research Institute of Mechanization for Agriculture, 1st Institut'skiy proezd, 5, Moscow, 109428, Russian Federation, *e-mail: vim@vim.ru

At a continual heatsupply at the beginning of drying process intensity of a mass transfer from a caryopsis surface exceeds intensity of moisture supply from its center to a surface. Thus the moisture content gradient in the caryopsis increases more than a difference between equilibrium moisture content and surface one. In the course of drying intensity of a mass tranfer decreases because of predrying of surface layers, the gradient of moisture content decreases, the front of evaporation continuously goes deep, respectively, intensity of process decreases. The variable heatsupply when seeds and grains drying allows to intensify process at full preservation of their quality indicators. The aythors proved parameters of oscillating drying and studied a mass transfer in a caryopsis for three drying modes: without lying, with lying after the heating period and lying after the cooling period. They compared efficiency of the oscillating drying modes to the drying mode at a continual heatsupply. The mass transfer was studied in the course of drying, humidity of a caryopsis and its

cover and kernel was defined. Regularities of a mass transfer are revealed, the optimum modes of oscillating drying are offered: (the proportion of the periods «heating – cooling» is equal 10:10 minutes, an 15 minutes lying after the period «heating»). Physical and mathematical models are offered. The equation for calculation of lying duration is received. It is recommended to use the oscillating mode of drying with lying which duration should be sufficient for moisture redistribution in the caryopsis that keeps quality of seeds and grain. The lying extends process of drying (by 5 percent for an lying warmed up grain and by 10 percent for not warmed up one) in comparison with the same mode without lying, but allows to lower specific costs of warmth by 20-25 percent. At the oscillating mode lying duration is expedient when moisture removal increases in direct ratio to time.

Keywords: Grain drying; Mass transfer; Oscillating modes of drying.

■ **For citation:** Pavlov S.A., Pekhal'skiy I.A., Marin R.A. Experimental studies of mass transfer in caryopsis at grain oscillating drying. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2016; 4: 32-37. (In Russian)

Совершенствование технологии и технических средств сушки семян и зерна остаются приоритетным для АПК России [1-3]. Теоретическим и экспериментальным вопросам осциллирующей сушки зерна посвящен ряд работ [4-9], в том числе предложены устройства для совершенствования технических средств метода [10,11]. Однако внутренний массоперенос практически не исследован.

Особенности строения зерновки – малый размер и анизотропность – создают большие трудности при теоретическом исследовании внутреннего массопереноса. Поэтому важное значение приобретают экспериментальные методы. Интенсивность испарения влаги с поверхности зерновки зависит от коэффициента диффузии влаги, определяющего скорость ее подвода из центральных слоев к поверхности, и коэффициента массоотдачи, характеризующего механизм перемещения влаги с поверхности зерновки в окружающую среду [5].

При непрерывном теплоподводе в начале процесса сушки интенсивность массоотдачи с поверхности зерновки превышает интенсивность подвода влаги из центра к поверхности. При этом градиент влагосодержания в зерновке увеличивается в большей степени, чем влагосодержание поверхности отличается от равновесного. В процессе сушки интенсивность массоотдачи уменьшается из-за подсушивания поверхностных слоев. Градиент влагосодержания в зерновке снижается, соответственно, уменьшается интенсивность процесса, непрерывно углубляется фронт испарения, увеличивается внутридиффузионное сопротивление.

При осциллирующей сушке в начальной стадии, когда преобладает внешний массообмен, целесообразно увеличивать температуру агента сушки и скорость фильтрации сушильного агента, так как зерно периодически охлаждается. Во втором периоде сушки при преобладании внутреннего массообмена перед внешним снижается интенсивность массоотдачи с поверхности зерновки. Для выравнивания полей ее влагосодержания и интенсифи-

кации внутреннего массопереноса целесообразна организация отлежек, в том числе при максимальной допустимой температуре нагрева зерна, что позволит интенсифицировать процесс сушки при сохранении качественных показателей зерна. Чтобы определиться с организацией и длительностью отлежек при переменном теплоподводе, необходимы экспериментальные исследования по изучению полей влагосодержания в зерновке.

Цель исследования – определение оптимальных режимов осциллирующей сушки, в ходе экспериментов по изучению массопереноса и длительности отлежек.

Для этого были поставлены следующие задачи:

- исследование полей влагосодержания в зерновке для трех режимов осциллирующей сушки: без отлежек, с отлежками нагретого и охлажденного зерна;
- изучение механизма массопереноса в зерновке при этих режимах;
- обоснование физической и математической моделей для расчета длительности отлежек.

Материалы и методы. Программа работ предусматривала сушку увлажненного зерна пшеницы влажностью 20 и 24% в тонком слое (~10 мм) до 13-14% при следующих режимах:

- осциллирующий режим без отлежек с соотношением периодов нагрева и охлаждения 1:1 при экспозиции нагрева (охлаждения) 5, 10 и 20 мин;
- осциллирующий режим с отлежками длительностью 10, 20 и 40 мин после периодов нагрева и охлаждения с указанными выше экспозициями;
- режим с постоянной температурой агента сушки без отлежек.

Через каждые 2-5 мин вентилирования зерна агентом сушки или воздухом отбирали из кассеты навески зерна, срезали оболочки и определяли влажность частей зерновки, а также зерна. Причем масса взвешиваемых оболочек составляла не менее 0,5 г, масса ядер и зерновок – 5 г, взвешивание навесок из оболочек осуществлялось с погрешностью $\delta = \pm 1 \cdot 10^{-4}$ г, навесок из ядер и зерна – с погреш-

ностью $\delta = \pm 1 \cdot 10^{-3}$ г. Влажность определяли высушиванием в сушильном шкафу. Скорость агента сушки – 0,5 м/с, его температура – 55-75°C.

Опыты проводили на лабораторной установке, включающей кассету с решетчатым днищем диаметром 120 мм и высотой 0,2 м, которую устанавливали на гнездо диффузора воздушного канала калорифера и вентилятора. Увлажненный материал засыпали в кассету, продували агентом сушки, высушивая до кондиционной влажности, периодически отбирая навески. Осциллирующий режим осуществляли периодическим отключением калорифера. Температура агента сушки поддерживалась автоматически: при осциллирующем режиме температура агента сушки была задана на 15°C выше, чем в контрольных опытах. Эта величина была обусловлена допустимым повышением температуры зерна в конце сушки на 2-2,5°C, в отличие от режима при постоянной температуре агента сушки. Так как продолжительность воздействия теплового фактора меньше, то предельно допустимая температура зерна была выше на 2,0-2,5°C [7, 12, 13].

Результаты и обсуждение. Изменение разности $\Delta W = W_{\text{я}} - W_{\text{об}}$ (где $W_{\text{я}}$, $W_{\text{об}}$ – влажность ядра и оболочки, %) от времени сушки τ для двух режимов осциллирующей сушки и контрольного опыта приведено на рисунке 1. Установлено, что величина ΔW быстро возрастает вследствие снижения $W_{\text{об}}$, достигает максимума и монотонно снижается.

Быстрое снижение величины ΔW (кривые 2 и 3) способствует уменьшению поверхностного градиента влагосодержания и безопасности процесса сушки, в частности семенного зерна, как в начальный период, так и в его конце при повышенной температуре нагрева.

Разность влажностей ΔW между ядром и оболочкой служит определяющим фактором при выборе режима сушки: чем она ниже, тем меньше вероятность механических повреждений оболочки и трещинообразования в зерновках крупносеменных культур.

Действительно, в начале процесса сушки разность ΔW между ядром и оболочкой максимальна, но поскольку в этот период удаляется преимущественно слабосвязанная влага, значительная величина ΔW не критична для безопасной сушки. Однако в дальнейшем ее следует ограничить, например отлежками. Зависимость изменения влажности оболочки и ядра зерновки при осциллирующем режиме сушки приведена на рисунке 2.

Установлено первоначальное резкое снижение влажности оболочки, что обусловлено ее капиллярно-пористой структурой в отличие от капиллярно-пористой коллоидной структуры ядра, которая легко отдает влагу при отлежке и так же легко поглощает ее. Снижение поверхностного вла-

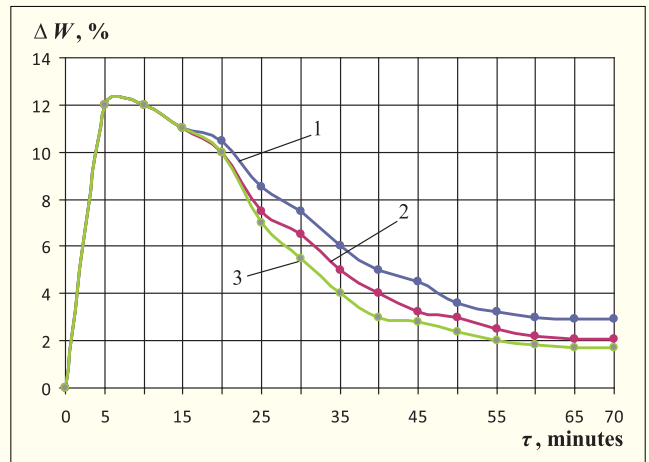


Рис. 1. Зависимость изменения ΔW от τ при длительности отлежек 10 мин (длительность отлежек в графике не учтена): 1 – непрерывный теплоподвод; 2 – осциллирующий режим без отлежек, 3 – осциллирующий режим с отлежками подогретого зерна; отношение периодов нагрев – охлаждение 10:10 мин

Fig. 1. Dependence of ΔW from τ taking into account 10 minutes lying duration (lying duration in graphics is not considered): 1 – continuous heatsupply; 2 – oscillating mode without lying, 3 – oscillating mode with lying of the warmed-up grain; relation of the periods «heating – cooling» equals 10:10 minutes

госодержания оболочки, сменяется некоторым увеличением его, что экспериментально подтверждено сушкой гороха [14].

Это явление может быть объяснено следующим образом. Уже в первом периоде нагрева в оболочке поверхность испарения углубляется до ядра. Скорость этого углубления возрастает с увеличением интенсивности влагоотдачи. В первый момент вслед-

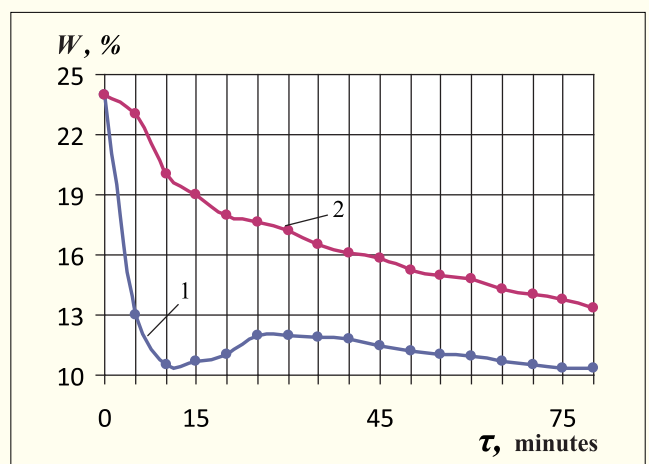


Рис. 2. Изменение влажности зерновки при осциллирующем режиме в зависимости от времени: 1 – оболочка, 2 – ядро (отношение периодов «нагрев-охлаждение» 10:10 мин)

Fig. 2. Change of cariopsis humidity at the oscillating mode depending on time: 1 – cover, 2 – kernel (relation of the periods «heating – cooling» equals 10:10 minutes)

ствие энергичного нагрева на поверхности зерновки возникает значительный температурный градиент, который в дальнейшем быстро снижается. Углубление зоны испарения приводит к возрастанию гидродинамического сопротивления поверхностной пленки и к структурным изменениям в оболочке, вследствие чего возможно некоторое увеличение в ней концентрации влаги, интенсивно мигрирующей из внутренних слоев к зоне испарения в связи с заметным увеличением коэффициента диффузии.

Графики зависимости влажности зерновки и ядра от времени имеют типичную классическую форму, но при осциллирующей сушке влажность ядра снижается более интенсивно, так как процесс переноса влаги из ядра в оболочку интенсифицируется, в отличие от массопереноса при постоянной температуре.

Рассматривая процесс осциллирующей сушки с отлежками, отметим, что после периода нагрева оболочка зерновки достигает влажности, близкой к равновесной, в периоде охлаждения этот показатель продолжает снижаться, но медленнее. При отлежках отмечено скачкообразное повышение влажности с уменьшающейся во времени амплитудой (рис. 3).

Выявлены некоторое повышение средней влажности оболочки и снижение средней влажности ядра по сравнению с осциллирующей сушкой без отлежек. Эти изменения характерны для всего процесса сушки, но наибольшее изменение амплитуды ΔW отмечено в начале процесса.

Установлено, что режим сушки с отлежками охлажденного зерна характеризуется меньшей величиной ΔW , что объясняется замедленным выравниванием полей влагосодержания в зерновке.

Для практической реализации осциллирующих режимов в зерносушилках важное значение имеет обоснованная величина длительности отлежек, при которых происходит выравнивание полей влагосодержания в зерновке. Естественно, чем она меньше, тем меньше экспозиция сушки и выше пропускная способность сушилки. Однако с повышением длительности отлежки происходит более полное выравнивание полей влажности в зерновках с последующей интенсификацией процесса, и лучше сохраняются качественные показатели зерна и семян. Вначале величина ΔW возрастает прямо пропорционально длительности отлежки $\tau_{от}$, затем экспоненциально возрастает до 6-7% и после 40 мин практически не меняется. На наш взгляд, целесообразно ограничиться величиной $\tau_{от}=15$ и 20 мин соответственно для режима осциллирования с отлежками после периода нагрева и после периода охлаждения, в которых ΔW возрастает прямо пропорционально изменению $\tau_{от}$.

Установлено, что кривые сушки зерна при не-

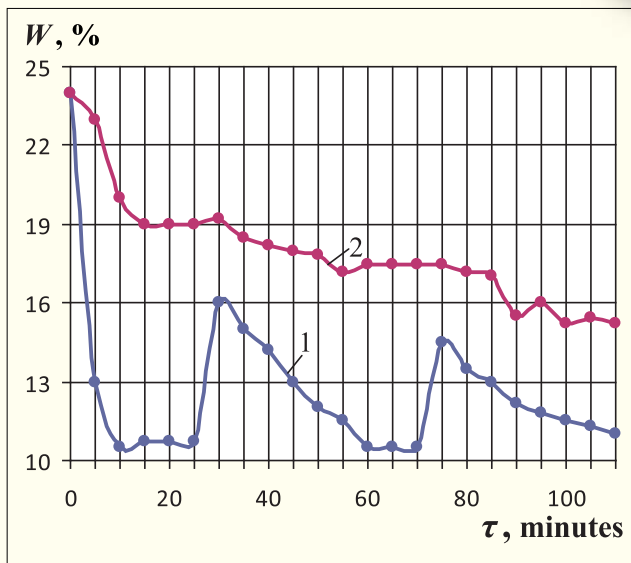


Рис. 3. Изменение влажности зерновки при осциллирующем режиме с отлежками подогретого зерна по 10 мин (длительность отлежек в графике не учтена): 1 – оболочка; 2 – ядро

Fig. 3. Change of cariopsis humidity at the oscillating mode with lying of the warmed-up grain during 10 minutes (lying duration in graphics is not considered): 1 – cover; 2 – kernel

прерывном и переменном теплоподводе однотипны. Длительность сушки с переменным теплоподводом на 5-10% больше, чем с постоянным. Причем при отлежке подогретого зерна она меньше, чем на отлежке охлажденного. Температура высушенного зерна при осциллирующих режимах без отлежек на 1-2°C превышала температуру зерна высушенного при постоянном теплоподводе, а с отлежками температура агента сушки была сопоставима с температурой зерна в контрольных опытах.

Проведенные исследования показывают, что режим сушки оказывает существенное влияние на поле влагосодержания. Режим с постоянным теплоподводом приводит к пересушиванию поверхности зерна, интенсивному углублению поверхности испарения, созданию больших градиентов влагосодержания, что небезопасно для семян. Интенсивный теплообмен с поверхностью зерна вызывает быстрое испарение влаги, находящейся в капиллярах оболочек (стыковая влага макропор либо влага капиллярного состояния), что может привести в дальнейшем к росту температуры выше допустимой, к усадке и снижению качества зерна.

Осциллирующий режим благодаря промежуточному охлаждению в меньшей степени пересушивает поверхность зерновки и характеризуется пониженными градиентами влагосодержания. Интенсивность отлежек позволяет, наравне с перераспределением полей влагосодержания, снизить температуру зерна, обеспечить щадящий режим сушки. Несмотря на некоторое увеличение экспозиции сушки, осциллиру-

ющие режимы с отлежками более приоритетны.

Благодаря пористой структуре оболочка зерновки легко насыщается влагой при увлажнении и легко отдает ее при сушке. При увлажнении она существенно увеличивает свою толщину (с 0,07 до ~0,1 мм), аккумулируя достаточно большое количество влаги, и играет роль своеобразного «насоса», перекачивающего влагу при чередовании периодов отлежки и вентилирования. Это позволяет снизить удельные затраты тепла при сохранении качественных показателей семян.

При разработке модели примем следующие допущения: толщина оболочки $\delta_3 = \text{const}$ (δ_3 – эквивалентная величина) на протяжении всего исследуемого периода и равна для пшеницы $\delta_3 \approx 1 \cdot 10^{-4}$ м.

Ввиду цикличности процесса начальное влагосодержание зерна примем равным средней величине $U_{cp} = \frac{U_0 + U_k}{2}$ (U_0 , U_k – соответственно, начальное и конечное влагосодержание, кг вл./кг сух.мат.). Считаем, что также $a_m = \text{const}$ (a_m – коэффициент диффузии, м²/с).

Математическая модель расчета длительности отлежки. Пренебрегая потерями влаги в окружающую среду, запишем массу влаги, перемещенной из ядра в оболочку при отлежке, в виде:

$$dM = \frac{a_m \rho (U_{cp} - U_p)}{2(R - \delta_3)}, \quad (1)$$

где ρ – плотность влаги, кг/м³.

U_p – равновесие влагосодержание; кг вл./кг сух.мат.

R – радиус зерновки, м.

Этот поток влаги можно записать следующим образом:

$$dM = \frac{G}{d\tau_{от}} \frac{dU}{F}, \quad (2)$$

где G – масса оболочки, кг;

$d\tau_{от}$ – длительность отлежки, с;

F – массообменная поверхность оболочки, м².

Приняв во внимание, что $\delta_3 \ll R$, величину G можно представить в виде: $G_b = V_0 \rho \approx \delta F \rho$, где V_0 – объем оболочки, м³.

Приравняв правые части выражений (1) и (2) и решая полученное уравнение относительно $\tau_{от}$, получим:

$$\tau_{от} = \frac{2 \delta_3 (R - \delta)}{a_m} \ln \frac{U_{cp} - U_p}{U_k - U_p} \quad (3)$$

где U_k – кондиционное влагосодержание зерна, кг вл./кг сух.мат.

Выводы. При сушке семян и зерна рекомендует- ся выбирать осциллирующий режим. Существенное влияние на процесс сушки оказывает длительность отлежек, которая должна быть достаточной для перераспределения влаги в зерновках. Это не только сохраняет качество семян и зерна, но и позволяет интенсифицировать процесс. Наличие отлежек несколько затягивает (на 5% при отлежке подогретого и на 10% – неподогретого зерна) процесс сушки по сравнению с тем же режимом без отлежек, но позволяет снизить удельные затраты теплоты (по предварительным расчетам до 20-25%). При осциллирующем режиме без отлежек экспозиция сушки меньше, чем с отлежками. Однако непрерывную сушку семян не рекомендуется использовать при влагосъеме более $\Delta W = 6\%$. Целесообразно ограничиться длительностью отлежек, когда влагосъем возрастает прямо пропорционально времени отлежки (15-20 мин).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П. Система технологий и машин для инновационного развития АПК России // Система технологий и машин для инновационного развития АПК России: Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции, Москва, 17-18 сентября 2013 г., Ч. 1. М.: ВИМ, 2013. С. 9-12.
2. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П. Инновационные механизированные технологии и автоматизированные технические системы для сельского хозяйства // Модернизация сельскохозяйственного производства на базе инновационных машинных технологий и автоматизированных систем: Сборник докладов XII Международной научно-технической конференции, Углич, 10-12 сентября 2012 г. Ч. 1. М.: ВИМ, 2012. С. 31-44.
3. Елизаров В.П., Антышев Н.М., Бейлис В.М., Шевцов В.Г. Исходные требования на технологические операции в растениеводстве // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2011. N1. С. 11-14.
4. Любошиц И.Л., Слободкин Л.С., Пикус И.Ф.

Сушка дисперсных термочувствительных материалов. Минск: Наука и техника, 1969. 213 с.

5. Голубкович А.В., Павлов С.А., Орехов А.П., Козлов В.И. Сушка семян рапса в карусельной сушилке при осциллирующем режиме // Техника в сельском хозяйстве. 2011. N4. С. 25-28.

6. Голубкович А.В., Павлов С.А., Лукин И.Д., Машковцев М.Ф. Расчет параметров осциллирующей сушилки зерна в мобильной зерносушилке // Тракторы и сельхозмашины. 2013. N5. С. 28-29.

7. Голубкович А.В., Павлов С.А. Оптимизация сушилки зерна при осциллирующем режиме // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2014. N1. С. 10-14.

8. Пат. N2519809 РФ. Способ сушки семян и зерна и устройство для его осуществления / Голубкович А.В., Павлов С.А., Лукин И.Д., Машковцев М.Ф. // Бюл. 2014. N17.

9. L. Kocsis, M. Herdovics, J. Deákvari, and L. Fenyvesi. Corn drying experiments by pilot dryer. Agronomy



Research. Vol. 9. Biosystem Engineering. 2011. Special Issue 1. pp. 91-97.

10. Пат. N2472085 РФ. Способ сушки семян и зерна и устройство для его осуществления / Голубкович А.В., Павлов С.А., Измайлов А.Ю. // Бюл. 2013. N1.

11. Новоселов С.В. Сушка семян гороха и бобов в насыпи: Автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. М.: РАСХН, 1970. 19 с.

12. Sadjad Abasi & Saeid Minaei. Effect of Drying

Temperature on Mechanical Properties of Dried Corn. Journal: Drying Technology. Vol. 32, Issue 7, May 2014, pp. 774-780.

13. Sadjad Abasi, Saeid Minaei, and Mohammad Hadi Khoshtaghaza. Performance of a recirculating dryer equipped with a desiccant wheel. Journal: Drying Technology. Vol. 34; Issue 8; June 2016: 863-870.

14. Dr. Kenneth J., Hellevang, PE

Extension Agricultural Engineer Grain Drying North Dakota State University, Fargo, North Dakota 2013, P. 24

REFERENCES

1. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P. Sistema tekhnologiy i mashin dlya innovatsionnogo razvitiya APK Rossii [System of technologies and machinery for innovative development of agrarian and industrial complex of Russia]. Sistema tekhnologiy i mashin dlya innovatsionnogo razvitiya APK Rossii: Sbornik nauchnykh dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, Moskva, 17-18 sentyabrya 2013 g. [System of technologies and machinery for innovative development of AIC of Russia: Proceedings of the International scientific and technical conference, Moscow, 17-18 September 2013] Vol. 1., Moscow: VIM, 2013: 9-12. (In Russian)

2. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P. Innovatsionnye mekhanizirovannye tekhnologii i avtomatizirovannye tekhnicheskie sistemy dlya sel'skogo khozyaystva [Innovative mechanized technologies and the automated technical systems for agriculture]. Modernizatsiya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva na baze innovatsionnykh mashinnykh tekhnologiy i avtomatizirovannykh sistem: Sbornik dokladov XII Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, Uglich, 10-12 sentyabrya 2012 g. [Modernization of agricultural production on basis of innovative machine technologies and automated systems: Proceedings of the International scientific and technical conference, Uglich, 11-12 September 2012]. Vol. 1. Moscow: VIM, 2012: 31-44. (In Russian)

3. Elizarov V.P., Antyshev N.M., Beylis V.M., Shevtsov V.G. Initial requirements of technological operations in plant growing. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2011; 1: 11-14. (In Russian)

4. Lyuboshits I.L., Slobodkin L.S., Pikus I.F. Sushka dispersnykh termochuvstvitel'nykh materialov [Drying of disperse thermosensitive materials]. Minsk: Nauka i tekhnika, 1969; 213. (In Russian)

5. Golubkovich A.V., Pavlov S.A., Orekhov A.P., Kozlov V.I. Rape seeds drying in rotary dryer at oscillating mode. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve*. 2011; 4: 25-28. (In

Russian)

6. Golubkovich A.V., Pavlov S.A., Lukin I.D., Mashkovtsev M.F. Calculation of parameters of grain oscillating drying in mobile grain-dryer. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2013; 5: 28-29. (In Russian)

7. Golubkovich A.V., Pavlov S.A. Optimization of drying of grain at oscillating mode. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2014; 1: 10-13. (In Russian)

8. Pat. No. 2519809 RF. Sposob sushki semyan i zerna i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya [Way of grain drying and device for its implementation]. Golubkovich A.V., Pavlov S.A., Lukin I.D., Mashkovtsev M.F. Byul. 2014. 17. (In Russian)

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

10. Pat. No. 2472085 RF. Sposob sushki semyan i zerna i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya [Way of seeds and grain drying and device for its implementation]. Golubkovich A.V., Pavlov S.A., Izmaylov A.Yu. Byul. 2013.1. (In Russian)

11. Новоселов С.В. Сушка семян гороха и бобов в насыпи [Drying of bulk seeds of peas and beans]: Avtoref. diss. ... kand. s.-kh. nauk. Moscow: RASKhN, 1970; 19. (In Russian)

12. Sadjad Abasi & Saeid Minaei. Effect of Drying Temperature on Mechanical Properties of Dried Corn. Journal: Drying Technology. Vol. 32, Issue 7, May 2014, pp. 774-780/ (In English)

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

14. Kenneth J. Hellevang. Grain Drying. North Dakota State University, Fargo, North Dakota 2013, 24 pp. (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 631.37+629.35

ОПТИМАЛЬНОЕ СООТНОШЕНИЕ ОСНОВНЫХ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ РАБОТ ПРИ ПРЯМОТОЧНОМ ВНЕСЕНИИ УДОБРЕНИЙ

Уваров В.П.;

Левшин А.Г., докт. техн. наук, профессор;

Майстренко Н.А.*

Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, Тимирязевская ул., 49, Москва, 127550, Российская Федерация,

*e-mail: nmaystr@mail.ru

Использование транспортно-технологических средств осуществляется по прямоточной схеме и включает поэтапное выполнение как основных нормообразующих работ (перевозку удобрений, перемещение и распределение их по полю), так и вспомогательных (возвращение средств с поля и погрузку удобрений). Приведен метод сопоставления основных видов работ при внесении удобрений. В качестве оценочных критериев приняты соотношение грузоперемещений по дороге и по полю, коэффициент пропорциональности между перемещением груза по полю и площадью распределения удобрений. Эти показатели зависят от расстояний транспортировки и доз внесения удобрений, а также от технологического фактора – плотности перемещений груза по полю. Последняя характеристика принята за оптимизируемый параметр. Поиск экстремума этого показателя проводили классическим методом. Получены оптимальные значения оценочных показателей с учетом варьирования соотношения грузоперемещений и ширины захвата технических средств. Указаны конкретные сочетания расстояний перевозки и доз внесения удобрений. Определены условия эффективного использования тракторных и перспективных автомобильных транспортно-технологических средств. Рекомендовано использовать автосредства, позволяющие изменять ширину захвата. Реализация изложенного методологического подхода к выбору оптимального соотношения механизированных работ при прямоточном внесении удобрений позволит исключить дополнительные грузоперемещения по полю, снизить расход топлива, повысить производительность. Показали, что производительность транспортно-технологических средств возрастает в 2,0; 1,3 и 1,15 раза соответственно для длины гона 3; 9 и 27 км при внесении удобрений дозой 0,06 кг/кв.м.

Ключевые слова: внесение удобрений, моделирование технологического процесса, плотность грузоперемещений по полю, эффективность использования транспортно-технологических средств.

■ **Для цитирования:** Уваров В.П., Левшин А.Г., Майстренко Н.А. Оптимальное соотношение основных механизированных работ при прямоточном внесении удобрений // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. №4. С. 38-43.

OPTIMUM RATIO OF MAIN MECHANIZED OPERATIONS FOR DIRECT-FLOW FERTILIZERS INTRODUCTION

V.P. Uvarov;

A.G. Levshin, Dr. Sci. (Eng.), Professor;

N.A. Maystrenko*

Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya St., 49, Moscow, 127550, Russian Federation, *e-mail: nmaystr@mail.ru

Use of transport and technological means is carried out according to the direct-flow scheme and includes stage-by-stage performance as the main standard-setting operations (fertilizers transportation, movement and their distribution across a field), and auxiliary (return from a field and loading of fertilizers). The method of comparison of main types of operations at fertilizers application is given. An estimation criterion is a ratio of cargo movements on a road and across a field, proportionality coefficient between movement of freight and a fertilizers distribution area across the field. These indicators depend on transportation distances and doses of fertilizers application, and also on technology factor that is freight moving frequency across the field. The last characteristic is taken as the optimized parameter. An extremum of this indicator was searched due to a classical method. Optimum values of estimated indicators with the accounting of a variation of a ratio of load capacity and operating width of technical means are received. Concrete combinations of

transportation distances and doses of fertilizers application are specified. The authors defined conditions of effective use of tractor and perspective automobile transport and technological means. They recommended to use the automeans allowing to change operating width. Realization of the stated methodological approach will make it possible to select an optimum ratio of the mechanized operations at direct-flow fertilizers application, to exclude additional cargo movements across the field, to cut fuel consumption, to increase productivity. Productivity of transport and technological means increases by 2.0; 1.3 and 1.15 times respectively to length of furrow 3; 9 and 27 km at fertilizers application by a dose of 0.06 kg per sq.m.

Keywords: Fertilizers application; Technological process modeling; Frequency of cargo movements across a field; Efficiency of transport and technological means use.

For citation: Uvarov V.P., Levshin A.G., Maystrenko N.A. Optimum ratio of main mechanized operations for direct-flow fertilizers introduction. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2016; 4: 38-43. (In Russian)

Внесение удобрений – интенсивный агротехнологический прием, направленный на сохранение плодородия почвы и повышение урожайности сельскохозяйственных культур. Значительную долю применяемых удобрений составляют твердые минеральные туки и органические биоты. Вносят их чаще всего при основной обработке почвы сплошным способом типовыми тракторными (ТС), а в перспективе и автомобильными (АС) транспортно-технологическими средствами (ТТС) [1-6].

Цель исследований – применение упрощенного способа сопоставления структурных видов работ при выполнении сложного механизированного процесса.

Материалы и методы. Использование ТТС осуществляется по прямоточной схеме и включает поэтапное выполнение как основных нормообразующих работ трех видов: на перевозке удобрений (A_a), на перемещении (A_p) и распределении (A_b) их по полю, так и вспомогательных работ: возвращение ТТС с поля и погрузку удобрений [7-10].

Каждую из этих работ и технологический процесс в целом общепринято характеризовать данными о производственных условиях, эксплуатационными параметрами и показателями использования технических средств [11-14].

Производственные условия характеризуют дозой внесения U удобрений, расстоянием перевозки L_T , длиной гона L , углом склона α , агрофоном поля, группой дороги. К параметрам ТТС относят грузоперемещаемость Q , ширину захвата B , скорость движения по дороге V_T и по полю V_P . Результат применения средств оценивают обработанной площадью F , рабочим путем по полю L_P , временем единичного цикла работ t_e , производительностью W_e и другими показателями, рассмотренными ниже.

На основании этих величин рассчитывают объемы основных работ по формулам рисунка 1.

Из сравнения объемов устанавливают превалирование одного из основных видов работ и анализируют его влияние на результат технологического процесса. Тем самым выявляют причины, вызывающие возможные дополнительные грузопереме-

щения по полю (переуплотнение почвы), снижение производительности и повышение удельного (на единицу работы) расхода топлива, а также другие факторы неэффективного использования ТТС в конкретной производственной ситуации.

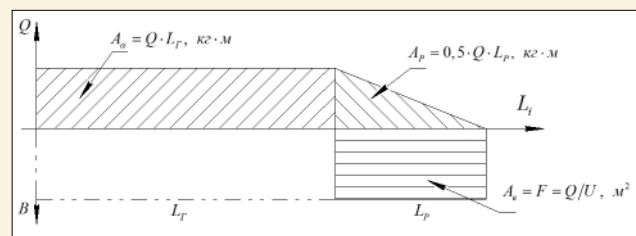


Рис. Изменение объемов работ на пути движения ТТС с грузом (по дороге и по полю)

Fig. Operations amounts change at movement of transport and technological means with freight (on road and across field)

Сопоставление видов работ проводят на основании результатов расчета соотношений объемов каждой из работ между собой, а для оценки их пропорций рекомендуется определять следующие показатели:

а) степень превалирования работы грузоперемещения по дороге над работой по перемещению груза по полю:

$$q_{ap} = (A_a/A_p) = 2L_T/L_P;$$

б) коэффициент пропорциональности между работой по перемещению груза по полю и работой по распределению удобрений по площади поля:

$$q_{pb} = (A_p/A_b) = 0.5 \cdot L_P \cdot U, \text{ кг} \cdot \text{м}/\text{м}^2;$$

в) индекс транспортно-технологического процесса (соотношение транспортной и полевой работ):

$$q_{ab} = (A_a/A_b) = L_T \cdot U, \text{ кг} \cdot \text{м}/\text{м}^2.$$

Из сравнения уравнений следует, что для любых ТТС значения оценочных показателей зависят от исходных условий работы (L_T , U), а также от показателя L_P . Его численное значение предопределяется конкретной величиной U и разными (в зависимости от марки ТТС) соотношениями между Q

и B по формуле $L_p = Q/(B \cdot U)$.

Таким образом, для ТТС разной мощности, выполняющих процесс в заданных условиях, оценочные показатели будут оптимальными только при обеспечении рационального соотношения между Q и B , то есть $Q/B \rightarrow \text{opt}$, какими бы ни были собственно значения Q и B .

Принимая важность такого обстоятельства, обозначим $Q/B = \omega$, где ω – обобщающий технологический показатель, кг/м (или кг·м/м²). По физическому смыслу ω – плотность грузоперемещений по полю (на единицу обработанной площади) или удельная (на единицу ширины захвата) грузоемкость ТТС.

С учетом зависимости $L_p = \omega/U$ оценочные характеристики сопоставления объемов работ будут выражены зависимостью от ω как $q_{ав} = 2L_{Г} \cdot U/\omega$ и $q_{рв} = \omega/2$. Из этого следует, что для заданных $L_{Г}$ и U численные соотношения работ обусловлены величиной ω . По нему можно обосновывать рациональность соотношения работ и устанавливать степень превалирования одной из работ в функциональном назначении ТТС: как транспортного или полевого средства.

К тому же с учетом оптимального показателя ω_0 на последующих этапах моделирования процесса составляют целевые функции технико-экономических критериев, по которым для заданных доз внесения удобрений и расстояний перевозки выбирают мощность, скорость движения по дороге, полю и ширину захвата для ТТС заданной грузоемкости кузова. Определяют также производительность и денежные затраты при использовании ТТС.

Наряду с этим надо помнить, что при определении ω принимать произвольно значения Q и B нельзя. Они связаны между собой экспоненциальной зависимостью через баланс мощности ТТС.

Дальнейшие выкладки объясняют метод поиска оптимального значения этого важного показателя, характеризующего как технологический процесс в целом так и отдельно эффективность использования любого ТТС.

Классический метод исследования функций на экстремум наиболее уместен для этого случая. Следуя ему, процесс использования ТТС представляют в виде математической модели. На ее блок-схему воздействуют входные параметры: исходные данные о внешних условиях, эксплуатационные характеристики технических средств, целевая функция (критерий оптимальности), ограничения; а на выходе из системы – оптимизируемый параметр и обратные (управляющие) связи.

Основной этап подготовки модели к исследованию – формулирование целевой функции. Так как параметр A_a «проявляется» при полевой работе, а

она в свою очередь составляет часть от полного объема работ, то в критериях необходимо учитывать:

- объемы по грузоперемещению ($A_p = 0,5 \cdot Q \cdot L_p$) на длине единичного рабочего хода L_p и по распределению удобрений по площади ($A_b = F = B \cdot L_p$) поля;
- принятое нормирование объемов работ в размерности, т/ч;
- связи Q и B через ω в балансе мощности для полевых условий;
- каждый отрезок времени единичного цикла работ, с:

$$t_e = \sum_i^5 t_i, \text{ с},$$

где t_1 – время ожидания погрузки и другие вероятностные простои (до 25% от t_2); t_2 – время погрузки удобрений, t_3 – время доставки груза на поле; t_4 – время внесения удобрений; t_5 – время возвращения с поля.

Таким требованиям отвечает целевая функция: $W_e = Q/t_e$, которая соответствует цикловой производительности, то есть массе удобрений, вносимых за время единичного транспортно-полевого процесса, кг/с.

На следующих этапах формирования модели для оптимизации требуется выразить Q и t_e в виде функции $f(\omega)$.

Зависимость $Q = f(\omega)$ принимается из баланса мощности средства при работе на поле в виде:

$$Q = \frac{N \cdot \xi_N / V_p}{g \cdot \varphi \cdot (1 + \delta) / (\eta_b \cdot \eta_m) + U \cdot e_N / (\omega \cdot \eta_b)}, \text{ кг},$$

где N – эксплуатационная мощность средства, Вт;
 ξ_N – коэффициент использования мощности;
 g – ускорение силы тяжести, Н/кг;
 φ – коэффициент сопротивления перемещению;
 $\delta = M_e/Q$ – отношение массы энергомашины (с прицепом или кузовом) M_e к грузоемкости Q ;
 e_N – удельная (на единицу подачи удобрений) мощность на привод ВОМ, кН·м/кг;
 η_b, η_m, η_v – коэффициенты, учитывающие потери мощности, соответственно на буксование, в трансмиссии, на привод ВОМ.

Это уравнение можно привести к виду:

$$Q = \frac{C_Q}{\alpha_Q + \epsilon_Q / \omega},$$

где $C_Q = N \cdot \xi_N / V_p$, Н;

$$\alpha_Q = \frac{g \cdot \varphi \cdot (1 + \delta)}{\eta_b \cdot \eta_m}, \text{ Н/кг};$$

$$\epsilon_Q = \frac{U \cdot e_N}{\eta_v}, \text{ Н/м}.$$

Зависимость $t_e = f(\omega)$ выводят из баланса времени единичного цикла работ $t_e = \sum_i^5 t_i$, с учетом уравнений:

$$t_1 + t_2 = 1,25 \cdot Q/W_n;$$

$$t_3 + t_5 = 2 \cdot L_{\Gamma}/V_{\Gamma};$$

$$t_4 = (L_p/V_p) + n_x \cdot t_{x1} = \omega/(V_p \cdot U) + [(\omega \cdot t_{x1})/(U \cdot L)] = [(\omega \cdot t_{x1})/(U \cdot L)] = \omega \cdot [1/(V_p \cdot U) + t_{x1}/(U \cdot L)],$$

где W_n – производительность погрузчика, кг/с;
 n_x – количество поворотов на поле за один цикл;
 t_{x1} – время одного поворота, с.

После преобразования получаем зависимость

$$t_e = c_t + a_t + \varepsilon_t \cdot \omega,$$

где $c_t = 1,25 \cdot Q/W_n$, с;

$$a_t = 2 \cdot L_{\Gamma}/V_{\Gamma}, \text{ с};$$

$$\varepsilon_t = (1/V_p \cdot U) + (t_{x1}/U \cdot L) = (1/V_p \cdot U) \cdot (1 + L_{x1}/L), \text{ с} \cdot \text{м/кг},$$

где $L_{x1} = t_{x1} \cdot V_{\Gamma}$ – условный путь ТТС по полю за время поворота ($t_{x1} = 15$ с) со скоростью V_{Γ} ($V_{\Gamma} = 16$ м/с для автомобиля и $V_{\Gamma} = 8$ м/с для трактора).

Заключительный этап моделирования связан с поиском оптимального значения технологического показателя ω_0 . Изначально следует представить критерий оптимальности в зависимости от переменной ω . Подставив в целевую функцию развернутые выражения Q и t_e , получим:

$$W_e = \frac{C_Q / (c_t + a_t + \varepsilon_t \cdot \omega)}{a_Q + \varepsilon_Q / \omega} \rightarrow \max.$$

Далее исследуют функцию на экстремум классическим методом.

Из условия $\partial W_e / \partial \omega = 0$ (после дифференцирования и решения уравнения) получили оптимальное значение $\omega_0 = \left(\frac{a_1 \cdot \varepsilon_Q}{a_Q \cdot \varepsilon_1} \right)^{0,5}$, а в развернутом виде:

$$\omega_0 = U \cdot \left(\frac{2 \cdot L_{\Gamma} \cdot e_N \cdot \eta_{\delta} \cdot \eta_M}{\varepsilon_v \cdot (1 + L_{x1}/L) \cdot g \cdot \varphi \cdot (1 + \delta) \cdot \eta_{\varepsilon}} \right)^{0,5}, \text{ кг/м}.$$

Из анализа уравнения следует, что оптимальное значение ω_0 не зависит от мощности, скоростных режимов работы ТТС и производительности погрузчика.

В большей мере оно зависит от дозы внесения удобрений длины транспортировки удобрений и соотношения скоростей движения ТТС по дороге и полю, а в меньшей мере – от длины гона и коэффициента сопротивления перемещению.

В формуле для определения ω_0 особый интерес представляет сомножитель в виде радикала с математическим выражением под ним. Обозначим его через L_{po} . Из сравнения формул $\omega_0 = U \cdot L_{po}$ и $\omega_0 = Q/B = U \cdot L_p$ получим выражение:

Table 1		Таблица 1
Исходные данные BASIC DATA		
Показатели Indicators	Урал 432065 Ural 432065	МТЗ-82.1+РУП-6 MTZ-82.1+RUP-6
Q, кг	6000/20	6000/20
ω_T , кг/м	300	300
W_n , кг/с	10	10
V_{Γ}/V_p , м/с	16/3,2	8/3,2
ε_v	5	2,5
t_{x1} , с	15	15
N, Вт	140000	57000
ξ_N	0,8	0,8
α , град.	0	0
φ (стерня)	0,1	0,1
L, м	800	800
K_L , м	240	300

$$L_{po} = \sqrt{K_L \cdot L_{\Gamma} / \varepsilon_v \cdot \varphi}.$$

По сути оно обозначает оптимальную длину единичного рабочего хода по полю, одинаковую для любых марок однотипных ТТС, так как L_{po} не зависит от мощности средства.

Величина L_{po} предопределяется в большей мере данными о внешних условиях L_{Γ} , L , L_x , (группа дороги, тип агрофона) и в меньшей – константами, характеризующими особенности конструкции движителей и разбрасывающих органов ТТС (ε_v ; φ ; e_N ; η_M ; η_{δ} ; η_v).

Такая трактовка определения L_{po} ориентирует пользователя на новое понимание направлений модернизации и резервов эффективного использования технических средств.

Для практических инженерных расчетов целесообразно привести зависимость к упрощенному виду $\omega_0 = f(U, L_{\Gamma}, \varepsilon_v, \varphi)$ посредством применения корректирующего коэффициента, учитывающего действия с константами по формуле:

$$K_L = \frac{2 \cdot e_N \cdot \eta_{\delta} \cdot \eta_M}{(1 + L_{x1}/L) \cdot g \cdot (1 + \delta) \cdot \eta_{\varepsilon}}, \text{ м}.$$

Table 2		Таблица 2	
РЕЗУЛЬТАТЫ ОБОСНОВАНИЯ RESULTS OF JUSTIFICATION			
АС		ТС	
$L_{Г}, км$	$U, кг/м^2$	$L_{Г}, км$	$U, кг/м^2$
3	0,24	1	0,20
9	0,15	3	0,14
27	0,08	9	0,10

Средневзвешенные значения постоянных величин в формуле K_L приняты следующие: $e_N = 3400$ и $e_N = 240$ (Н·м/кг), соответственно, для внесения твердых минеральных и органических удобрений;

$\eta_0 = \eta_M = 0,95$; $\eta_B = 0,9$; $g = 9,81$; Н/кг; при $L = 800$ м значения $L_{x1} = 240$ и $L_{x1} = 120$ м, а также $\delta = 1,2$ и $\delta = 1,0$, соответственно, для автомобильных (АС) и тракторных (ТС) средств.

При этом численные значения K_L составляют для АС – 240 м, а для ТС – 300 м.

Упрощенная формула оперативных расчетов позволит работникам ИТС определять оптимальные производственные условия эффективного использования конкретного ТТС с фиксированным значением ω_T . Они будут соответствовать условиям, при которых получено ω_T , то есть соблюдается тождество $\omega_0 = \omega_T$.

Реализовать L_{p0} предлагается установкой механизма регулирования ориентировочно в пределах $(0,5 \dots 2,0) B_k$, где B_k – ширина, установленная изготовителем.

Для машин с $\omega_T = const$ можно приблизиться к значению ω_0 изменяя также Q в допустимых пределах $(0,6 \dots 1,1) Q_H$ от номинальной грузоподъемности, принимая во внимание состояние дороги и поля. Если известно, как определяется и чем обеспечивается ω_0 , то можно установить оптимальные значения оценочных показателей работ $q_{ар0}$ и $q_{рвв}$ для каждого поля, характеризующегося различными сочетаниями U и L_T ; затем для них подобрать любые марки ТТС, у которых $\omega_T = \omega_0$. При этом их мощность не ограничивается критериями денежных затрат, но их производительность будет максимальной, если их Q и B дают ω_0 .

Результаты и обсуждение. В ходе определения оптимального соотношения механизированных работ использовали данные таблицы 1. Итоговые расчеты показателей использования ТТС приводятся в табличном виде для двух типов ТТС: АС – Урал 432065; ТТС – МТЗ-82.1+РУП-6.

Из сопоставления этих данных с по показателями процесса при ω_T и ω_0 следует, что производительность ТТС возрастает в 2,0; 1,3 и 1,15 раза, соответственно для $L_T = 3$; 9; 27 км при внесении удобрений дозой $U = 0,06$ кг/м². Это увеличение при ω_0 было достигнуто повышением $q_{ар}$, соответственно, в 4,0; 2,5 и 1,5 раза путем уменьшения объема полевой работы A_p из-за снижения L_p .

Рациональность использования ТС и АС ($\omega_T = const$) обеспечивается при определенных условиях (табл. 2).

Расширить перечень других сочетаний L_T и U , при которых эффективно использование ТТС с постоянными Q и B , можно на основании экстраполяции табличных данных.

Эффект от применения ТТС на поле, удаленном на расстоянии L_T , но с участками, требующими разных U , достигается в случае, когда B подбирается для каждого U из условия $B_0 = Q/\omega_0$. Это обстоятельство подтверждает целесообразность внедрения механизма регулирования режимов и параметров работы разбрасывающего органа. С его помощью можно изменять B до оптимального значения B_0 , приближая тем самым функционирование ТТС с изменяемой B в системе точного земледелия.

Выводы

Предложенный методологический подход к оптимизации обобщенного технологического параметра ω (плотности грузоперемещений по полю) позволяет выбирать такое соотношение между грузоподъемностью и шириной захвата ТТС, при реализации которого исключаются дополнительные грузоперемещения по полю, повышение расхода топлива и снижение производительности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Левшин А.Г., Уваров В.П., Майстренко Н.А. Модель оптимизации параметров транспортно-технологических автомобилей // Технология колесных и гусеничных машин. 2014. №1. С. 25-26.
2. Майстренко Н.А., Уваров В.П. Потребительские ориентиры эффективного использования перспективных транспортно-технологических средств // Вестник МГАУ имени В.П. Горячкина. 2016. №1. С. 14-15.
3. Mingrino F. Virtual design and development. Automotive Manufacturer; 2007: 24-35.
4. Blackmore B.S., Wheeler P.N., Morris, R.M., Morris, J. & Graham, J. (1994a) "Information Technology in Arable Farming", Report for Scottish Natural Heritage; TIBRE Project.
5. Зангиев А.А. Оптимизация состава и режимов работы МТА по критериям ресурсосбережения: Автореф. дисс. д-ра техн. наук. М.: МИИСП, 1988. 34 с.
6. Дзюценидзе Т.Д., Галкин С.Н., Левшин А.Г. и др. Специализированный автомобильный транспорт сельскохозяйственного назначения. М.: Металлургиздат, 2013. 368 с.
7. Измайлов А.Ю., Евтюшенков Н.Е. Автотранспорт для перевозки сельскохозяйственных грузов // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2011. №2. С. 19-20.
8. Марченко Л.А., Мочкова Т.В., Колесникова В.А., Козлова А.И. Состояние производства и применения жидких минеральных удобрений в сельском хозяйстве // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2015. №6. С. 36-41.
9. Козлов И.Б., Базегский Э.П., Романов Г.В., Михеев В.В., Колесникова В.А. Гербицидный модуль к комбинированному агрегату МПТД-12 для полосного подсева семян в дернину сенокосов и пастбищ // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2010. №1. С. 36-38.
10. Козлов И.Б., Романов Г.В., Пакшвер С.Л., Базегский Э.П., Марченко А.Н. Совершенствование мобильных машин для внесения жидких органических

удобрений // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2011. №1. С. 41-43.

11. Личман Г.И., Марченко Н.М. Механика и технологические процессы применения органических удобрений. М.: ВИМ, 2001. 335 с.

12. Blackmore B.S. and Marshall C.J. Yield Mapping Errors and Algorithms in 3rd International Conf. on

Precision Agriculture, edited by Robert, Rust and Larson. (ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI. 1996).

13. Blackmore B.S. Precision Farming; An Introduction. Outlook on Agriculture. Vol. 23, No 4, (1994) CABI

14. Blackmore B.S. (1994) "Precision Farming – an introduction." Outlook on Agriculture, 23 (4), CAB International.

REFERENCES

1. Levshin A.G., Uvarov V.P., Maystrenko N.A. Model of optimization of parameters of transport and technological machines. *Tekhnologiya kolesnykh i gusenichnykh mashin*. 2014; 1: 25-26. (In Russian)

2. Maystrenko N.A., Uvarov V.P. Consumption priorities of effective use of perspective transport and technological means. *Vestnik MGAU imeni V.P. Goryachkina*. 2016; 1: 14-15. (In Russian)

3. Mingrino F. Virtual design and development. *Automotive Manufacturer*; 2007: 24-35. (In English)

4. Blackmore B.S., Wheeler P.N., Morris, R.M., Morris, J. & Graham, J. (1994a) "Information Technology in Arable Farming", Report for Scottish Natural Heritage; TIBRE Project.

5. Zangiev A.A. Optimizatsiya sostava i rezhimov raboty MTA po kriteriyam resursoberezheniya [Optimization of structure and operating modes of MTA by criteria of resource-saving: Avtoref. diss. d-ra tekhn. nauk. Moscow: MIISP, 1988: 34. (In Russian)

6. Dzotsenidze T.D., Galkin S.N., Levshin A.G., et al. *Spetsializirovanny avtomobil'nyy transport sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya* [Specialized motor transport of agricultural purpose]. Moscow: Metallurgizdat, 2013: 368. (In Russian)

7. Izmaylov A.Yu., Evtyushenkov N.E. Motor transport for agricultural freight. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2011; 2: 19-20. (In Russian)

8. Marchenko L.A., Mochkova T.V., Kolesnikova V.A., Kozlova A.I. Condition of production and application of liquid mineral fertilizers in agriculture. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2015; 6: 36-41. (In Russian)

9. Kozlov I.B., Bazegskiy E.P., Romanov G.V., Mikheev V.V., Kolesnikova V.A. Herbicidal module to combined MPTD-12 unit for strip reseeding of seeds in grassland sod. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2010; 1: 36-38. (In Russian)

10. Kozlov I.B., Romanov G.V., Pakshver S.L., Bazegskiy E.P., Marchenko A.N. Improvement of mobile machines for liquid organic fertilizers introduction. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2011; 1: 41-43. (In Russian)

11. Lichman G.I., Marchenko N.M. *Mekhanika i tekhnologicheskie protsessy primeneniya organicheskikh udobreniy* [Mechanics and technological processes of organic fertilizers application]. Moscow: VIM, 2001: 336. (In Russian).

12. Blackmore B.S. and Marshall C.J. Yield Mapping Errors and Algorithms in 3rd International Conf. on Precision Agriculture, edited by Robert, Rust and Larson. (ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI. 1996).

13. Blackmore B.S. Precision Farming; An Introduction. Outlook on Agriculture. Vol. 23, No 4, (1994) CABI

14. Blackmore B.S. (1994) Precision Farming – an introduction. Outlook on Agriculture, 23 (4), CAB International.

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 631.319.06

ДИНАМИКА ДВИЖЕНИЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ БОРОЗДЫ В ГРУНТЕ

Зоря М.В.

Таврический государственный агротехнологический университет, ул. Свердлова, 39, кв. 65, г. Мелитополь, Запорожская область, 72312, Украина, e-mail: zorya-5@mail.ru

Глубина бороздок при посеве кукурузы напрямую связана с глубиной хода лапы бороздообразователя, равномерность которой определяет устойчивость уровня хода сошников сеялки. Эти показатели зависят от микрорельефа поля, состояния почвы, режима обработки и конструктивных параметров машин. Действие первых двух факторов на лапу культиватора с бороздообразователем носит случайный характер и определяется суммой дисперсий от каждой из входящих переменных на выходе динамического звена. Получили математическую модель и определили передаточную функцию. Рассчитали амплитудные частотные характеристики динамической системы. Выявили, что шарнирно-упругое соединение культиваторной лапы с бороздообразователем в виде закрылков или отвальчиков с рамой пропашной сеялки увеличивает амплитуду ее колебаний в продольной и вертикальной плоскостях. Это наблюдали при частотах 1,3-1,6 Гц, соответствующих колебаниям микрорельефа поля, но не входящих в диапазон резонансных. Доказали, что значительное уменьшение колебаний бороздообразователя возможно при его оборудовании пружиной, жесткость которой должна быть не менее 20 кН/м. Рекомендовали на грунтах с удельным сопротивлением до 50 кН/м заменить шарнирно-упругое соединение на жесткое.

Ключевые слова: обработка почвы, рабочий орган, бороздообразователь, тяговое сопротивление.

■ **Для цитирования:** Зоря М.В. Динамика движения рабочего органа для образования борозды в грунте // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. N4. С. 44-47.

MOVEMENT DYNAMICS OF WORKING TOOL FOR SUBSOIL FURROW FORMATION

M.V. Zoria

Tavria State Agrotechnological University, Sverdlov St., 9, of. 65, Melitopol, 72312, Ukraine, e-mail: zorya-5@mail.ru

A furrow depth at the corn furrow drilling depends on the working depth of the furrower hoe also on stability of drill openers operating depth. The main factors which influence on the furrower motion steadiness are field microrelief, soil condition, tillage mode and their design parameters. The effect of two first factors groups on the hoe with a furrower occurs at random and is determined as a sum of dispersions of every variable at the dynamic unit output. A transfer function was determined on the basis of the received mathematical model. The amplitude frequency characteristics of the dynamic system were calculated. The analysis of the theoretical amplitude frequency characteristics showed jointed elastic junction of the cultivator hoe with the furrower in a shape of wing flap or blades with the row-crop drill frame results its fluctuation amplitude raising in longitudinal and vertical planes. It was ascertained for the frequency range from 1.3 to 1.6 Hz which represent field microrelief fluctuation, but not resonant ones. The authors proved that significant fluctuation decrease of the furrower is possible if it be equipped with a spring which rate equals more than 20 kN per m. It was recommended to change jointed elastic junction with the rigid one on the soils with the unit resistance up to 50 kN per m.

Keywords: Soil cultivation; Working tool; Furrower; Draught resistance.

■ **For citation:** Zoria M.V., Movement dynamics of working tool for subsoil furrow formation. *Sel'skokhozyaystvennyye mashyny i tekhnologii*. 2016; 4: 44-47. (In Russian)

При бороздовом посеве кукурузы равномерность глубины хода сошников сеялки в значительной степени зависит от качества борозды, которая, в свою очередь, связана с уровнем хода лапы бороздообразователя [1, 2]. При этом большое значение имеют его тяговое сопротивление и устойчивость

движения по глубине, которые зависят от конструктивных параметров, режима движения бороздообразователя и способа присоединения его к раме.

Сопротивление перемещению клинообразных рабочих органов в грунте определяли по четырем компонентам сопротивления [3, 4].

Цель исследований – разработка и исследование математической и динамической моделей движения рабочего органа в продольно-вертикальной плоскости, а также определение тягового сопротивления и конструктивно-эксплуатационных параметров бороздообразователей с закрылками и отвальчиками.

Материалы и методы. Рассматривается движение бороздообразователей, имеющих вид плоско-режущих лап с добавленными к ним на концах крыльев закрылками и отвальчиками [5, 6]. Борозда должна формироваться с верхнего сухого слоя грунта, без выноса на поверхность нижнего влажного слоя. Грунт должен быть хорошо уложенным с двух сторон борозды, а поле – иметь вид гофрированной поверхности [7]. Учитывая то, что перемещение грунта происходит одновременно крыльями, стойкой, закрылками (отвальчиками лапы), а их воздействие на грунт не одинаково, задачу формирования профиля поля следует решать комплексно.

Результаты и обсуждение. Устойчивость хода рассматриваемого рабочего органа по глубине – один из важнейших показателей качества обработки почвы. Заглубление рабочих органов больше установленной нормы влечет за собой отбрасывание в междурядья увлажненного грунта и увеличение сопротивления агрегата, а заглубление меньше установленной нормы, наоборот, оставляет в борозде почву и ухудшает условия прорастания семян, что приводит к изреженным всходам.

На устойчивость хода рабочих органов культиватора влияют прежде всего микрорельеф поля, состояние почвы, режим обработки и их конструктивные параметры. Микрорельеф поверхности поля зависит от качества ранее проведенных культивации и боронования. Состояние почвы характеризуется сопротивлением обработке, которое в основном связано с ее механическим составом (жесткостью) и влажностью [7]. Режим обработки характеризуется глубиной установки рабочих органов и скоростью движения агрегата. К конструктивным параметрам рабочих органов относятся углы раствора, крошения, заточки, ширина захвата и др. [8, 9].

Действие первых двух групп факторов на лапу культиватора случайно. А влияние режима обработки и конструктивных параметров носит детерминированный характер. Секцию культиватора с шарнирной подвеской или на жестком кронштейне можно рассматривать как динамическую систему, воспринимающую действие переменных факторов (входных переменных) и перерабатывающую их, изменяя значение выходной величины, а именно глубины хода $H(t)$. В данном случае входными переменными будут микронеровности рельефа поля $h(t)$ и реактивное сопротивление почвы $R(t)$ [10, 11].

Поскольку в процессе обработки поля на $h(t)$ и

$R(t)$ непосредственно влиять нельзя, то обеспечение устойчивости глубины обработки в основном будет зависеть от свойств динамической системы, выраженной через конструктивные параметры и режим работы агрегата. Входные воздействия носят случайный характер, поэтому устойчивость глубины обработки можно определить только вероятностными характеристиками.

Из теории случайных функций известно, что характеристикой случайного процесса, позволяющей судить об изменении исследуемого выходного параметра, служит его дисперсия. Для ее определения необходимо знать спектральную плотность входного сигнала и передаточную функцию динамической системы [12, 13].

При наличии двух независимых входных переменных (сигналов), что имеет место в нашем случае, дисперсия на выходе динамического звена равна сумме дисперсий от каждой из входящих переменных:

$$D_H = D_{H1} + D_{H2}, \quad (1)$$

где D_{H1} – дисперсия глубины обработки от влияния реактивного сопротивления почвы;

D_{H2} – дисперсия глубины обработки от влияния микронеровностей рельефа поля.

Определим дисперсию глубины обработки в зависимости от влияния реактивного сопротивления почвы. Для этого воспользуемся выражением:

$$D_{H1} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} W_1(p) \cdot W_1(-p) \cdot S_{R_z}(p) \cdot dp, \quad (2)$$

где $W_1(p)$ – передаточная функция динамического звена реактивного сопротивления почвы;

S_{R_z} – спектральная плотность реактивного сопротивления грунта;

p – параметр преобразования Лапласа.

Для определения передаточной функции $W_1(p)$ на основании схемы (рисунок) составляется урав-

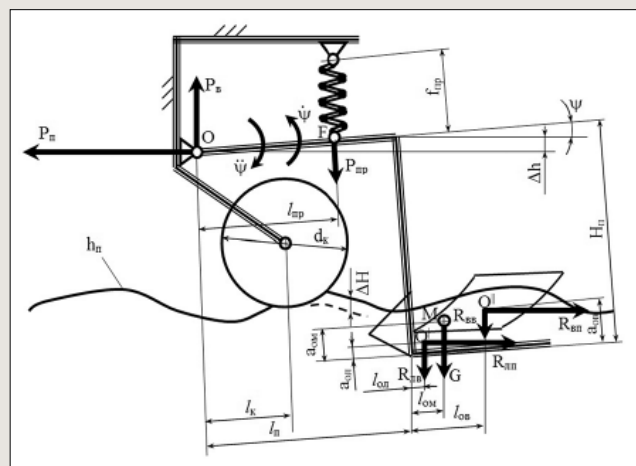


Рис. Схема колебаний рабочего органа в продольно-вертикальной плоскости

Fig. Schema of working tool horizontally and vertically oscillation

нение колебаний рабочего органа относительно рамы (точки O) с обобщенной координатой ψ при условии, что рабочий орган движется с постоянной поступательной скоростью V , все элементы абсолютно жесткие, зазоры в шарнирах отсутствуют, а угол ψ остается малой величиной.

Кинетическая энергия движения лапы в продольно-вертикальной плоскости будет иметь вид:

$$T = \frac{1}{2} \left\{ I_{po} + I_n + m_{po} [(l_n + l_{om})^2 + (H_n - a_{om})^2] + \right. \\ \left. + \frac{1}{4} m_{po} l_n^2 \right\} \dot{\psi}^2 + (m_{po} + m_n) V_0^2, \quad (3)$$

где I_{po} , I_n – центральные моменты инерции в продольно-вертикальной плоскости рабочего органа (лапы с отвальчиками) и поводка соответственно;

m_{po} , m_n – массы лапы с отвальчиками и поводка соответственно.

Продифференцировав аналитическое выражение (3), получим уравнение Лагранжа, которое будет иметь вид:

$$\left[I_{po} + I_n + m_{po} [(l_n + l_{om})^2 + (H_n - a_{om})^2] + \frac{1}{4} m_{po} l_n^2 \right] \ddot{\psi} = Q_\psi, \quad (4)$$

где Q_ψ – обобщенный момент сил.

Придав звеньям малое приращение $\Delta\psi$ и учитывая, что $\sin(\Delta\psi) \approx \Delta\psi$, а $\cos(\Delta\psi) \approx 1$, получим выражение для обобщенного момента сил:

$$Q_\psi = \sum M(R_i)_O \approx R_{лп} [H_n - a_{ол} - (l_n + l_{ол}) \Delta\psi] + \\ + R_{вп} [H_n - a_{ов} - (l_n + l_{ов}) \Delta\psi] - \\ - R_{лв} [l_n + l_{ол} + (H_n - a_{ол}) \Delta\psi] - \\ - G [l_n + l_{ом} + (H_n - a_{ом}) \Delta\psi] - \\ - R_{вв} [l_n + l_{ов} + (H_n - a_{ов}) \Delta\psi] - P_{пр} \cdot l_{пр} \quad (5)$$

где $R_{лв}$, $R_{лп}$ – вертикальная и горизонтальная составляющие сопротивления передвижению лапы в почве;

$R_{вв}$, $R_{вп}$ – то же самое для сопротивления передвижению отвальчиков;

G – общий вес рабочего органа;

$P_{пр}$ – усилие сжатия пружины.

На основании выражений (4) и (5), выполнив преобразования относительно обобщающей координаты ψ , запишем математическую модель дви-

жения рабочего органа в продольно-вертикальной плоскости в виде дифференциального уравнения:

$$a_0 \ddot{\psi} + a_1 \dot{\psi} + a_2 \psi + a_3 = 0, \quad (6)$$

где $a_0, \dots, a_3$, – коэффициенты, зависящие от конструктивно-технологических параметров рабочего органа.

С помощью математической модели (6) получена передаточная функция $W_I(p)$, которая переводит колебания угла ψ в колебания глубины обработки почвы и представляет собой консервативное звено:

$$W_I(p) = \frac{K}{T^2 \cdot p^2 + 1}, \quad (7)$$

где $K = -l_n \cdot a_3 / a_2$ – коэффициент усиления динамической системой входящего влияния угла ψ ;

$T = (a_0 / a_2)^{1/2}$ – постоянная времени, характеризующая инерционные свойства рабочего органа.

Резонансная частота колебаний (ω) данного консервативного звена зависит от конструктивно-технологических параметров рабочего органа, входящих в коэффициенты a_0 и a_2 математической модели (6):

$$\omega = \frac{1}{T} = \left(\frac{a_2}{a_0} \right)^{1/2}. \quad (8)$$

На основании полученной передаточной функции $W_I(p)$ были рассчитаны амплитудные частотные характеристики динамической системы при отработке ею возмущения в виде угла ψ .

Выводы. Анализ теоретических амплитудных частотных характеристик показал, что шарнирно-упругое агрегатирование комбинированного рабочего органа влечет за собой повышение амплитуды его колебаний в продольно-вертикальной плоскости. Особенно это ощущается на частотах 1,3-1,6 Гц, которые представляют собой колебания микрорельефа поля, но не входят в диапазон резонансных.

Существенное (до 20 раз) уменьшение колебаний бороздообразователя возможно при его оборудовании пружиной, жесткость которой должна быть больше 20 кН/м.

Это значение настолько велико, что в реальных условиях шарнирно-упругое соединение рабочего органа с рамой машины практически адекватно жесткому. Поэтому на грунтах с удельным сопротивлением до 50 кН/м шарнирно-упругое соединение можно заменить жестким.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент Украины N20954. Бороздообразователь / Баев И.В., Зоря М.В., Кюрчев В.Н. и др. 2007.
2. Артамонов В.А. К вопросу разработки рабочих органов сеялки культиватора для полосного посева зерновых культур // Сборник научных трудов ВИМ. Т. 151. М.: ВИМ, 2004. С. 146-154.
3. Синекоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин – М.: Машиностроение, 1977. 328 с.
4. Шабала Н.А. Механизация возделывания кукурузы. Кишинев: Молдагроинформреклама, 1991. 174 с.
5. Медведев В.И., Дмитриев С.Ю. Теоретическое обоснование экспериментальной установки для опре-



деления параметров и режимов работы культиваторного рабочего органа на упругой подвеске // Сборник трудов Международной научно-практической конференции. Чебоксары: Чувашская ГСХА, 2002. С. 176-179.

6. Шайхов М.К., Шайдуллин Х.Х., Артамонов В.А., Писарев О.С. Перспективные направления развития технологий и техники полосного и прямого посева зерновых культур // Сборник научных трудов ВИМ. Т. 147. М.: ВИМ, 2003. С. 166-177.

7. Лобачевский Я.П. Прочностные и деформационные свойства связных задерненных почв // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2011. № 3. С. 18-20.

8. Бурченко Д.П., Волобуев В.А. Рациональные рабочие органы для обработки паров // Сборник научных трудов ВИМ. Т. 135. М.: ВИМ, 2000. С. 198-202.

9. Писарев О.С. Обоснование параметров и разра-

ботка комбинированного сошника сеялок для прямого посева зерновых культур: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М.: ВИМ, 2006. 24 с.

10. Верняев О.В. Культиватор с колебательными рабочими органами // Изучение и усовершенствование пропашных фрез и культиваторов: Сборник научных трудов. М.: НТС ВИСХОМ, 1965. С. 241-245.

11. Джавадов Р.Д. Теоретическое обоснование комбинированного полуактивного почвообрабатывающего рабочего органа культиватора // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2009. № 4. С. 33-36.

12. Воднев В.Т., Наумович А.Ф., Наумович Н.Ф. Основные математические формулы. Минск: Вышэйшая школа, 1980. 336 с.

13. Аппель П. Теоретическая механика. Т. 1. М.: Гос. изд. физико-математической литературы, 1960. 516 с.

REFERENCES

1. Patent Ukrainy N20954. Borozdoobrazovatel' [Furrower]. Baev I.V., Zorya M.V., Kyurchev V.N., et al. 2007. (In Ukrainian)

2. Artamonov V.A. K voprosu razrabotki rabochikh organov seyalki-kul'tivatora dlya polosnogo poseva zernovykh kul'tur [Revisiting working out of working tools of cultivating drill for strip seeding of grain crops]. Sbornik nauchnykh trudov VIM. Vol. 151. Moscow: VIM, 2004: 146-154. (In Russian)

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

4. Shabala N.A. Mekhanizatsiya vozdeystviya kukuruzy [Corn growing mechanization]. Kishinev: Moldagroinform-reklama, 1991: 174. (In Russian)

5. Medvedev V.I., Dmitriev S.Yu. Teoreticheskoe obosnovanie eksperimental'noy ustanovki dlya opredeleniya parametrov i rezhimov raboty kul'tivatornogo rabocheho organa na uprugoy podveske [Theoretical justification of experimental facilities for dimensioning and operating modes of cultivator working tool on flexible mounting]. Sbornik trudov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Cheboksary: Chuvashskaya GSKhA, 2002: 176-179. (In Russian)

6. Shaykhov M.K., Shaydullin Kh.Kh., Artamonov V.A., Pisarev O.S. Perspektivnye napravleniya razvitiya tekhnologii i tekhniki polosnogo i pryamogo poseva zernovykh kul'tur [Perspective directions of development of technologies and machinery for strip and direct seeding of grain crops]. Sbornik nauchnykh trudov VIM. T. 147. Moscow: VIM, 2003: 166-177. (In Russian)

7. Lobachevskiy Ya.P. Strength and deformation characteristics of coherent grassed soils. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2011; 3: 18-20. (In Russian)

8. Burchenko D.P., Volobuev V.A. Ratsional'nye rabochie organy dlya obrabotki parov [Rational working tools for fallows cultivation]. *Sbornik nauchnykh trudov VIM*. T. 135. Moscow: VIM, 2000: 198-202. (In Russian)

9. Pisarev O.S. Obosnovanie parametrov i razrabotka kombinirovannogo soshnika seyalok dlya pryamogo poseva zernovykh kul'tur [Justification of parameters and design of combined coulter of seeders for direct seeding of grain crops]: Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. Moscow: VIM, 2006: 24. (In Russian)

10. Vernyaev O.V. Kul'tivator s kolebatel'nymi rabochimi organami [Cultivator with oscillating working tools]. *Izuchenie i usovershenstvovanie propashnykh frez i kul'tivatorov* [Studying and improvement of rotary hillers and cultivators]. *Sbornik nauchnykh trudov*. Moscow: NTS VISKhOM, 1965: 241-245. (In Russian)

11. Dzhavadov R.D. Teoreticheskoe obosnovanie kombinirovannogo poluaktivnogo pochvoobrabatyvayushchego rabocheho organa kul'tivatora [Theoretical justification of combined semi-active soil-cultivating working tool of cultivator]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2009; 4: 33-36. (In Russian)

12. Vodnev V.T., Naumovich A.F., Naumovich N.F. Osnovnye matematicheskie formuly [Basic mathematical formulas]. Minsk: Vysheyschaya shkola, 1980: 336. (In Russian)

13. Appel' P. Teoreticheskaya mekhanika [Theoretical mechanics]. Vol. 1. Moscow: Gos. izd. fiziko-matematicheskoy literatury, 1960: 516. (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.



КРЯЖКОВ

ВАЛЕНТИН МИТРОФАНОВИЧ

15.08.1928 – 20.08.2016

20 августа 2016 г. скончался Валентин Митрофанович Кряжков – выдающийся ученый в области механизации и автоматизации сельского хозяйства.

Валентин Митрофанович родился в с. Михайловское Ново-Оскольского района Белгородской области. После окончания Ленинградского института механизации сельского хозяйства прошел путь от аспиранта до ректора Ленинградского СХИ.

В 1978-1985 гг. был руководителем отделения ВАСХНИЛ по Нечерноземной зоне РСФСР, вице-президентом ВАСХНИЛ и членом Совета Министров РСФСР, руководителем НТС по технической политике Совета Федерации России.

В 1983-1999 гг. работал директором ВИМ, с 1999 года – Генеральным директором научного центра и научно-методического совета по региональному сельхозмашиностроению РАСХН и МСХ РФ.

В последние годы плодотворно трудился в ВИМ. За годы трудовой и научной деятельности Валентин Митрофанович был из-

бран членом-корреспондентом ВАСХНИЛ в 1975 г., академиком ВАСХНИЛ в 1978 г., академиком Международной инженерной академии в 1995 г.

В 1995 г. избран в состав клуба Болонья (Италия), в 1992 г. – Почетным гражданином штатов Оклахома и Небраска (США).

В 1989 г. Валентину Митрофановичу присуждено почетное звание «Заслуженный деятель науки и техники РСФСР», в 2003 г. – «Почетный машиностроитель России».

Награжден орденами Трудового Красного знамени и «За заслуги перед Отечеством» IV степени, многочисленными медалями и почетными грамотами.

Под руководством Кряжкова В.М. организован в Санкт-Петербургском аграрном университете крупный учебно-научный центр, в Ленинградской и Тюменской областях созданы инженерные базы АПК, проведены комплексные исследования сельхозтехники, на базе которых проводилось широкое внедрение сельскохозяйственных машин в АПК страны.

При непосредственном участии Кряжкова В.М. в Ленинградской области был построен новый научный центр, создано первое в стране НПО «Белогорка», а также построены селекционные комплексы в Ленинградской, Московской, Кировской и Свердловской областях.

Много сил и энергии Валентин Митрофанович отдал реализации государственных программ машиностроения для АПК России и внедрению их в различных регионах страны. При его участии разработаны новые системы машин и оборудования для АПК.

Организаторский талант Кряжкова В.М. проявился в полной мере в должности генерального директора Научно-методического центра по региональному сельхоз-

машиностроению. К решению этой проблемы были подключены все ведущие ученые страны и руководители регионов.

В качестве главных научных направлений в последнее десятилетие были определены и успешно выполнялись:

- разработка перспективных комплексных почвозащитных и экологически чистых технологий и систем машин для регионов;

- создание методов оценки снижения воздействия ходовых систем машин на почву в различных почвенно-климатических условиях (ЦЧО, Кубань, Северо-Восток);

- разработка и внедрение основных систем автоматизации и роботизации;

- разработка и внедрение, вместе с ВИЭСХ, научно обоснованных решений по всемерному сокращению в АПК затрат на ТЭР.

Эта огромная работа потребовала использования всего потенциала предприятий сельхозмашиностроения, общего машиностроения и оборонного комплекса – более 1500 предприятий с изготовлением до 2000 наименований машин.

Много внимания Валентин Митрофанович уделял подготовке научных кадров: под его руководством лично было подготовлено 11 докторов наук, 23 кандидата наук в том числе из зарубежных стран (Болгарии, Германии, Вьетнама, Египета).

Богатейший жизненный опыт, неиссякаемое трудолюбие и целеустремленность, скромность и отзывчивость снискали Кряжкову В.М. всеобщее уважение ученых и специалистов АПК.

Светлая память о Валентине Митрофановиче Кряжкове всегда сохранится в наших сердцах.

НОВЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ

Статья должна соответствовать основной тематике журнала.

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

Необходимо приложить рецензию на статью.

Статьи аспирантов публикуются бесплатно.

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

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

В каждой статье должны быть указаны следующие данные:

- название статьи;
- фамилия и инициалы автора(ов);
- e-mail автора, контактный телефон;
- место работы автора (аббревиатуры не допускаются), почтовый адрес;
- ученая степень, ученое звание автора, должность;
- реферат (объем 200-250 слов);
- ключевые слова;
- библиографический список.

Статью следует структурировать, обязательно указав следующие разделы:

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

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

Реферат

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

Объем реферата – 200-250 слов.

На английский язык следует перевести:

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

Машинный перевод недопустим!

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

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

ПОДПИСКА 2017

**КАК
подписаться
на журнал?**



ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!

Подписку на первое полугодие 2017 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