

ISSN 1728-7936

# ВЕСТНИК

ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«Московский государственный  
агроинженерный университет  
имени В.П. Горячкина»**

Научный журнал

Основан в 2003 году  
Периодичность: 6 номеров в год

**№ 2 (72)**  
**МАРТ–АПРЕЛЬ**  
**2016**

Москва

ISSN 1728-7936

# VESTNIK

OF FEDERAL STATE EDUCATIONAL INSTITUTION  
OF HIGHER PROFESSIONAL EDUCATION  
“Moscow State Agroengineering University  
named after V.P. Goryachkin”

Scientific Journal

Founded in 2003

Publication Frequency: 6 issues per year

**№ 2** (72)  
**MARCH-APRIL**  
**2016**

Moscow

УДК 378.4(066):63+631.3.004.5+  
(631.171:621.31)+631.145  
ББК 74.58+40.7+ 65.32  
В 378

Учредитель и издатель  
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА  
имени К.А. Тимирязева

Свидетельство о регистрации средства  
массовой информации ПИ № ФС 77-60739  
от 09 февраля 2015 г.

ISSN 1728-7936

## В Е С Т Н И К

ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Московский государственный агроинженерный  
университет имени В.П. Горячкина»

№ 2 (72) /2016

### Рецензенты:

**Алдошин Н.В.**, доктор технических наук  
**Андреев С.А.**, кандидат технических наук  
**Балабанов В.И.**, доктор технических наук  
**Белов М.И.**, доктор технических наук  
**Герасенков А.А.**, доктор технических наук  
**Глухонюк Н.С.**, доктор психологических наук  
**Голубев И.Г.**, доктор технических наук  
**Дидманидзе О.Н.**, член-корреспондент РАН, доктор технических наук  
**Евграфов В.А.**, доктор технических наук  
**Иванов Ю.Г.**, доктор технических наук  
**Кобозева Т.П.**, доктор сельскохозяйственных наук  
**Косырев В.П.**, доктор педагогических наук  
**Кузьмин В.Н.**, доктор экономических наук  
**Лысенко Е.Г.**, член-корреспондент РАН, доктор экономических наук  
**Морозов Н.М.**, академик РАН, доктор экономических наук  
**Новиков Д.А.**, член-корреспондент РАН, доктор технических наук  
**Федоров В.А.**, доктор педагогических наук  
**Шевченко В.А.**, доктор сельскохозяйственных наук  
**Шевчук В.Ф.**, доктор педагогических наук

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

Издание включено в систему РИНЦ

Полнотекстовые версии доступны на сайте <http://elibrary.ru>

### Главный научный редактор:

**Ерохин М.Н.**, академик РАН, доктор технических наук, профессор

### Редакционный совет:

**Дорохов А.С.**, доктор технических наук, – заместитель главного научного редактора  
**Водяников В.Т.**, доктор экономических наук, профессор, – заместитель главного научного редактора  
**Кубрушко П.Ф.**, член-корреспондент РАО, доктор педагогических наук, – заместитель главного научного редактора  
**Алдошин Н.В.**, доктор технических наук, профессор  
**Бердышев В.Е.**, доктор технических наук, профессор  
**Деянин С.Н.**, доктор технических наук, профессор  
**Загинайлов В.И.**, доктор технических наук, профессор  
**Казанцев С.П.**, доктор технических наук, профессор  
**Кобозева Т.П.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
**Кошелев В.М.**, доктор экономических наук, профессор  
**Левшин А.Г.**, доктор технических наук, профессор  
**Марковская В.И.**, кандидат филологических наук, доцент  
**Назарова Л.И.**, кандидат педагогических наук, доцент  
**Силайчев П.А.**, доктор педагогических наук, профессор  
**Скорородов А.Н.**, доктор технических наук, профессор  
**Судник Ю.А.**, доктор технических наук, профессор  
**Тенчурина Л.З.**, доктор педагогических наук, профессор  
**Худякова Е.В.**, доктор экономических наук, профессор  
**Чумаков В.Л.**, кандидат технических наук, профессор  
**Чутчева Ю.В.**, доктор экономических наук

### Иностранные члены редакционного совета:

**Абдыров А.М.**, доктор педагогических наук, профессор, Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Казахстан  
**Баффингтон Дение**, профессор, доктор наук, Департамент сельскохозяйственной техники, Университет Штата Пенсильвания, США  
**Буксман В.Э.**, кандидат технических наук, директор по экспорту компании «Амазонен Верке», Германия  
**Куанто Фредерик**, профессор, Высший национальный институт аграрных наук, продовольствия и окружающей среды (АгроСюп, Дижон), Франция  
**Миклуш В.П.**, кандидат технических наук, профессор, декан факультета «Технический сервис», Белорусский государственный аграрно-технический университет, Беларусь  
**Билек Мартин**, кандидат педагогических наук, профессор университета в г. Крелов, Чехия

© ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2016  
© Издательство РГАУ-МСХА, 2016

УДК 378.4(066):63+631.3.004.5+  
(631.171:621.31)+631.145  
ББК 74.58+40.7+ 65.32  
В 378

**Founder and Publisher**  
Federal State Budget Establishment  
of Higher Education – “Russian Timiryazev  
State Agrarian University”

*The mass media registration certificate  
ПИ № ФС 77-60739 of the 9<sup>th</sup> of February, 2015*

ISSN 1728-7936

## VESTNIK

**OF FEDERAL STATE EDUCATIONAL INSTITUTION  
OF HIGHER PROFESSIONAL EDUCATION  
“Moscow State Agroengineering University named  
after V.P. Goryachkin”**

**№ 2 (72) /2016**

### Reviewers:

**Aldoshin N.V.**, Doctor of Engineering  
**Andreev S.A.**, PhD in Engineering  
**Balabanov V.I.**, Doctor of Engineering  
**Belov M.I.**, Doctor of Engineering  
**Gerasenkov A.A.**, Doctor of Engineering  
**Glukhanyuk N.S.**, Doctor of Psychology  
**Golubev I.G.**, Doctor of Engineering  
**Didmanidze O.N.**, Corresponding Member  
of the Russian Academy of Sciences,  
Doctor of Engineering  
**Yevgrafov V.A.**, Doctor of Engineering  
**Ivanov Yu.G.**, Doctor of Engineering  
**Kobozeva T.P.**, Doctor of Agricultural  
**Kosyreva V.P.**, Doctor of Education  
**Kuz'min V.N.**, Doctor of Economics  
**Lysenko E.G.**, Corresponding Member  
of the Russian Academy of Sciences,  
Doctor of Economics  
**Morozov N.M.**, Member of the Russian  
Academy of Sciences, Doctor of Economics  
**Novikov D.A.**, Corresponding Member  
of the Russian Academy of Sciences,  
Doctor of Engineering  
**Fedorov V.A.**, Doctor of Education  
**Shevchenko V.A.**, Doctor of Agricultural  
**Shevchuk V.F.**, Doctor of Education

The journal is included in the list  
of publications recommended by Higher  
Attestation Commission of the Russian  
Federation for publishing papers of those  
seeking PhD and DSc scientific degrees

The issue is listed in the Russian Science  
Citation Index

Full versions are posted on the site  
<http://elibrary.ru>

### Chief Science Editor:

**Erokhin M.N.**, Member of the Russian Academy of Sciences,  
Doctor of Engineering, Professor

### Editorial board:

**Dorokhov A.S.**, Doctor of Engineering – Deputy Chief Scientific Editor  
**Vodyannikov V.T.**, Doctor of Economics, Professor – Deputy Chief  
Scientific Editor  
**Kubrushko P.F.**, Corresponding Member of the Russian Academy  
of Education, Doctor of Education – assistant of chief scientific editor  
**Aldoshin N.V.**, Doctor of Engineering, Professor  
**Berdyshev V.Ye.**, Doctor of Engineering, Professor  
**Devyanin S.N.**, Doctor of Engineering, Professor  
**Zaginailov V.I.**, Doctor of Engineering, Professor  
**Kazantsev S.P.**, Doctor of Engineering, Professor  
**Kobozeva T.P.**, Doctor of Agricultural, Professor  
**Koshelev V.M.**, Doctor of Economics, Professor  
**Levshin A.G.**, Doctor of Engineering, Professor  
**Markovskaya V.I.**, PhD (Phil), Associate Professor  
**Nazarova L.I.**, PhD (Ed), Associate professor  
**Silaichev P.A.**, Doctor of Education, Professor  
**Skorokhodov A.N.**, Doctor of Engineering, Professor  
**Sudnik Yu. A.**, Doctor of Engineering, Professor  
**Tenchurina L.Z.**, Doctor of Education, Professor  
**Khudyakova Ye.V.**, Doctor of Economics, Professor  
**Chumakov V.L.**, PhD (Eng), Professor  
**Chutcheva Yu.V.**, Doctor of Economics

### Foreign members of the editorial board:

**Abdyrov A.M.**, Doctor of Education, Professor, Kazakh Agrotechnical  
University named after S. Seifullin, Kazakhstan  
**Buffington Dennis**, PhD, P.E., Professor and Department Head,  
Department of Agricultural and Biological Engineering, Pennsylvania  
State University, USA  
**Buxmann V.E.**, PhD (Eng), Export Director of Amazonen-Werke,  
Germany  
**Cointault Frédéric**, Professor, National Institute of Higher Education  
in Agronomy, Food and Environmental Sciences (AgroSup Dijon), France  
**Miklush V.P.**, PhD (Eng), Professor, Dean of Farm Machinery Service  
Faculty, Belarusian State Agrarian Technical University, the Republic  
of Belarus  
**Bilek Martin**, PhD (Ed), Professor of Charles University, the Czech  
Republic

© Federal State Budgetary Establishment of Higher Education –  
Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy  
named after K.A. Timiryazev, 2016

© Publishing House of Russian State Agrarian University – Moscow  
Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2016

# СОДЕРЖАНИЕ

## ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ АПК

<i>Бердышев В.Е., Ломакин С.Г., Солдатенков В.В.</i> Движение хлебной массы в молотильном пространстве аксиально-роторного молотильно-сепарирующего устройства .....	7
<i>Иванов Ю.Г., Белопухов С.Л., Шафеев А.Ф., Воробьев В.А.</i> Исследование процесса горения куриного подстилочного помета .....	12
<i>Бондаренко А.М., Качанова Л.С.</i> Ресурсосберегающая технология производства и применения жидких концентрированных органических удобрений в Ростовской области.....	19
<i>Старовойтова О.А., Старовойтов В.И., Манохина А.А.</i> Возделывание картофеля с использованием водных абсорбентов.....	28
<i>Али М.С., Бегляров Д.С., Бекишев Б.Т., Греков Д.М.</i> Анализ нестационарных процессов при нештатных режимах работы насосных станций .....	35
<i>Абдулмажидов Х.А., Матвеев А.С.</i> Комплексное проектирование и прочностные расчеты конструкций машин природообустройства в системе InventorPro.....	40

## ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В АПК

<i>Ерохин М.Н., Чупятов Н.Н.</i> Изучение прочности сцепления карбидосодержащего хромового CVD-покрытия с подложкой из качественной углеродистой стали .....	47
<i>Дидманидзе О.Н., Варнаков Д.В., Варнаков В.В.</i> Концепция технического сервиса по фактическому состоянию машин на основе оценки их параметрической надежности .....	51
<i>Орлов Б.Н., Бондарева Г.И., Паляева В.Н.</i> Исследование применения неразрушающего контроля конструкций кабин грузовых автомобилей и тракторов.....	57
<i>Буткеева А.И.</i> Обоснование целесообразности поставок оросительных систем через дилерские центры .....	63
<i>Исаев А.Ю.</i> Анализ работы рабочего органа почвообрабатывающей машины.....	68

# CONTENTS

## FARM MACHINERY AND TECHNOLOGIES

<i>V.Ye. Berdyshev, S.G. Lomakin, V.V. Soldatenkov</i> Grain mass flow in threshing space of axial rotory threshing and separating unit .....	7
<i>Y.G. Ivanov, S.L. Belopukhov, A.F. Shafeyev, V.A. Vorobyov</i> Studying burning properties of chicken litter .....	12
<i>A.M. Bondarenko, L.S. Kachanova</i> Prospects of applying cost-effective technology of processing liquid concentrated fertilizers in the Rostov region.....	19
<i>O.A. Starovoitova, V.I. Starovoitov, A.A. Manokhina</i> Potato cultivation with water absorbents.....	28
<i>M.S. Ali, D.S. Beglyarov, B.T. Bekishev, D.M. Grekov</i> Analyzing non-stationary processes in abnormal operation mode of pump stations .....	35
<i>H.A. Abdulmazhidov, A.S. Matveyev</i> Integrated designing and strength calculation of environmental engineering machine designs using Inventor Pro system .....	40

## TECHNICAL SERVICE IN AGRICULTURE

<i>M.N. Erokhin, N.N. Chupyatov</i> Studying the strength of carbonized chrome CVD-coating bases on high-quality carbon steel.....	47
<i>O.N. Didmanidze, D.V. Varnakov, V.V. Varnakov</i> Concept of machinery maintenance based on machinery performance by assessing its parametrical reliability .....	51
<i>B.N. Orlov, G.I. Bondareva, V.N. Palyaeva</i> Study of using non-destroying control of truck and tractor cabin design .....	57
<i>A.I. Butkeyeva</i> Providing grounds for supplying irrigation systems through dealership organizations .....	63
<i>A.Y. Isayev</i> Studying performance of tillage machine working units .....	68

---

---

# ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ АПК

УДК 631.354.2

**БЕРДЫШЕВ ВИКТОР ЕГОРОВИЧ**, докт. техн. наук, профессор<sup>1</sup>

E-mail: v.berdishev@timacad.ru

**ЛОМАКИН СЕРГЕЙ ГЕРАСИМОВИЧ**, канд. техн. наук, профессор<sup>1</sup>

E-mail: irina17-12-69@mail.ru

**СОЛДАТЕНКОВ ВЛАДИМИР ВЛАДИМИРОВИЧ**, канд. техн. наук<sup>2</sup>

E-mail: zakupki-rks@mail.ru

<sup>1</sup> Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

<sup>2</sup> ОАО «Концерн «Моринформсистема-Агат», ш. Энтузиастов, 29, Москва, 105275, Российская Федерация

## ДВИЖЕНИЕ ХЛЕБНОЙ МАССЫ В МОЛОТИЛЬНОМ ПРОСТРАНСТВЕ АКСИАЛЬНО-РОТОРНОГО МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

Рассмотрели технические характеристики аксиально-роторных молотильно-сепарирующих систем (МСС) в сравнении с молотилками, включающими в себя барабанно-дековое молотильное устройство и соломотряс. Установили, что среди зерноуборочных комбайнов пропускную способность более 10 кг/с имеют комбайны с аксиально-роторными или совмещенными молотильно-сепарирующими системами. Однако закономерности обмолота и сепарации зерна в таких системах изучены недостаточно. Обосновали физическую модель движения хлебной массы в молотильном пространстве аксиально-роторного молотильно-сепарирующего устройства (МСУ). В качестве объекта исследования выбрана молотильно-сепарирующая система, включающая в себя ротор и охватывающий его перфорированный кожух. В молотильной части кожух состоит из установленных поочередно двух дек и двух сепарирующих решеток с винтовыми направляющими осевого смещения хлебной массы. В сепарирующей части МСУ чередуются прутковые решетки и решетки с пробивными отверстиями и направляющими. Установили, что поток вороха в рабочем пространстве МСУ движется с переменным углом наклона к образующей кожуха, который постоянно увеличивается и стремится к 90 градусам на выходе из устройства. При перемещении в рабочем пространстве МСС поток хлебной массы совершает около 5 витков и проходит путь около 14 м (для сравнения: в «классическом» МСУ этот путь составляет 0,8...1,2 м). Выявили, что изменение угла наклона винтовых направляющих хлебной массы к образующей кожуха, а также элементов ротора к его образующей приведет к увеличению или уменьшению абсолютной скорости элементов вороха в осевом направлении. При этом изменится величина пути, проходимого хлебной массой в молотильном пространстве, соответственно изменятся вымолот, сепарация зерна и незерновой фракции, энергоемкость технологического процесса. Предложили определить оптимальное сочетание конструктивных параметров элементов ротора и кожуха, обеспечивающих наименьшие потери зерна, как в соломе, так и в полове, при приемлемых затратах энергии, экспериментальными исследованиями.

**Ключевые слова:** зерноуборочный комбайн, аксиально-роторная молотильно-сепарирующая система, ротор, кожух ротора, потери зерна.

Одной из проблем сельскохозяйственного производства России является низкая обеспеченность сельскохозяйственных организаций современными

машинами и оборудованием. Из-за этого ежегодные потери зерна составляют свыше 20 млн т [1]. Анализ основных технических и технологических

устройства можно влиять на скорость осевого перемещения хлебной массы как в целом по системе, так и на отдельных ее участках.

3. Увеличение скорости осевого перемещения хлебной приведет к росту потерь зерна и снижению энергоемкости процесса обмолота.

#### Библиографический список

1. Ежевский А.А. Технологическая и техническая обеспеченность сельскохозяйственного производства России на 2013–2020 годы / А.А. Ежевский // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2014. № 1. С. 3–6.
2. Ломакин С.Г. Зерноуборочные комбайны: потребности покупателей, предложения производителей / С.Г. Ломакин // Аграрное обозрение. 2010. № 3. URL: <http://agroobzor.ru/sht/a-143.html>.
3. Измайлов А.Ю. Системы машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства на период до 2020 года / А.Ю. Измайлов, Я.П. Лобачевский // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2013. № 6. С. 6–10.
4. Бердышев В.Е. Влияние типа дек на качество работы аксиально-роторной молотильно-сепарирующей системы / В.Е. Бердышев, С.Г. Ломакин, А.В. Шевцов // Вестник ФГБОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2015. Выпуск 1(65). С. 20–24.

5. Ломакин С.Г. Сравнительная оценка аксиально-роторных МСС с различными типами дек молотильной части / С.Г. Ломакин, В.Е. Бердышев, А.В. Шевцов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 1 (37). С. 199–202.

6. Мысливцев В.Н. Обоснование параметров и показателей работы аксиально-роторного молотильно-сепарирующего устройства: Автореферат дис. ...канд. техн. наук / В.Н. Мысливцев. М.: МИИСП, 1985. С. 6.

7. Солдатенков В.В. Обоснование, параметров и режимов работы аксиально-роторного соломотделителя: Автореферат дис. ...канд. техн. наук / В.В. Солдатенков. М.: МИИСП, 1986. С. 6.

8. Дзодцоев Г.И. Исследование процесса перемещения элементов хлебной массы в молотильном пространстве: Автореферат дис. ...канд. техн. наук / Г.И. Дзодцоев. М.: МИИСП, 1969. С. 12.

9. Кленин Н.И. Исследование вымолота и сепарации зерна: Автореферат дис. ...д-ра техн. наук / Н.И. Кленин. М.: МИИСП, 1976. С. 17.

10. Ломакин С.Г. Исследование влияния параметров молотильного устройства на качественные и энергетические показатели процесса обмолота: Автореферат дис. ...канд. техн. наук / С.Г. Ломакин. М.: МИИСП, 1972. С. 9.

Статья поступила 20.02.2016

## GRAIN MASS FLOW IN THRESHING SPACE OF AXIAL ROTARY THRESHING AND SEPARATING UNIT

**VIKTOR YE. BERDYSHEV**, DSc (Eng), Professor<sup>1</sup>

E-mail: [v.berdishev@timacad.ru](mailto:v.berdishev@timacad.ru)

**SERGEY G. LOMAKIN**, PhD (Eng), Professor<sup>1</sup>

E-mail: [irina17-12-69@mail.ru](mailto:irina17-12-69@mail.ru)

**VLADIMIR V. SOLDATENKOV**, PhD (Eng)<sup>2</sup>

E-mail: [zakupki-rks@mail.ru](mailto:zakupki-rks@mail.ru)

<sup>1</sup> Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A.Timiryazev, Timiryazevskaya str., 49, Moscow, 127550, Russian Federation

<sup>2</sup> JSC "Concern 'Morinformsystema-Agat'", Entuziastovave., 29, Moscow, 105275, Russian Federation

The paper examines technical characteristics of axial rotary threshing and separating systems in comparison with threshing machines consisting of a drum-deck threshing unit and straw-walkers. It has been established that among combine harvesters, only those with an axial rotary or threshing and separating systems feature capacity of more than 10 kg/s. However, patterns of grain threshing and separation in such systems remain rather unexamined. The authors have proved a physical model of grain mass flow in the threshing space of an axial rotary threshing and separating unit. They have chosen as an object of study a threshing-and-separating system comprising a rotor and its perforated casing. In the threshing unit, the casing consists of a set of two decks and alternately two separating sieves with screw guides for the grain mass axial displacement. The separating unit comprises alternating bar sieves and sieves with punched holes and guides. It has been established that the heap flow in the threshing-and-

separating workspace moves with a variable inclination angle to the casing forming elements, which is constantly growing and tends to reach 90 degrees at the device outlet. When flowing through the threshing-and-separating workspace, the grain mass makes about 5 turns and travels about 14 m (for comparison, this distance accounts for 0.8...1.2 m in "conventional" threshing-and-separating units). It has been revealed that the change in inclination of the grain mass screw guide to the casing and the rotor forming elements leads to its increase or decrease in the total flow rate of heap elements in the axial direction. At the same time there is a change the distance travelled by the grain mass in the threshing area, resulting in corresponding changes in threshing performance, separation of grain and non-grain fractions, and the process energy-output ratio. The authors suggest experimental identifying the optimal combination of design parameters of the rotor elements and the casing to ensure the smallest grain loss - both in straw, and in chaff, with acceptable energy costs.

**Key words:** combine harvester, axial rotary threshing-and-separating system, rotor, rotor casing, grain losses.

### References

1. Yezhevsky A.A. Tekhnologicheskaya i tekhnicheskaya obespechennost' sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva Rossii na 2013–2020 gody [Technological and technical support of agricultural production in Russia for 2013–2020] / A.A. Yezhevsky // Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii [Agricultural Machinery and Technologies]. 2014. № 1. Pp. 3–6.
2. Lomakin S.G. Zernoborochnye kombayny: potrebnosti pokupateley, predlozheniya proizvoditeley [Combine Harvesters: customers' needs and producers' offers] / S.G. Lomakin // Agrarnoe obozrenie [Agricultural Review]. 2010. № 3 // <http://agroobzor.ru/sht/a-143.html>.
3. Izmailov A.Yu. Sistemy mashin i tekhnologii dlya kompleksnoy mekhanizatsii i avtomatizatsii sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva na period do 2020 goda [Systems of machinery and technologies for comprehensive mechanization and automation of farm production up to 2020] / A.Yu. Izmailov, Ya.P. Lobachevsky // Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii [Agricultural Machinery and Technologies]. 2013. № 6. Pp. 6–10.
4. Berdyshev V.Ye. Vliyanie tipa dek na kachestvo raboty aksial'no-rotornoy molotil'no-separiruyushchey sistemy [Influence of the concave type on the performance of axial rotary threshing and separating system] / V.Ye. Berdyshev, S.G. Lomakin, A.V. Shevtsov // Herald of Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education – Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin. 2015. № 1 (65). Pp. 20–24.
5. Lomakin S.G. Sravnitel'naya otsenka aksial'no-rotornykh MSS s razlichnymi tipami dek molotil'noy chasti [Comparative evaluation of axial rotor threshing unit with different concave types] / S.G. Lomakin, V.Ye. Berdyshev, A.V. Shevtsov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vyshee professional'noe obrazovanie [Bulletin of Nizhnevolzhsky Agricultural University Facilities: Science and Higher Professional Education]. 2015. № 1 (37). Pp. 199–202.
6. Myslivets V.N. Obosnovanie parametrov i pokazateley raboty aksial'no-rotornogo molotil'no-separiruyushchego ustroystva: Avtoreferat dis. ...kand. tekhn. nauk [Justification of parameters and indicators of axial rotary threshing and separating device: Self-review of PhD (Eng) thesis] / V.N. Myslivets. M.: MIISP, 1985. P. 6.
7. Soldatenkov V.V. Obosnovanie, parametrov i rezhimov raboty aksial'no-rotornogo solomootdelitel'ya: Avtoreferat dis. ...kand. tekhn. nauk [Justification of parameters and operating modes of an axial rotary straw separator: Self-review of PhD (Eng) thesis] / V.V. Soldatenkov. M.: MIISP, 1986. P. 6.
8. Dzodtsoyev G.I. Issledovanie protsessa peme-shcheniya elementov khlebnoy massy v molotil'nom prostranstve: Avtoreferat dis. ...kand. tekhn. nauk [Studying the process of grain mass moving in a threshing space: Self-review of PhD (Eng) thesis] / G.I. Dzodtsoyev. M.: MIISP, 1969. P. 12.
9. Klenin N.I. Issledovaniye vymolota i separatsii zerna: Avtoreferat dis. ...d-ra tekhn. nauk [Analyzing the processes of grain threshing and separating: Self-review of DSc (Eng) thesis] / N.I. Klenin. M.: MIISP 1976. P. 17.
10. Lomakin S.G. Issledovanie vliyaniya parametrov molotil'nogo ustroystva na kachestvennyye i energeticheskie pokazateli protsessa obmolota: Avtoreferat dis. ...kand. tekhn. nauk [Analyzing the influence of the threshing device parameters on threshing quality and energy performance indicators: Self-review of DSc (Eng) thesis] / S.G. Lomakin. M.: MIISP 1972. P. 9.

*Received on February 20, 2016*

УДК 628.475.7:631.863

**ИВАНОВ ЮРИЙ ГРИГОРЬЕВИЧ**, докт. техн. наук<sup>1</sup>

E-mail: iy.electro@mail.ru

**БЕЛОПУХОВ СЕРГЕЙ ЛЕОНИДОВИЧ**, докт. сел.-хоз. наук<sup>1</sup>

E-mail: belopuhov@mail.ru

**ШАФЕЕВ АЛЬБЕРТ ФАРИТОВИЧ**<sup>1</sup>

E-mail: shafeev.af@yandex.ru

**ВОРОБЬЕВ ВИКТОР АНДРЕЕВИЧ**, докт. техн. наук<sup>1</sup>

E-mail: tatiana49@mail.ru

<sup>1</sup> Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ КУРИНОГО ПОДСТИЛОЧНОГО ПОМЕТА

Одним из путей решения проблемы загрязнения окружающей среды пометом птицефабрик является его сжигание с получением тепловой энергии для собственных нужд. Однако из-за особенностей физико-химических свойств помета его прямое сжигание приводит к осложнениям, препятствующим долговременной и эффективной работе твердотопливных котлов. Для этого необходимо определение условий термического разложения подстилочного помета на основе определения энергии активации, которую необходимо учитывать при управлении режимами его сжигания в котлах. Исследования проведены на кафедрах автоматизации и механизации животноводства, а также физической и органической химии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Исследованиями установили, что при нагревании чистого помета до 400 градусов Цельсия происходит всплеск выделения тепла, т.е. интенсивного горения летучих составляющих, в отличие от сжигания опилок или помета с опилками. Это может вызвать спекание частиц минеральных составляющих и образование агломератов, приводящих к их налипанию на конвективные поверхности, в том числе колосниковой решетки, что в свою очередь приводит к выходу из строя, остановке и ремонту твердотопливных котлов. Установили, что добавление опилок с целлюлозосодержащими компонентами с невысокими температурами разложения способствует снижению пиковых значений температур, колебаний температуры в топке и, как следствие, более равномерному процессу горения, что является положительным фактором. Проведенные термодинамические расчеты и экспериментальные измерения энергии активации компонентов сырья позволили оптимизировать температурные режимы горения в твердотопливных котлах, а состав поступающего воздуха с различными концентрациями кислорода позволили оптимизировать скорость горения, состав газовой фазы и компонентов, образующихся после сгорания.

**Ключевые слова:** подстилочный помет, термогравиметрический анализ, энергия активации, термическое разложение, утилизация, эндотермическая реакция, экзотермическая реакция.

Одним из путей решения проблемы загрязнения окружающей среды пометом птицефабрик является его сжигание с получением тепловой энергии для собственных нужд, что осложняется отсутствием котлов, специально предназначенных для термической утилизации помета, обладающего специфическими физико-химическими свойствами [1–14]. Для эффективной утилизации подстилочного помета в твердотопливных котлах и оптимизации режимов сжигания целесообразно провести его термический анализ.

**Цель исследований** – определение условий термического разложения подстилочного помета птицефабрик на основе определения энергии активации, которую необходимо учитывать при управлении режимами его сжигания в котлах. Исследования проведены на кафедрах автоматизации и механизации животноводства, а также физической и органической химии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

**Материалы и методы.** Методика исследований основана на динамическом термогравиметриче-

---

7. Иванов Ю.Г., Целиков В.В., Шафеев А.Ф. Особенности сжигания подстилочного помета в твердотопливных котлах // Вестник ВНИИМЖ. 2015. № 4 (20). С. 220–224.

8. Иванов Ю.Г., Целиков В.В., Шафеев А.Ф. Термическая утилизация птичьего помета // Сельский механизатор. 2015. № 9. С. 32–33.

9. Иванов Ю.Г. Экспериментальная установка для утилизации подстилочного помета и производства тепловой энергии: Труды 9-й Международной научно-технической конференции «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве». В 5 ч. Ч. 3. «Энергосберегающие технологии в животноводстве и стационарной энергетике». Москва, 21–22 мая 2014 г. / Ю.Г. Иванов и др. М.: ГНУ ВИЭСХ, 2014. С. 104–106.

10. Иванов Ю.Г. Экспериментальная установка для экологической утилизации подстилочного помета с выработкой тепловой энергии: Материалы Всероссийской научно-практической конференции,

посвященной памяти д.с.-х.н., профессора С.Г. Караева, «Актуальные вопросы науки и практики как основа производства экологически чистой продукции сельского хозяйства». Махачкала, 14–15 мая 2014 г. / Ю.Г. Иванов и др. Махачкала: Дагестанский ГАУ имени М.М. Джамбулатова, 2014. С. 186–193.

11. Калабашкина Е.В., Белопухов С.Л. Термохимический анализ льняного волокна // Бутлеровские сообщения. 2011. Т. 28. № 20. С. 11–14.

12. Лоскутов С.Р., Шапченкова О.А., Анискин А.А. Термический анализ древесины основных лесообразующих пород Средней Сибири // Сибирский лесной журнал. 2015. № 6. С. 17–30.

13. Кирсанов В.В. Механизация и автоматизация животноводства. Москва: Академия, 2004. 398 с.

14. Савич В.И., Седых В.А., Белопухов С.Л., Измайлова С.А. Изучение гумата калия из птичьего помета // Агрехимический вестник. 2012. № 4. С. 21–23.

*Статья поступила 26.01.2016*

## STUDYING BURNING PROPERTIES OF CHICKEN LITTER

**YURI G. IVANOV, DSc (Eng)<sup>1</sup>**

E-mail: iy.electro@mail.ru

**SERGEY L. BELOPUKHOV, DSc (Ag)<sup>1</sup>**

E-mail: belopuhov@mail.ru

**ALBERT F. SHAFEYEV<sup>1</sup>**

E-mail: shafeev.af@yandex.ru

**VIKTOR A. VOROBYOV, DSc (Eng)<sup>1</sup>**

E-mail: tatiana49@mail.ru

<sup>1</sup> Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya str., 55, Moscow, 127550, Russian Federation

One of the ways of solving the problem of the environmental pollution is burning the litter of poultry farms to produce thermal energy for one's own needs. However, due to the litter physical and chemical properties, its direct combustion leads to complications, preventing long-term and efficient operation of solid fuel boilers. This requires the determination of the conditions of litter manure thermal decomposition on the basis of determining the activation energy, which must be taken into account in operating the combustion modes in boilers. The authors have conducted research studies at the Departments of Livestock Breeding Automation and Mechanization, as well as Physical and Organic Chemistry of RSAU-MAA named after K.A. Timiryazev. The studies have found that heating of clean litter to 400 degrees Celsius leads to a surge of heat generation, i.e., intense burning of volatile components, as opposed to a case with burning of sawdust or manure mixed with sawdust. This can cause sintering of the particles of mineral components and the formation of agglomerates, which may lead to their sticking to convective surfaces including a fire grate, which in turn may lead to damage, failures and repair of solid fuel boilers. The research has also found that the introduction of cellulose with sawdust components with low decomposition temperatures contributes to the lowering of the peak temperature, temperature fluctuations in the furnace and, as a consequence, a more uniform combustion process, this being a positive factor. The thermodynamic calculations and experimental measurements of activation energy of input components provide for the optimization of the temperature of combustion modes in solid fuel boilers, and the composition of incoming air with different oxygen

concentrations provide for the optimization of combustion rate and the composition of gas phase components produced after combustion.

**Key words:** chicken litter, thermal gravimetric analysis, activation energy, thermal decomposition, waste recovery, endothermic reaction, exothermic reaction.

### References

1. Andreyev S.A., Petrova Ye.A. Otsenka energozatrat na ozonirovanie topochnogo prostranstva vodogreynykh kotlov [Evaluation of energy consumption for ozonizing combustion chamber boilers // Herald of Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education - Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin. 2015. № 2 (66). Pp. 33–37.
2. Andreyev S.A., Petrova Ye.A. Issledovanie dinamicheskogo balansa kontsentratsii ozona v topochnoy kamere vodogreynogo kotla [Studying the dynamic balance of the ozone concentration in the boiler combustion chamber] // Herald of Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education - Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin. 2014. № 3. Pp. 11–13.
3. Belopukhov S.L., Shneye T.V., Dmitrevsky I.I. et al. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu ispytaniy biologicheskikh obyektov metodom termicheskogo analiza [Guidelines for testing biological objects by thermal analysis]. M.: RSAU-MAA named after K.A. Timiryazev, 2014. 87 p.
4. Belopukhov S.L., Tsygutkin A.S., Shtele A.L. Primenenie termoanaliza dlya izucheniya zerna belogo lyupina [Application of thermal analysis for studying white lupine grain] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK [Advances in Science and Agribusiness Technology]. 2013. № 4. Pp. 56–58.
5. Gorbachev I.V., Kirsanov V.V., Shogenov Yu.Kh. Modernizatsiya zhivotnovodstva na baze energosberegayushchikh tekhnologicheskikh i tekhnicheskikh resheniy [Modernization of livestock breeding on the basis of energy-saving technology and engineering solutions] // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva [Farm Mechanization and Power Supply]. 2014. № 4. Pp. 2–4.
6. Ivanov Yu.G., Tselikov V.V., Shafeyev A.F. Osobennosti szhiganiya podstilochnogo pometa pri termicheskoy utilizatsii [Features of litter manure burning in thermal recycling] // Herald of Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education - Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin. № 1 (65), 2015. Pp. 25–30.
7. Ivanov Yu.G., Tselikov V.V., Shafeyev A.F. Osobennosti szhiganiya podstilochnogo pometa v tverdotoplivnykh kotlakh [Features of litter manure burning in solid fuel fired boilers] // Herald of VNIIMZH [All-Russian Institute for Livestock Breeding Mechanization]. № 4 (20). 2015. Pp. 220–224.
8. Ivanov Yu.G., Tselikov V.V., Shafeyev A.F. Termicheskaya utilizatsiya ptich'ego pometa [Thermal utilization of poultry manure] // Selskiy Mekhanizator [Rural Mechanical Engineer]. 2015. № 9. Pp. 32–33.
9. Ivanov Yu.G. Eksperimental'naya ustanovka dlya utilizatsii podstilochnogo pometa i proizvodstva teplovoy energii [An experimental installation for disposal of litter accompanied with heat production]: Proceedings of the 9th International Scientific Conference "Energy Supply and Energy Efficiency in Agriculture." In 5 volumes. Vol. 3. "Energy-Saving Technologies in Animal Husbandry and Stationary Power Production." Moscow, 21–22 May, 2014 / Yu.G. Ivanov et al. M.: GNU VIESKh, 2014. Pp. 104–106.
10. Ivanov Yu.G. Eksperimental'naya ustanovka dlya ekologicheskoy utilizatsii podstilochnogo pometa s vyrabotkoy teplovoy energii [An experimental installation for ecological disposal of litter accompanied with heat production]: Materials of All-Russian scientific-practical conference dedicated to the memory of Professor S.G. Karayev, DSc (Ag), "Vital problems of Science and Practice as a Basis for Ecologically Clean Agricultural Production." Makhachkala, 14–15 May, 2014 / Yu.G. Ivanov et al. Makhachkala. Dagestan GAU named after M.M. Dzhambulatov, 2014. Pp. 186–193.
11. Kalabashkina Ye.V., Belopukhov S.L. Termo-khimicheskii analiz l'nyanogo volokna [Thermochemical analysis of flax fiber] // Butlerovskie soobshcheniya [Butlerov's Communications]. 2011. Vol 28. № 20. Pp. 11–14.
12. Loskutov S.R., Shapchenkova O.A., Aniskin A.A. Termicheskii analiz drevesiny osnovnykh lesoobrazuyushchikh porod Sredney Sibiri [Thermal analysis of the main kinds of timber in Central Siberia] // Sibirskiy lesnoy zhurnal [Siberian Forest Journal]. 2015. № 6. Pp. 17–30.
13. Kirsanov V.V. Mekhanizatsiya i avtomatizatsiya zhivotnovodstva [Mechanization and automation of livestock breeding]. Moscow: Akademia [Academy], 2004. 398 p.
14. Savich V.I., Sedykh V.A., Belopukhov S.L., Izmailov S.A. Izuchenie gumata kaliya iz ptich'ego pometa [The study of potassium humate from bird droppings] // Agrokhimicheskii vestnik [Agrochemical Herald]. 2012. № 4. Pp. 21–23.

*Received on January 26, 2016*

**БОНДАРЕНКО АНАТОЛИЙ МИХАЙЛОВИЧ**, докт. техн. наук, профессор<sup>1</sup>

E-mail: bondanmih@rambler.ru

**КАЧАНОВА ЛЮДМИЛА СЕРГЕЕВНА**, канд. техн. наук, доцент<sup>2</sup>

E-mail: kachanovakls@rambler.ru

<sup>1</sup> Азово-Черноморский инженерный институт ДГАУ, ул. Ленина, 21, г. Зерноград, Ростовская обл., 347740, Российская Федерация

<sup>2</sup> Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 55, Москва, 127550, Российская Федерация

## РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ ЖИДКИХ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Для выработки экономически целесообразного организационно-управленческого решения по применению ресурсосберегающей технологии производства и использования высококачественных органических удобрений определили объемы получаемого жидкого навоза в разрезе районов природно-сельскохозяйственных зон Ростовской области, объемы потенциально производимых концентрированных жидких органических удобрений. Также в рамках обоснования эффективности применения технологий установили уровень органообеспеченности сельскохозяйственных площадей. Целью исследования является анализ потенциальных возможностей ресурсно-сырьевой базы для получения жидких концентрированных органических удобрений и разработка рекомендаций по выбору экономически обоснованной технологии производства удобрений в условиях Ростовской области. Рассмотрели традиционную технологию производства жидких органических удобрений и разработали ускоренную ресурсосберегающую технологию производства жидких концентрированных органических удобрений на основе жидкого навоза. Рекомендуемая интенсивная технология внедрена в ряде хозяйств Ростовской области. В СПК (колхоз) «Колос» Матвеево-Курганского района Ростовской области установили, что при внесении жидкого органического удобрения, произведенного по интенсивной технологии микробиологического ускоренного компостирования, при возделывании озимой пшеницы рост прибыли составил 1139,57 руб/га, рентабельность повысилась на 57,5 процента и достигла 92 процентов, при возделывании ярового ячменя рост прибыли составил 4611,95 руб/га, рентабельность увеличилась на 22,7 процента и составила более 78 процентов, при возделывании подсолнечника рост прибыли составил 7587,46 руб/га, рентабельность возросла на 43,4 процента и достигла 198 процентов, при возделывании кукурузы на зерно рост прибыли составил 9392,25 руб/га, рентабельность увеличилась на 66,1 процента и составила более 218 процентов. Результаты расчета экономической эффективности внедрения разработанной интенсивной технологии производства жидких концентрированных органических удобрений путем переработки жидкого навоза с использованием биологически активной добавки доказывают перспективность и целесообразность ее практического применения.

**Ключевые слова:** жидкий навоз, технология, микробиологическое ускоренное компостирование, органическое удобрение, концентрированное органическое удобрение, рентабельность производства, уровень органообеспеченности сельскохозяйственных площадей.

При обосновании инновационной технологии переработки навоза в высококачественные органические удобрения и их применения в растениеводстве использован принцип системного подхода. Системный подход и основанный на нем системный анализ применительно к проблемам почвенного плодородия позволяют исследовать состояние и причины его ухудшения и в конечном итоге обосно-

вать направления его улучшения и разработать новые технологии и комплекты технических средств для их реализации [1–4].

В Российской Федерации в последние 20 лет наблюдается тенденция снижения доз вносимых в почву органических удобрений. Органические удобрения играют чрезвычайно важную роль в поддержании и воспроизводстве почвенного плодо-

на ее перспективность и целесообразность применения на основании повышения рентабельности возделывания культур за счет роста их урожайности, который происходит более высокими темпами, чем рост затрат на дополнительные технологические операции с учетом затрат на производство ЖОУ.

#### Библиографический список

1. Качанова Л.С., Бондаренко А.М. Экономические аспекты восстановления почвенного плодородия // Вестник ФГБОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». № 1 (52). 2012. С. 94–96.
2. Капустин В.П. Обоснование способов и средств переработки бесподстильного навоза / В.П. Капустин. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2002. 80 с.
3. Липкович Э.И. Органическая система земледелия / Э.И. Липкович, Л.П. Бельтюков, А.М. Бондаренко // Техника и оборудование для села: Науч.-практ. журн. № 8 (206). 2014. С. 2–7.
4. Липкович Э.И. Экономические проблемы технического и технологического перевооружения сельского хозяйства России / Э.И. Липкович // АПК: Экономика и управление: Науч.-практ. журн. Вып. 5. 2014. С. 12–20.
5. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 гг. Ч. 1 / А.П. Авдеенко, Е.В. Агафонов, К.С. Артохин [и др.]; Под ред. В.Н. Василенко. Ростов н/Д: МСХ и ПРО, 2013. 240 с.
6. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 гг. / Под общ. ред. В.Н. Василенко. Ч. II. Ростов-на-Дону: ООО «Донской издательский дом», 2013. 250 с.
7. Система ведения животноводства Ростовской области на 2014–2020 годы / Под ред. В.Н. Василенко, А.И. Клименко. Ростов-на-Дону, 2013. 498 с.
8. Волков С.Н. Землеустройство. М.: ГУЗ, 2013. 992 с.
9. Качанова Л.С. Техничко-экономическое обоснование систем производства и применения удобрений в условиях ЮФО: Монография / Л.С. Качанова, А.М. Бондаренко. Зерноград: Азово-Черноморский инж. ин-т ФГБОУ ВПО ДГАУ, 2014. 221 с.
10. Kachanova L.S. Technical and economic effectiveness of the development and application of concentrated organic fertilizers / L.S. Kachanova, A.M. Bondarenko // Applied and Fundamental Studies: Proceedings of the 6th International Academic Conference. August 30–31, 2014. St. Louis, Missouri, USA. Publishing House Science and Innovation Center, Ltd., 2014. P. 55–62. Mode of access: <http://conf-afs.com/download/2014/august/afs.pdf>.
11. Качанова Л.С., Бондаренко А.М. Организационно-экономические аспекты технологий производства твердых органических удобрений на основе полужидкого навоза КРС // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. № 4 (16). 2014. С. 251–260.
12. Качанова Л.С. Техничко-экономический анализ систем переработки и использования подстильного (твердого) навоза // Вестник ФГБОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». № 5 (56). 2012. С. 78–82.
13. Бондаренко А.М. Механизация процессов переработки навоза животноводческих предприятий в высококачественные органические удобрения: Монография / А.М. Бондаренко, В.П. Забродин, В.Н. Курочкин. Зерноград: АЧГАА, 2010. 184 с.

Статья поступила 09.02.2016

## PROSPECTS OF APPLYING COST-EFFECTIVE TECHNOLOGY OF PROCESSING LIQUID CONCENTRATED FERTILIZERS IN THE ROSTOV REGION

**ANATOLY M. BONDARENKO, DSc (Eng), Professor<sup>1</sup>**

E-mail: bondanmih@rambler.ru

**LYUDMILA S. KACHANOVA, PhD, Associate Professor<sup>2</sup>**

E-mail: kachanovakls@rambler.ru

<sup>1</sup> Black Sea Engineering Institute of Don State Agricultural University, Lenin Str., 21; Zernograd, Rostov-on-Don region, 347740, Russian Federation

<sup>2</sup> Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya str., 55, Moscow, 127550, Russian Federation

To develop economically viable organizational and administrative decisions on the use of resource-saving production technologies and high-quality organic fertilizers, the authors have determined the amount of the produced liquid manure in the sectional areas of natural agricultural areas of the region and the potentially

---

---

produced concentrated liquid organic fertilizers. In addition, through the technological effectiveness study they have calculated the level of farmland organics supply. The aim of the study is to analyze prospective opportunities of the raw material base for getting liquid concentrated organic fertilizers and develop recommendations for choosing economically effective fertilizer production technologies in the conditions of the Rostov region. The paper presents the technology of manufacturing liquid concentrated organic fertilizers based on liquid manure. The recommended intensive technology has been implemented on several farms of the Rostov region. Having spread the liquid manure produced by the intensive technology of microbiological rapid composting on the “Kolos” farm of the Matveyev-Kurgan district, the Rostov region, the cultivation of winter wheat has shown the growth in profits up to 1139,57 rubles/ha; the profitability has increased by 57,5 percent and amounted to 92 percent. During the cultivation of spring barley the profit growth has amounted to 4611,95 rubles/ha, the profitability has increased by 22,7 percent and amounted to more than 78 percent. The results of the cultivation of sunflower profit growth showed the figure of 7587,46 rubles/ha, the profitability has increased by 43,4 percent and reached 198 percent. The cultivation of corn profit growth amounted to 9392,25 rubles/ha, the profitability has increased by 66,1 percent and amounted to more than 218 percent. The calculation results of the economic efficiency of implementing the developed intensive technology of producing liquid concentrated fertilizers by means of processing liquid manure using a dietary supplement have proved its efficient prospects and feasibility of practical application.

**Key words:** liquid manure, technology, microbiological rapid composting, organic fertilizer, concentrated organic fertilizer, production profitability, level of farmland organics supply.

### References

1. Kachanova L.S., Bondarenko A.M. *Ekonomicheskie aspekty vosstanovleniya pochvennogo plodorodiya* [Organizational and economic aspects of the production technology of solid organic fertilizers on the basis of semi-liquid cattle manure] // Herald of Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education - Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin. № 1 (52). 2012. Pp. 94–96.
2. Kapustin V.P. *Obosnovanie sposobov i sredstv pererabotki bespodstilochnogo navoza* [Substantiation of ways and means of processing manure] / V.P. Kapustin. Tambov: Tambov State Technical University, 2002. 80 p.
3. Lipkovich Ye.I. *Organicheskaya sistema zemledeliya* [Organic farming system] / Ye.I. Lipkovich, L.P. Beltyukov, A.M. Bondarenko // *Tekhnika i oborudovanie dlya sela* [Farm Machines and Equipment]: Scientific-research journal. № 8 (206). 2014. Pp. 2–7.
4. Lipkovich Ye.I. *Ekonomicheskie problemy tekhnicheskogo i tekhnologicheskogo perevooruzheniya sel'skogo khozyaystva Rossii* [Economic issues of technical and technological rearmament of Russian agriculture] / Ye.I. Lipkovich // *APK: Ekonomika i upravlenie* [Farming Industry: Economics and Management]: Scientific and Practical Journal. Issue 5. 2014. Pp. 12–20.
5. *Zonal'nye sistemy zemledeliya Rostovskoy oblasti na 2013-2020 gg* [The zone systems of agriculture in Rostov region for 2013–2020]. Part 1. / A.P. Avdeyenko, Ye.V. Agafonov, K.S. Artokhin [and others.]; Edited by V.N. Vasilenko. Rostov-on-Don: Ministry of Agriculture and Food Supply, 2013. 240 p.
6. *Zonal'nye sistemy zemledeliya Rostovskoy oblasti na 2013-2020 gg*. [The zone systems of agriculture in Rostov region for 2013-2020] / Edited by V.N. Vasilenko. Part. 1. Rostov-on-Don: OOO “Don Publishing House”, 2013. 240 p.
7. *Sistema vedeniya zhivotnovodstva Rostovskoy oblasti na 2014-2020 gody* [Livestock systems of the Rostov region for 2014-2020] / Edited by Vasilenko V.N., Klimenko A.I. Rostov-on-Don, 2013. 498 p.
8. Volkov S.N. *Zemleustroystvo* [Land Management]. M.: GUZ, 2013. 992 p.
9. Kachanova L.S. *Tekhniko-ekonomicheskoe obosnovanie sistem proizvodstva i primeneniya udobreniy v usloviyakh YuFO: Monografiya* [Technical and economical justifications of the systems of fertilizer production and use in conditions of the Southern Federal District: Monograph] / L.S. Kachanova, A.M. Bondarenko. Zernograd: Azov and Black Sea Engineering Institute of Don State Agricultural University, 2014. 221 p.
10. Kachanova L.S. *Technical and Economic Effectiveness of the Development and Application of Concentrated Organic Fertilizers* / L.S. Kachanova, A.M. Bondarenko // *Applied and Fundamental Studies: Proceedings of the 6th International Academic Conference*. August, 30–31, 2014. St. Louis, Missouri, USA. Publishing House Science and Innovation Center, Ltd., 2014. Pp. 55–62. Mode of access: <http://conf-afs.com/download/2014/august/afs.pdf>.
11. Kachanova L.S., Bondarenko A.M. *Organizatsionno-ekonomicheskie aspekty tekhnologii proizvodstva tverdykh organicheskikh udobreniy na osnove poluzhidkogo navoza KRS* [Organizational-and-economic aspects of the production technology of solid organic fertilizers on the basis of semi-liquid cattle manure] // *Journal of Russian Scientific Research Institute on Reclamation*. № 4 (16). 2014. Pp. 251–260.
12. Kachanova L.S. *Tekhniko-ekonomicheskii analiz sistem pererabotki i ispol'zovaniya podstilochnogo (tverdogo) navoza* [Technical and economic analysis of the processing systems and the use of litter (solid) manure] // *Herald of Federal State Educational*

Establishment of Higher Professional Education - Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin. № 5 (56). 2012. Pp. 78–82.

13. Bondarenko A.M. Mekhanizatsiya protsessov pererabotki navoza zhivotnovodcheskikh predpriyatii

v vysokokachestvennye organicheskie udobreniya: Monografiya [Mechanization of processing manure of livestock enterprises into high-quality organic fertilizer: Monograph] / A.M. Bondarenko, V.P. Zabrodin, V.N. Kurochkin. Zernograd: AChGAA, 2010. 184 p.

*Received on February 9, 2016*

УДК 635.21:631

**СТАРОВОЙТОВА ОКСАНА АНАТОЛЬЕВНА**, канд. сел.-хоз. наук<sup>1</sup>

E-mail: agronir1@mail.ru

**СТАРОВОЙТОВ ВИКТОР ИВАНОВИЧ**, докт. техн. наук<sup>1</sup>

E-mail: agronir2@mail.ru

**МАНОХИНА АЛЕКСАНДРА АНАТОЛЬЕВНА**, канд. сел.-хоз. наук, доцент<sup>2</sup>

E-mail: alexman80@list.ru

<sup>1</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства имени А.Г. Лорха, ул. Лорха, 23, п. Красково, Люберецкий р-н, Московская обл., 140051, Российская Федерация

<sup>2</sup> Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

## ВОЗДЕЛЫВАНИЕ КАРТОФЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОДНЫХ АБСОРБЕНТОВ

Суть предлагаемой технологии заключается в локальном внесении при посадке картофеля влагосберегающих препаратов, что позволяет более эффективно использовать влагу и удобрения в почве во время роста и развития растений. Применены водные абсорбенты (биополимеры) в дозах 50, 100, 200 и 400 кг/га на фоне минерального удобрения N60P60K60 перед посадкой и антистрессовую листовую обработку препаратом Экогель в фазу цветения в дозе 2,5 л/га на сортах картофеля Жуковский ранний (ранний), Удача (ранний) и Невский (среднеранний). Опыт закладывали на дерново-подзолистой среднеокультуренной супесчаной почве в Московской области в 2012–2014 гг. при густоте посадки – 47,6 тыс. шт/га, ширине междурядий 75 см согласно схеме методом систематического размещения делянок. В результате увеличили урожайность картофеля на 3,6...25,2 процента. Рассмотрели технологию возделывания картофеля с использованием влагосберегающих полимеров. Выполняли следующие операции: осеннюю вспашку; весеннее предпосадочное рыхление; нарезку гребней с внесением 1/2 рекомендуемой нормы минеральных удобрений в дозе N60P60K60 (фон); посадку с локальным внесением водных абсорбентов; листовую обработку в фазу цветения препаратом Экогель в дозе 2,5 л/га. Выявили, что даже в условиях длительной засухи в фазу клубнеобразования 2014 г., внесение вермикулита в дозе 5000 л/га при посадке по сравнению с контрольным вариантом (0 л/га) позволило увеличить урожайность картофеля на 2,1...15,9 процента. А внесение гранулированного органического удобрения с перлитом диаметром 40 мм (биоконтейнер) в дозе 47,6 тыс. шт/га при посадке по сравнению с контрольным вариантом (0,0 шт/га) позволило увеличить урожайность картофеля на 18,3...27,7 процента. Экспериментально доказали, что локальное внесение минеральных удобрений перед посадкой в дозе N60P60K60 в сочетании с применением водных абсорбентов (биополимеров) при посадке и опрыскиванием препаратом Экогель в фазу цветения увеличивает условный чистый доход до 4,5...9,5 тыс. руб/га.

**Ключевые слова:** сорта картофеля, технология возделывания картофеля, водные абсорбенты, точное земледелие, обменный калий, мелко-локальное внесение удобрений.

---

---

### Библиографический список

1. Старовойтова О.А., Воронов В.В., Старовойтов В.И., Воронова Г.С. Влияние водных абсорбентов на урожайность картофеля // Сборник материалов XIV Международного экологического форума «День Балтийского моря», СПб.: «Человек», 2013. С. 56–58.
2. Ахтямова Р.Я. Экологические аспекты применения вермикулита в сельском хозяйстве // В кн. «Экологические проблемы сельского хозяйства и производства качественной продукции». М.: Челябинск, 1999. С. 16–18.
3. ГОСТ Р 51808-2001. Государственный стандарт РФ. Картофель свежий продовольственный, реализуемый в розничной торговой сети. Технические условия. М.: Изд. офиц. ПИК стандартов, 2001.
4. Фирсов И.П., Бойко Ю.П., Старовойтова О.А. Использование биоконтейнеров в оригинальном семеноводстве картофеля // Вестник ФГБОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». № 4. 2009. С. 13–15.
5. Молчанова Е.Я., Старовойтова О.А., Фирсов И.П. Биоконтейнеры при выращивании оригинального семенного картофеля // Картофель и овощи. № 2. 2010. С. 23–24.
6. Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Макаров В.А., Манохина А.А. Агрегат для высева семян в биоконтейнерах // Сельский механизатор. № 9. 2011. С. 10–11.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
8. Методика исследований по культуре картофеля. М.: НИИКХ, 1967. 263 с.
9. Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Манохина А.А. Возделывание картофеля с использованием влагосберегающих полимеров // Вестник ФГБОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». № 1 (65). 2015. С. 15–19.
10. Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Бойко Ю.П., Молчанова Е.Я., Манохина А.А. Технология возделывания картофеля с использованием влагосберегающих полимеров. М.: ФГБНУ ВНИИКХ, 2014. 27 с.

Статья поступила 10.02.2016

## POTATO CULTIVATION WITH WATER ABSORBENTS

**OKSANA A. STAROVOITOVA**, *PhD. of agricultural Sciences*<sup>1</sup>

E-mail: agronir2@mail.ru

**VIKTOR I. STAROVOITOV**, *DSc (Eng)*<sup>1</sup>

E-mail: agronir1@mail.ru

**ALEKSANDRA A. MANOKHINA**, *PhD (Ag)*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>All-Russian Research Institute of Potato Growing named after A.G. Lorkh, Lorkh str., 23, Kraskovo, Lyubertsy district, Moscow region, 140051, Russian Federation

<sup>2</sup>Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya str., 49, Moscow, 127550, Russian Federation

The offered technology implies local introduction of moisture saving preparations in planting that provides for better use of moisture and fertilizers in soil during the growth and development of plants. Use was made of water absorbents (biopolymers) in doses of 50, 100, 200 and 400 kg/ha based on mineral fertilizers N60P60K60 before planting and foliar treatment with anti-stress Ekogel preparation at a flowering stage at a rate of 2,5 l/ha for the following potato varieties – Zhukovsky (early), Udacha (early) and Nevsky (mid-early). The experiments have been carried out on sod-podzol semicultivated sandy loam soil of the Moscow region in 2012-2014 with a planting density of 47.6 thousand pcs./ha, with an inter-row width of 75 cm according to the scheme using a method of a systematic placement of plots. As a result, the potato yield has been increased by 3,6...25,2 percent. The authors also consider the technology of potato cultivation with the use of moisture saving polymers. The following operations have been carried out: fall plowing, spring preplant tillage; cutting ridges with the introduction of the 1/2 recommended rate of mineral fertilizers at a rate of N60P60K60 (background); planting with local application of water absorbents; leaf treatment at the stage of flowering with Ekogel preparation at a rate of 2,5 l/ha. It has been revealed that even

in conditions of prolonged drought at a stage of tuberization in 2014, the introduction of vermiculite at a rate of 5000 l/ha during planting as compared with the control rate (0 l/ha) increased the potato yield by 2.1 to 15.9 percent. Moreover, making a granulated organic fertilizer with a perlite diameter of 40 mm (biocontainer) at a rate of 47.6 thousand pcs/ha during planting as compared with the control variant (0,0 pcs/ha) increased the potato yield by 18.3 to 27.7 percent. The authors have experimentally proved that local application of mineral fertilizers before planting at a rate of N60P60K60 in combination with application of water absorbents (biopolymers) during planting and spraying Ekogel at the flowering stage increases the conditional net income up to 4,5...9,5 thousand rubles/ha.

**Key words:** potato varieties, potato cultivation technology, water absorbents, precision farming, exchange potassium, fractional local fertilizing.

### References

1. Starovoitova O.A., Voronov V.V., Starovoitov V.I., Voronova G.S. Vliyanie vodnykh absorbentov na urozhaynost' kartofelya [Effect of water absorbent on the potato yield] // Proceedings of XIV International Environmental Forum "Baltic Sea Day", St. Petersburg. "Chelovek". 2013. 442. Pp. 56–58.
2. Akhtyamova R.Ya. Ekologicheskie aspekty primeneniya vermikulita v sel'skom khozyaystve [Ecological aspects of the use of vermiculite in agriculture] // V kn. "Ekologicheskie problemy sel'skogo khozyaystva i proizvodstva kachestvennoy produktsii" [In book "Environmental problems of agriculture and the production of quality products"]. M., Chelyabinsk, 1999. Pp. 16–18.
3. GOST R. 51808-2001 State Standard of the Russian Federation. Potatoes, fresh food sold in retail outlets. Specifications. M.: PIK Standards, 2001.
4. Firsov I.P., Boiko Yu.P., Starovoitova O.A. Ispol'zovanie biokonteynerov v original'nom semenovodstve kartofelya [The use of bio containers in original seed potato growing] / Herald of Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education - Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin. № 4. 2009. Pp.13–15.
5. Molchanova Ye.I., Starovoitova O.A., Firsov I.P. Biokonteynery pri vyrashchivani original'nogo semenkogo kartofelya [Bio containers use for original seed potato growing] / Kartofel' i ovoshchi [Potato and Vegetables]. № 2. 2010. Pp. 23–24.
6. Starovoitov V.I., Starovoitova O.A., Makarov V.A., Manokhina A.A. Agregat dlya vyseva semyan v biokonteynerakh [A unit for planting seeds in bio containers] // Sel'skiy mekhanizator [Rural Mechanical Engineer]. № 9. 2011. Pp. 10-11.
7. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of field experiment (with basics of statistical processing of research results). 5th ed., ext. and rev. M.: Agropromizdat, 1985. 351 p.
8. Metodika issledovaniy po kul'ture kartofelya [Potato research methodology]. M.: NIIC, 1967. 263 p.
9. Starovoitov V.I., Starovoitova O.A., Manokhina A.A. Vozdelyvanie kartofelya s ispol'zovaniem vlagosberegayushchikh polimerov [Cultivation of potatoes with the use of moisture saving polymers]. // Herald of Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education - Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin. № 1 (65). 2015. Pp. 15–19.
10. Starovoitov V.I., Starovoitova O.A., Boiko Yu.P., Molchanova Ye.I., Manokhina A.A. Tekhnologiya vzdelyvaniya kartofelya s ispol'zovaniem vlagosberegayushchikh polimerov [Technology of potato cultivation with the use of moisture saving polymers]. M.: FSBSI VNIIC, 2014. 27 p.

*Received on February 10, 2016*

**АЛИ МУНЗЕР СУЛЕЙМАН**, канд. техн. наук, доцент<sup>1</sup>

E-mail: munzer@yandex.ru

**БЕГЛЯРОВ ДАВИД СУРЕНОВИЧ**, докт. техн. наук, профессор<sup>1</sup>

**БЕКИШЕВ БОРИС ТИМОФЕЕВИЧ**, докт. техн. наук, профессор<sup>1</sup>

**ГРЕКОВ ДМИТРИИ МИХАЙЛОВИЧ**, канд. техн. наук<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

<sup>2</sup> ОАО «Институт Гидропроект», Волоколамское шоссе, 2, Москва, 125993, Российская Федерация

## **АНАЛИЗ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ НЕШТАТНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ**

Провели анализ воздействия волновых процессов при переходных и аварийных режимах работы гидросистемы, которые неизбежно приводят к снижению прочностных пределов трубопроводов, накоплению усталости металла, особенно в местах, являющихся концентраторами усталостных напряжений металла, что увеличивает вероятность аварий с порывами трубопроводов. Дали обоснование необходимости моделирования вероятных аварийных ситуаций работы насосов в системе водоподачи с целью установления возможности применению современных методов расчетов переходных процессов в насосных станциях систем водоснабжения. По результатам моделирования установили, что на напорном трубопроводе системы водоснабжения при аварийном отключении насоса высока вероятность разрыва сплошности потока воды. Рассчитали, что установка на напорном трубопроводе стабилизатора давления СДТ 16-100 с одной демпфирующей камерой в непосредственной к насосу, обратным клапанам и запорным задвижкам водоводов (источникам возмущения), позволит снизить амплитуды колебаний давления в системе водоснабжения в 2,5...2,6 раза и привести к более быстрому затуханию волновых процессов за счет изменения знакопеременных ударных нагрузок на более плавные, растянутые во времени. Установили, что противоаварийная защита системы водоснабжения с использованием технологии волновой стабилизации давления позволит защитить трубопроводные магистрали от порывов при возникновении аварийных ситуаций; обеспечить экономию электроэнергии за счет снижения аварийности на трубопроводах и повысить бесперебойность оказания услуг населению и предприятиям по водоснабжению.

**Ключевые слова:** насосный агрегат, напорный трубопровод, стабилизатор давления, переходные процессы, скорость распространения ударной волны, гидроудар.

Согласно эксплуатационному опыту, причинами разрушения трубопроводов в 60% случаев являются: гидравлический удар, перепады давления и вибрации. По данным Минрегионразвития РФ уровень износа коммунальных сетей и оборудования в среднем составляет 65%, только на трубопроводных системах жилищно-коммунального комплекса России происходит 70 аварий на 100 км водопроводов и сетей канализации. Во время переходного процесса, т.е. неустановившегося движения жидкости из-за изменения сечения трубопровода, вызванного перекрытием сечения трубопровода или его открытием, остановкой и пуском насосного агрегата и других элементов трубопроводной системы, сбросом давления и т.д., изменяется скорость движения жидкости, в результате этих процессов возникают волны повышенного и пониженного давления.

**Цель исследований** – анализ воздействия волновых процессов при переходных и аварийных режимах работы гидросистемы; обоснование необходимости моделирования вероятных аварийных ситуаций работы насосов в системе водоподачи с целью установления возможности применению современных методов расчетов переходных процессов в насосных станциях систем водоснабжения.

**Материалы и методы.** В процессе анализа конструктивно-технологических особенностей гидросистемы станции г. Москва Троице-Лыково «Сосновка-4» (рис. 1), а также консультаций с эксплуатирующим их персоналом специалистами ООО «ЭКОВЭЙВ Технологии» было установлено, что:

1. Повышение надёжности работы гидросистемы и обеспечение ее безаварийного функционирования во многом определяется гидравлическими

---

<sup>1</sup> Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya str., 49, Moscow, 127550, Russian Federation

<sup>2</sup> JSC "Hydroproject Institute", Volokolamskoye sh., 2, Moscow, 125993, Russian Federation

The paper analyzes the impact of wave processes in transitional and emergency operation modes of hydraulic systems, which will inevitably result in lowered strength limits of pipelines, the accumulation of metal fatigue, especially in concentrating points of metal fatigue stresses resulting in increased probability of accidents with pipeline breaks. The paper justifies the necessity of simulating possible emergency situations of pumps applied in a water supply system in order to establish a possibility of using modern calculating methods of transient processes in pumping stations of water supply systems. The simulation results have demonstrated that the discharge line of a water supply system is highly probable to feature discontinuity of water flow in case of the pump emergency shutdown. The calculations show that the installation of a discharge line pressure stabilizer under the brand SDT 16-100 with one dampening camera directly on the pump, the check valve and the water line gate valves (the sources of disturbances), will reduce the amplitude of pressure fluctuations in the water supply system at 2.5-2.6 times and lead to a more rapid attenuation of the wave processes by changing alternating shock loads into smoother time-expanded ones. The authors have stated that water supply system emergency protection based on wave stabilization technology will protect the pipelines from breaks in case of emergencies; provide energy savings by reducing accidents in pipelines and enhance the continuity of supplying population and enterprises with water.

**Key words:** pump aggregate, pressure pipeline, pressure stabilizer, transient processes, shock wave propagation velocity, hydraulic impact.

### References

1. Beglyarov D.S., Ali M.S. Issledovaniya perekhodnykh protsessov v napornykh kommunikatsiyakh nasosnykh stantsiy s osevyimi nasosami pri puske agregatov [Studying transitional processes in pressure communications of pumping plants with axial flow pumps during the starting up of the units] // Prirodobustroistvo [Environment Engineering] Journal, 2015. № 3. Pp. 74–78.

2. Beglyarov D.S., Kontsevich I.A., Kozlov M.S., Lentayeva E.A. Metodika raschetov perekhodnykh protsessov v napornykh sistemakh vodopodachi s nasosnymi stantsiyami [Methods of calculating transient processes in pressured water delivery systems

based on pumping stations] // Collection of scientific papers. Environmental engineering and environmental management as necessary conditions of social-and-economic development of Russia. M., 2005. Pp. 47–53.

3. Ganchev R.F., Nizamov Kh.N., Derbukov Ye.I. Volnovaya stabilizatsiya i preduprezhdenie avariyn na truboprovodakh [Wave stabilization and accident prevention on pipelines]. M.: Bauman MSTU, 1996. 260 p.

4. Karambirov S.N. Novye podkhody v modelirovani i optimizatsii truboprovodnykh sistem. Osnovy, kontseptsii, metody [New approaches to modeling and optimization of pipeline systems. Fundamentals, concepts, methodology]. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. 355 p.

*Received on February 12, 2016*

УДК 631

**АБДУЛМАЖИДОВ ХАМЗАТ АРСЛАНБЕКОВИЧ**, канд. техн. наук, доцент<sup>1</sup>  
**МАТВЕЕВ АЛЕКСАНДР СЕРГЕЕВИЧ**, канд. техн. наук, доцент<sup>1</sup>

E-mail: Hamzat72@mail.ru

<sup>1</sup> Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Большая Академическая, 44, Москва, 127550, Российская Федерация

## КОМПЛЕКСНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОЧНОСТНЫЕ РАСЧЕТЫ КОНСТРУКЦИЙ МАШИН ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА В СИСТЕМЕ INVENTOR PRO

Цель работы заключается в выборе и рассмотрении одной из наиболее распространенных программ для проектирования элементов, деталей, конструкций и сборок различных машин, в частности, машин природообустройства, подготовки технической документации и выполнения прочностных расчетов – Inventor Pro. Методами исследования в статье приняты возможность создания, конструирования и редактирования объемных деталей и конструкций, а также получения их чертежей в программе Inventor Pro. При создании совершенно новых узлов и конструкций в данной программе можно проводить прочностные расчеты методом конечных элементов (МКЭ). Описали методику выполнения расчета МКЭ, которая включает в себя создание детали или конструкции, задание материала, определение точек опор, задание различных нагрузок и моментов, получение сетки (т.е. разбику детали на конечные элементы) и расчет. Результаты расчета представили в виде пиктограмм и таблиц с множеством расчетных данных, основными из которых принято считать физические параметры, запас прочности, предел текучести, окончательный предел прочности при растяжении, напряжения и деформации. Выявили, что запас прочности для разработанного ковша каналоочистителя находится в допустимых пределах. Подтвердили также, что нет необходимости применять профили меньшего сечения для изготовления данной сварной конструкции в целях экономии металла с учетом величины запаса прочности.

**Ключевые слова:** объемное черчение, прочностной расчет, техническая документация, допустимые напряжения, метод конечных элементов, рабочие органы машин природообустройства, сварные соединения.

Российский рынок программных продуктов для проектирования и расчетов элементов машин в настоящее время обеспечен множеством различных компьютерных систем. Так, выбор системы Inventor Pro компании Autodesk главным образом связан с предоставляемой программой возможностью эффективно проектировать элементы, детали, сборки, узлы и агрегаты машин, а также с качественным проведением исследований. Под исследованиями в данном контексте подразумевается проведение прочностных расчетов методом конечных элементов, возможность использования параметрического моделирования, создание визуализаций кинематических узлов и презентаций разнесенных видов. Помимо вышеотмеченного, эта система обеспечивает возможность создания и применения электронной базы данных национальных стандартов и других нормативных документов, используемых для комплексного проектирования и расчетов новых деталей узлов и сборок на производственном предприятии. Также компания Autodesk предоставляет бесплатное программное обеспечение для студентов и преподавателей.

**Цель исследований** – выяснение и использование возможностей программы Inventor Pro при комплексном проектировании конструкций машин природообустройства и проведении их прочностных расчетов.

Программа Inventor Pro содержит практически все необходимые библиотеки, прикладные модули автоматизированного проектирования и специализированные приложения. Они позволяют эффективно создавать различные конструкции и проводить их комплексное исследование. Inventor Pro использует различные форматы файлов для деталей, сборок и чертежей, однако они могут быть экспортированы в формат, используемый программой AutoCAD, что говорит о возможности интеграции с другими продуктами компании Autodesk [1].

**Методы исследования.** Комплексное проектирование и расчеты в среде Inventor Pro включают в себя создание трехмерной модели, перевод ее в плоскость, т.е. выполнение чертежей, с использованием пояснений ESKD, сборку нескольких деталей в единый узел, выполнение конструкторских расчетов и проведение анализа прочностных характери-

---

---

# INTEGRATED DESIGNING AND STRENGTH CALCULATION OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING MACHINE DESIGNS USING INVENTOR PRO SYSTEM

*HAMZAT A. ABDULMAZHIDOV, PhD (Eng), Associate Professor<sup>1</sup>*

E-mail: Hamzat72@mail.ru

*ALEKSANDR S. MATVEYEV, PhD, Associate Professor<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Bolshaya Akademicheskaya str., 44, Moscow, 127550, Russian Federation

The aim of the paper is to select and examine one of the most common programs - Inventor Pro - used for designing elements, parts, units and assemblies of various machines, in particular, those employed in environmental engineering, preparation of technical documentation and making strength calculations. Research methods considered in the paper have been used to outline opportunities in making, designing and editing 3-d parts and designs, as well as obtaining their drawings in Inventor Pro. When making entirely new units and designs in this program, one can carry out strength calculation basing on the finite element method (FEM). The author describes a FEM-based calculating technology that includes making a part or design, selecting a material, determining support points, specifying various loads and moments, designing a net (i.e. breaking the part into finite elements) and performing calculations. The calculation results are presented as icons and tables with many estimates, the main of which are considered to be physical parameters, safety margin, yield strength, ultimate tensile, stress and deformation strength. It has been proved that the safety margin of the designed ditch dredger bucket does not exceed acceptable limits. The authors have also confirmed that there is no need to use smaller cross-section profiles to manufacture the considered welded structure in order to save metal with account of the safety margin value.

**Key words:** 3-d drawing, calculation, technical documentation, allowable stress, finite element method, working bodies of environmental engineering machines, welded connections.

## References

1. Autodesk Inventor. Bazovyy kurs na primerakh [Autodesk Inventor. Basic course with examples] / L.B. Levkovets, P.V. Tarasenkov. Spb.: BKhV Petersburg, 2013. 400 p.

2. Vas'kov A.A., Krasnyushchikh K.A. Razvertvanie poverkhnosti otvala i lemekha na ploskost' [Planar evolution of mould-board and share surfaces] // Herald of Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education - Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin. 2013. № 1 (57). Pp. 57–59.

3. Apatenko A.S. Sovremennye tendentsii razvitiya tekhnicheskogo potentsiala melioratsii zemel' [Contemporary trends in developing land reclamation technical means] // Herald of Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education - Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin. 2013. № 2 (58). Pp. 23–25.

4. Toygambayev S.K. Povyshenie nadezhnosti izgotovleniya rez'bovykh soedineniy [Improving manufacturing reliability of screw connections] // Herald of Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education - Moscow State Agroengineering

University named after V.P. Goryachkin. 2013. № 3 (59). Pp. 45–47.

5. Orlov B.N., Bondareva G.I., Orlov B.N. Innovatsionnye tekhnologii povysheniya bezopasnosti kabin operatorov gruzovykh avtomobiley i traktorov [Innovative technologies of improving the safety of truck cab operators]. Herald of Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education - Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin. 2015. № 6 (70). Pp. 28–32.

6. Orlov B.N., Karapetyan M.A., Abdulmazhidov Kh.A. Issledovanie iznosa rabochikh elementov mashin i tekhnologicheskogo oborudovaniya [Studying the wear of machinery and technological equipment working units // Traktory i sel'khoz mashiny [Tractors and Agricultural Machinery]. Monthly scientific-and-practical journal. M., 2014 (2). Pp. 36–38.

7. Abdulmazhidov Kh.A., Mochunova N.A. Analiticheskaya model' sistemy upravleniya skorost'yu dvizheniyu kovsha kanaloochistitel'noy mashiny [Analytical model of bucket speed control system of ditch dredgers] // Stroitel'nye i dorozhnye mashiny [Construction and Road Machines]. Monthly scientific-and-technical and production journal. № 9. 2014. Pp. 13.

8. Abdulmazhidov Kh.A., Karapetyan M.A. Teoreticheskoe issledovanie dinamiki rabocheho organa kanaloochistitelya RR-303 [Theoretical study of the PP-303 working unit dynamics] // Prirodoobustroistvo [Environmental Engineering]. Scientific-and-practical journal. №. 2. M., 2015. Pp. 78–81.

9. Autodesk Inventor Essentials Plus. Travis Jones, Daniel T. Banach, Alan J. Kalameja. Lori, 2012.

10. Autodesk Inventor and Inventor LT 2013. Autodesk Official Training Guide That Tremblay Publisher: DMK Press, Official Autodesk training course, 2012.

11. Autodesk Inventor. L.B. Levkovets. BKhV-Peterburg, 2008.

12. Orlov B.N., Bondareva G.I. Sovremennye sposoby usileniya konstruktsiy kabin avtotransporta i traktorov [Innovative technologies of strengthening truck and tractor cabs]. Herald of Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education - Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin. 2014. № 2 (62). P. 35.

13. Ditch Dredger Bucket: Pat. No. 2,500,858 RF 2013. RUSSIAN PROFESSIONAL (RU). Application № 2012124558, 15.06.2012. Published on: 10.12.2013. Bul. № 34.

*Received on February 9, 2016*

# ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В АПК

УДК 621.791.927.55

**ЕРОХИН МИХАИЛ НИКИТЬЕВИЧ**, докт. техн. наук, академик РАН, профессор<sup>1</sup>

**ЧУПЯТОВ НИКОЛАЙ НИКОЛАЕВИЧ**, канд. техн. наук, доцент<sup>2</sup>

E-mail: nikolaj-ch@mail.ru

<sup>1</sup> Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 55, Москва, 127550, Российская Федерация

<sup>2</sup> Тверской государственный технический университет, набережная Афанасия Никитина, 22, г. Тверь, 170026, Российская Федерация

## ИЗУЧЕНИЕ ПРОЧНОСТИ СЦЕПЛЕНИЯ КАРБИДОСОДЕРЖАЩЕГО ХРОМОВОГО CVD-ПОКРЫТИЯ С ПОДЛОЖКОЙ ИЗ КАЧЕСТВЕННОЙ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

В работе отражены результаты исследования сцепляемости покрытий, полученных методом химического парофазного разложения  $\text{Cr}(\text{CO})_6$ , с подложкой изготовленной из стали 15Х ГОСТ 4543-71. Качество сцепления покрытий с подложкой оценивалось визуально (по наличию дефектов на границе раздела покрытие-подложка). Исследовали границы раздела с помощью растрового электронного микроскопа Quanta 3D FEG производства компании FEI. Установили, что наименьшее количество дефектов на границе раздела покрытие-подложка наблюдается при следующих технологических режимах: температура подложки – 400 градусов Цельсия; температура металлоорганического соединения – 40 градусов Цельсия. Выявили, что влияние технологических режимов на прочность сцепления наблюдается при формировании первых 5...10 нм покрытия (адгезионного подслоя), изменение температуры подложки при дальнейшем наращивании плёнки не оказывает влияния на прочность сцепления. На основании результатов исследования предложили способ получения покрытий с высокими показателями микротвёрдости, включающий в себя 2 этапа: 1 – формирование адгезионного хромового подслоя толщиной 10 нм при температуре подложки 400 градусов Цельсия; 2 – формирование основного высокопрочного покрытия на основе карбидов хрома при температуре 200...300 градусов Цельсия.

**Ключевые слова:** хромовые покрытия, CVD-метод, металлизация, гексакарбонил хрома, карбид хрома, карбидохромовые покрытия.

Высоких эксплуатационных свойств восстановленных и упрочнённых с применением CVD-процессов деталей можно достигнуть лишь при условии обеспечения надлежащего качества получаемых из газовой фазы покрытий. При этом основными показателями качества являются микротвёрдость, шероховатость поверхности и прочность сцепления покрытия с подложкой. В работах ряда авторов [1...9] установлено, что CVD-процессы позволяют получить широкую гамму карбидосодержащих хромовых покрытий термическим разложением гексакарбонила хрома, при этом данные

покрытия будут полностью соответствовать предъявляемым требованиям по микротвёрдости и шероховатости. Однако на сегодняшний день нет достаточного количества опубликованной информации о зависимости прочности сцепления покрытий с подложкой от технологических режимов металлизации. Отсутствие этих данных не позволяет создать комплексную технологию восстановления и упрочнения прецизионных деталей гидравлических систем сельскохозяйственной техники с применением карбидосодержащих покрытий, полученных термическим разложением  $\text{Cr}(\text{CO})_6$ . Следовательно

3. Разуваев Г.А., Грибов Б.Г., Домрачев Г.А. и др. Металлоорганические соединения в электронике. М.: Наука, 1972. 479 с.

4. Грибов Б.Г., Домрачев Г.А., Жук Б.В. и др. Осаждение плёнок и покрытий разложением металлоорганических соединений. М.: Наука, 1982. 322 с.

5. Козырев В.В. Металлоорганические соединения в машиностроении и ремонтном производстве: Монография. Тверь: Издательство Студия-С, 2003. 160 с.

6. Hugh O. Pierson. Handbook of Chemical Vapor Deposition, 1999.

7. Сыркин В.Г. Газофазная металлизация через карбонилы. М.: Металлургия, 1985. 248 с.

8. Ерохин М.Н., Казанцев С.П., Чупятов Н.Н. Применение карбонильного хрома для получения упрочняющих покрытий на деталях сельскохозяйственной техники // Материалы Международной научно-практической конференции «Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК». Минск: БГАТУ, 2014. Ч. 1. С. 275–278.

9. Ерохин М.Н., Чупятов Н.Н. Повышение износостойкости прецизионных деталей гидравлических систем сельскохозяйственной техники // Сельскохозяйственные машины и технологии. № 3. 2014. С. 7–10.

10. Сыркин В.Г. CVD-метод. Химическая парофазная металлизация. М.: Наука, 2000. 496 с.

Статья поступила 15.02.2016

## STUDYING THE STRENGTH OF CARBONIZED CHROME CVD-COATING BASED ON HIGH-QUALITY CARBON STEEL

**MIKHAIL N. EROKHIN**, DSc (Eng)

*Academician of the Russian Academy of Science, Professor<sup>1</sup>*

**NIKOLAI N. CHUPYATOV**, PhD (Eng)<sup>2</sup>

E-mail: nikolaj-ch@mail.ru

<sup>1</sup> Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya str., 55, Moscow, 127550, Russian Federation

<sup>2</sup> Tver State Technical University, Afanasiya Nikitina emb., 22, Tver, 170026, Russian Federation

The paper considers the issues relating to the adhesion of CVD-coatings obtained by thermal decomposition of Cr(CO)<sub>6</sub>, with a substrate made of steel 15X GOST 4543-71. The quality of coating adhesion to the substrate has been visually evaluated (by the presence of defects at the coating-substrate joint). The authors have examined the joint area using a scanning electron microscope Quanta 3D FEG manufactured by FEI company. It has been established that the smallest number of defects at the coating-substrate joint is observed under the following technological conditions: the substrate temperature of 400 degrees Celsius; the organometallic compound temperature of 400 degrees Celsius. It has been proved that the influence of the process conditions on the adhesion strength is observed during the formation of the first 5...10 nm of coating (adhesion underlayer), variations in the substrate temperature in subsequent film increasing has no effect on the adhesion strength. Basing on the studies the authors have suggested a method for producing coatings with high microhardness comprising 2 stages: 1 - forming an adhesive chromium underlayer with a thickness of 10 nm at the substrate temperature of 400 degrees Celsius; 2 - formation of the primary coating based on high chromium carbides at a temperature of 200...300 degrees Celsius.

**Key words:** chrome coating, CVD-method, metal plating, chromium hexacarbonyl, chromium carbide, chromium carbide cover.

### References

1. Chupyatov N.N. Prognozirovaniye khimicheskogo sostava i svoystva pokrytiy, poluchaemykh termicheskim razlozheniem Cr(CO)<sub>6</sub> v gazovoy faze [Prediction of chemical composition and proper-

ties of coatings produced by thermal decomposition of Cr (CO)<sub>6</sub> in the gas phase // Herald of Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education - Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin. № 5 (69). 2015. Pp. 22–26.

2. Erokhin M.N., Kazantsev S.P., Chupyatov N.N. Sposoby modifitsirovaniya poverkhnostey treniya detaley mashin: Monografiya [Methods of modifying the friction surfaces of machine parts: Monograph]. M.: FSBEI VPO MSAU, 2014. 140 p.
3. Razuvayev G.A., Gribov B.G., Domrachev G.A. et al. Metalloorganicheskie soedineniya v elektronike [Organometallic compounds in electronics]. M.: Nauka, 1972. 479 p.
4. Gribov B.G., Domrachev G.A., Zhuk B.V. et al. Osazhdenie plenok i pokrytiy razlozheniem metalloorganicheskikh soedineniy [Deposition of films and coatings decomposition of organometallic compounds]. M.: Nauka, 1982. 322 p.
5. Kozyrev V.V. Metalloorganicheskie soedineniya v mashinostroenii i remontnom proizvodstve: Monografiya. [Organometallic compounds in engineering and repair production: Monograph]. Tver: Studio C, 2003. 160 p.
6. Hugh O. Pierson. Handbook of Chemical Vapor Deposition, 1999.
7. Syrkin V.G. Gazofaznaya metallizatsiya cherez karbonily [Gas-phase metallisation through carbonyls]. M.: Metallurgiya [Metallurgy], 1985. 248 p.
8. Erokhin M.N., Kazantsev S.P., Chupyatov N.N. Primenenie karbonil'nogo khroma dlya polucheniya uprochnyayushchikh pokrytiy na detalyakh sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [The use of chromium carbonyl for hardening coatings on agricultural machinery parts] // Proceedings of the International Scientific-Practical Conference "Modern problems of development of new techniques, technologies, organization of technical service in agriculture". Minsk, BSATU, 2014. Part 1. Pp. 275–278.
9. Erokhin M.N., Chupyatov N.N. Povyshenie iznosostoykosti pretsizionnykh detaley gidravlicheskikh sistem sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Increasing durability of precision components of farm machinery hydraulic systems] // Farm Machinery and Technologies. № 3. 2014. Pp. 7–10.
10. Syrkin V.G. CVD-metod. Khimicheskaya parofaznaya metallizatsiya. [CVD-method. Chemical vapor metallization]. M.: Nauka, 2000. 496 p.

*Received on February 15, 2016*

УДК 631.354

**ДИДМАНИДЗЕ ОТАРИ НАЗИРОВИЧ**, докт. техн. наук, профессор  
член-корреспондент РАН, директор<sup>1</sup>  
E-mail: karev-79@mail.ru

**ВАРНАКОВ ДМИТРИЙ ВАЛЕРЬЕВИЧ**, докт. техн. наук, доцент<sup>2</sup>  
E-mail: varndm@mail.ru

**ВАРНАКОВ ВАЛЕРИЙ ВАЛЕНТИНОВИЧ**, докт. техн. наук, профессор  
заведующий кафедрой<sup>2</sup>  
E-mail: varnval@mail.ru

<sup>1</sup> Институт непрерывного профессионального и дополнительного образования  
«Высшая школа управления АПК», ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

<sup>2</sup> Ульяновский государственный университет, ул. Льва Толстого, 42, г. Ульяновск, 432017,  
Российская Федерация

## КОНЦЕПЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА ПО ФАКТИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ МАШИН НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ИХ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ

Рассмотрели основные подходы по моделированию процесса технического сервиса по фактическому состоянию машин с целью оптимизации ремонтных воздействий и снижения издержек. Разработали способы оценки эффективности функционирования машин, которые позволяют определить количественные характеристики параметров их работы в процессе эксплуатации, а также рассчитать количество запас-

ных частей, прогнозировать параметрическую надежность. Одним из перспективных направлений повышения эффективности работы сервисных служб является применение современных средств диагностики машин, а именно средств непрерывной диагностики. На основании предложенного способа оценки эффективности функционирования машин произвели оценку не только по внутренним свойствам самой сложной системы, но и с учетом качества ее функционирования, качества выполнения задач. Так, техническое состояние машин может быть охарактеризовано указанием дефектов, нарушающих их исправное и работоспособное состояние, а также качество функционирования, и может относиться к деталям, узлам или к машине в целом. Выбор оптимальной стратегии технического сервиса позволяет добиваться наилучших результатов за счет реорганизации правил эксплуатации без привлечения дополнительных сил и средств. Для решения задачи рациональной периодичности обслуживания использовали математическую модель, описывающую эволюцию технического состояния машины во времени, с учетом флуктуации параметров и случайных процессов. В задачах технического сервиса рассмотрели показатели качества функционирования машин при длительной эксплуатации. Для отыскания оптимальной стратегии в подобных задачах предложили использовать метод минимакса. Обосновали, что непрерывный контроль параметрической надежности автотранспортных средств позволит оптимизировать периодичность обслуживания, а также применить методы прогнозирования технического состояния. Таким образом, при исследовании методов повышения надежности техники особое значение приобретают задачи, связанные с оценкой ее параметрической надежности.

**Ключевые слова:** надежность; технический сервис; моделирование; параметрическая надежность; решение задачи оптимизации технического сервиса; лемма Дуба.

Переоснащение парка машин приводит к появлению новой, сложной энергонасыщенной техники, при этом возрастает значение контроля ее технического состояния. Поэтому все более актуальными становятся вопросы диагностики и технического сервиса машин. Повышение эффективности технического сервиса требует внедрения инновационных решений, новых методов и подходов, позволяющих снизить издержки и повысить оперативность работы служб технического сервиса.

Недостаточный уровень надежности автотранспортных средств приводит к увеличению затрат в процессе их эксплуатации, простоям неисправной техники, что приводит в свою очередь, к экономическим потерям. Увеличение количества эксплуатируемых автомобилей и рост стоимости сервисных и ремонтных работ вынуждают производителей повышать надежность автотранспортных средств.

Следует отметить, что при эксплуатации сложной техники потери являются следствием не только отказов отдельных деталей, но и снижения эффективности ее функционирования в целом. В связи с этим возникает потребность в разработке таких методов оценки эффективности функционирования машин, которые позволили бы оценить параметры их работы в процессе эксплуатации, прогнозировать параметрическую надежность, определять необходимое количество и качество запасных частей с целью совершенствования системы технического сервиса.

Решение вопросов обеспечения надежности структурно-сложных технических систем осуществляется на всех стадиях жизненного цикла: от проектирования и производства до эксплуатации и утилизации.

Одним из перспективных направлений повышения эффективности работы сервисных служб является применение современных средств диа-

гностики машин, а именно средств непрерывной диагностики. Развитие микроэлектроники позволило уменьшить габаритные размеры средств обработки информации, миниатюризировать различные датчики и системы контроля, что дает возможность использовать их в автотранспортных средствах.

Современные сложные системы характеризуются не только большим числом элементов, но главным образом сложностью внутренней структуры: обратными связями, различного рода избыточностями и т.п. В связи с этим сложность современных систем нужно рассматривать не как чисто количественное увеличение комплектующих сложную систему элементов, а как новое качественное свойство, присущее этим сложным системам. Естественно, что такая постановка приводит к необходимости по-новому оценивать многие, и, в частности, эксплуатационные и оперативные характеристики сложных систем, в том числе работу параметров системы в заданных границах [1].

**Цель исследования** – решение общей проблемы повышения надежности и эффективности функционирования машин. При этом возникает задача разработки обоснованной стратегии технического сервиса.

**Материалы и методы.** Основная идея рассматриваемого метода оценки эффективности и заключается в том, что оценка производится не только по внутренним свойствам самой сложной системы, но и с учетом качества ее функционирования, качества выполнения задач, т.е. по выходному эффекту. Введение такой оценки очень удобно, так как позволяет сравнивать функционирование сложных систем, принципиально различных по структуре, принципу действия, комплектующим изделиям и т.п., если они предназначены для выполнения одной и той же задачи. Это позволяет изыскивать пути

# CONCEPT OF MACHINERY MAINTENANCE BASED ON MACHINERY PERFORMANCE BY ASSESSING ITS PARAMETRICAL RELIABILITY

**OTARI N. DIDMANIDZE**, DSc (Eng), Professor<sup>1</sup>

E-mail: karev-79@mail.ru

**DMITRY V. VARNAKOV**, DSc (Eng), Professor<sup>2</sup>

E-mail: varndm@mail.ru

**VALERY V. VARNAKOV**, DSc (Eng), Professor<sup>2</sup>

E-mail: varnval@mail.ru

<sup>1</sup> Institute of Continuous Professional and Further Education, "Higher School of Agribusiness Management", Timiryazevskaya str., 49, Moscow, 127550, Russian Federation

<sup>2</sup> Ulyanovsk State University, L'va Tolstogo str., 42, Ulyanovsk, 432017, Russian Federation

The paper considers the main approaches to machinery maintenance modelling based on the machinery performance in order to optimize maintenance actions and reduce costs. The authors have developed methods for evaluating the machinery performance that allow determining the quantitative characteristics of its operating parameters, as well as calculating the amount of spare parts and predict parametric reliability. One of the promising ways of increasing the efficiency of the technical service centres is the use of modern machinery diagnostic tools, namely, those of continuous diagnostics. Basing on the proposed method of assessing the effectiveness of the machinery operation, the authors have assessed the machinery performance not only by intrinsic properties of very complex systems, but also with account of the performance quality and the quality of performing separate tasks. Thus, machinery maintenance can be characterized by the determination of defects hampering its good performance, as well as the operating quality, and may refer to separate parts, units, or the machine as a whole. Choosing an optimal maintenance strategy allows achieving the best results due to the reorganization of operation rules without resorting to additional efforts and resources. To solve the problem of choosing rational maintenance intervals, use has been made of a mathematical model that describes the evolution of the machinery technical condition in time, with account of fluctuations of the parameters and random processes. The maintenance tasks also include determining the indicators of the machinery continuous operation quality. To find an optimal strategy of solving such tasks, the authors have proposed to use the minimax method and have proved that the continuous monitoring of the machinery parametric reliability will optimize service intervals, as well as provide for the use of technical methods of forecasting. Thus, in studying the methods of increasing the machinery reliability, particularly important are the tasks related to the assessment of the machinery parametric reliability.

**Key words:** reliability; technical service (maintenance); modelling; parametric reliability; solution to the problem of technical service (maintenance) optimization; Doob lemma.

## References

1. Varnakov D.V. Ispol'zovanie diagnosticheskikh parametrov pri otsenke i prognozirovanii parametricheskoy nadezhnosti dvigateley avtotransportnykh sredstv [The use of diagnostic parameters in evaluating and predicting parametric reliability of motor vehicle engines / D.V. Varnakov: Monograph. Ulyanovsk: USU, 2013. 124 p.
2. Belyaev Yu.K., Bogatyrev V.A., Bolotin V.V. Nadezhnost' tekhnicheskikh sistem: Spravochnik. [Reliability of technical systems: Referencebook]. M.: Soyuzpolitpografiya. 1984. 659 p.
3. Didmanidze O.N. Obespechenie nadezhnosti tekhniki putem provedeniya kompleksnoy otsenki kachestva postavok zapasnykh chastei pri organizatsii tekhnicheskogo servisa [Ensuring the machinery reliability by comprehensive assessment of the quality of supplying spare parts in technical service organizations] / O.N. Didmanidze, B.S. Didmanidze, V.V. Varnakov, D.V. Varnakov, E.A. Varnakova, L.L. Khabieva // International Technical-and-Economic Journal. M.: LLC "Spectrum", 2014. № 5. Pp. 31–40.
4. Nadezhnost' i effektivnost' v tekhnike: Spravochnik [Reliability and efficiency in engineering. Referencebook] / edited by V.I. Kuznetsov [et al.]. M: Mashinostroyeniye, 1990. 320 p.
5. Varnakov V.V. Postroyeniye matematicheskoy modeli tekhnicheskogo servisa [Mathematical modelling of technical service]. / V.V. Varnakov, A.S. Karpov, M.E. Dezhatkina // International Technical-and-Economic Journal. 2009. № 3. Pp. 73–75.

6. Varnakov D.V. Vliyanie metoda prognozirovaniya dostatochnoy nadezhnosti po obobshchennomu parametru na dinamicheskuyu kharakteristiku avtotransportnykh sredstv [The influence of the method of forecasting sufficient reliability for generalized parameters of vehicle dynamic characteristics] / D.V. Varnakov // International Technical-and-Economic Journal. M., № 2. 2012. Pp. 113–119.

7. Didmanidze O.N., Varnakov D.V. Povyschenie parametricheskoy nadezhnosti avtomobil'nykh dvigateley [Improving the parametric reliability of automobile engines] / O.N. Didmanidze, D.V. Varnakov // Repair, Restoration, Modernization. M., № 5. 2007. Pp. 2–7.

8. Varnakov V.V. Otsenka kachestva remonta dvigateley pri sertifikatsii po rezul'tatam obkatochnykh ispytaniy [Quality assessment of engine repairing for the certification by the results of run-in tests] / V.V. Varnakov, A.V. Pogodin, D.V. Varnakov // Re-

pair, Restoration, Modernization. M. № 8. 2005. Pp. 19–21.

9. Didmanidze O.N. Prognozirovaniye parametricheskoy nadezhnosti dvigateley avtotransportnykh sredstv v normal'nom i spetsial'nom ekspluatatsionnykh rezhimakh [Prediction of parametric reliability of automobile engines in normal and special operating modes] / O.N. Didmanidze, D.V. Varnakov // International Technical-and-Economic Journal. 2013. № 3. Pp. 94–98.

10. Dorokhov A.S. Effektivnost' otsenki kachestva sel'skokhozyaystvennoy tekhniki i zapasnykh chastey [Efficacy of evaluating the quality of farm machinery and spare parts] / A.S. Dorokhov // Herald of Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education - Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin. № 1, 2015. (65). Pp. 31–34.

*Received on February 17, 2016*

УДК 631.3.004.67-631.145

**ОРЛОВ БОРИС НАМСЫНОВИЧ**, докт. техн. наук, профессор<sup>1</sup>

**БОНДАРЕВА ГАЛИНА ИВАНОВНА**, докт. техн. наук, профессор<sup>1</sup>

E-mail: Boss2569@yandex.ru

**ПАЛЯЕВА ВЕРА НИКОЛАЕВНА**, канд. экон. наук, доцент<sup>2</sup>

E-mail: palyaeva@gmail.com

<sup>1</sup> Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

<sup>2</sup> Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова, ул. Пушкина, 11, Элиста, 358000, Республика Калмыкия, Российская Федерация

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ КОНСТРУКЦИЙ КАБИН ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ

Грузовой парк автомобилей относят к опасным производственным объектам. Экспертиза промышленной безопасности этих объектов, связанная с продлением нормативного срока службы, требует применения различных видов неразрушающего контроля. Анализ аварийности и травматизма на предприятиях агрокомплекса показывает, что значительная часть отказов связана с прогрессирующими повреждениями коррозионного и эксплуатационного износа, нарушениями технологии ремонта. Условия эксплуатации стоек кабины грузовых автомобилей характеризуются действием широкого спектра внешних нагрузок статического и динамического характера. Для выбора расчётных схем и метода анализов напряженно-деформированного состояния (НДС) на испытательной машине ZD 10/90 провели серии опытов вертикального и горизонтального нагружения стоек кузовов. Расчётный анализ напряжений и деформаций стоек при действии вертикальных и горизонтальных нагрузок выполнили с использованием методов теории упругости и численных методов. Установили, что сварные швы как восстановленной, так и усовершенствованной

стойки кабины в реальных условиях работают на срез (растяжение) и отрыв (сжатие). При приложении растягивающих напряжений сварной шов работает как связующий элемент между соединенными элементами и существенные нагрузки не испытывает. Выявили, что длительное воздействие внешней нагрузки на сварное соединение сопровождается релаксацией напряжений, при которых может произойти или существенное истощение пластичности сварного соединения, или в конечном итоге разрушение. Симплекс-методом определили оптимальную вертикальную координату установки модуля усиления в центральной стойке на расстоянии 850 мм от основания рамы. Исследования усовершенствованной конструкции несущих стоек кабин выявили увеличение их прочностных характеристик не ниже 0,87 от новых стоек. Провели экспериментальные исследования и выполнили расчетный анализ деформации стоек при действии вертикальных и боковых нагрузок, определили относительные деформации и приращения напряжений.

**Ключевые слова:** кабина, контроль, напряжение, деформация, нагрузки.

Экспертиза промышленной безопасности производственных объектов связана с продлением нормативного срока службы [1]. Однако, несмотря на значительность данного вида работ в области обеспечения промышленной безопасности, количество аварий неуклонно растёт. Согласно этому вопрос изучения экспертизы промышленной безопасности конструкций кабин грузовых автомобилей и тракторов имеет важное значение и требует применения различных видов неразрушающего контроля.

**Цель исследований** – изучение экспертизы промышленной безопасности конструкций кабин грузовых автомобилей и тракторов.

**Материалы и методы.** При проведении исследований использован преобразователь интерфейса USB↔CAN ZET 7174, предназначенный для подключения измерительных сетей на базе интеллектуальных датчиков с интерфейсом CAN к ПК.

Сервер данных ZETLab автоматически определяет наличие устройств на линии CAN, считывает название измерительного канала, единицу измерения, верхний и нижний диапазон допустимых значений параметров и в непрерывном режиме считывает данные измерительного канала и формирует непрерывный синхронизированный канал в среде ZETLab [2].

В измерительной схеме лабораторной установки интеллектуальный тензометрический датчик ZET 7111 Tensometer-CAN (табл.) фиксирует динамические нагрузки. Кроме того, тензодатчики позволяют измерять степень сжатия и растяжения, скручивания, изгиба, прикладываемых к испытываемому изделию [3, 4].

Данные передаются в цифровом виде по интерфейсу CAN 2,0 с использованием протокола Modbus.

Конструктивная схема интеллектуального тензодатчика включает в себя первичный преобразователь, состоящий из тензодатчика (тензомоста) и измерительного модуля ZET 7111 Tensometer-CAN. Тензорезистор установлен в технологическом разрезе, предусмотренном производителем для замены и ремонта стоек (рис. 1).

Измерительный модуль ZET7111 Tensometer-CAN осуществляет преобразование напряжения с измерительных тензодатчиков и передаёт значения измеряемой величины усилия пресса в цифровом виде на CAN-шину к модулю ZET 7174 [5].

Управление измерительным комплексом осуществляется с помощью программного обеспечения «Измерение», «Аналоговый выход» и «Генератор сигналов».

Таблица

Технические характеристики модуля ZET7111 Transometr-CAN

Наименование параметра	Единица измерения	Значения
Измеряемый параметр		Относительная деформация, сила
Частота опроса	Гц	1...5000
Чувствительность мостовых схем	мВ/В	0,05
Интерфейс передачи данных		CAN 2,0
Питание мостовых схем		Переменным напряжением
Питание устройства	В	От 9 до 24
Габаритные размеры	мм	65×34×14
Масса	г	35

## STUDY OF USING NON-DESTROYING CONTROL OF TRUCK AND TRACTOR CABIN DESIGN

**BORIS N. ORLOV**, DSc (Eng), Professor<sup>1</sup>

**GALINA I. BONDAREVA**, DSc (Eng), Professor<sup>1</sup>

E-mail: Boss2569@yandex.ru

**VERA N. PALYAEVA**, PhD (Econ), Associate Professor<sup>2</sup>

E-mail: palyaeva@gmail.com

<sup>1</sup> Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya str., 49, Moscow, 127550, Russian Federation

<sup>2</sup> Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, Pushkina str., Elista, 11358000, Russian Federation, the Republic of Kalmykia.

Freight vehicle stock belongs to hazardous production facilities. Industrial safety checking of the facilities associated with their service life extension requires the use of various types of non-destructive testing. The analysis of accidents and injuries in agribusiness enterprises shows that most of the failures are due to progressive corrosion damage and operational wear, as well as violations of repair technologies. Operating conditions of truck cab posts feature a wide range of external static and dynamic loads. To select a design scheme and methods of analyzing a stressedly-deformed mode (SDM) with the ZD 10/90 test machine the authors have conducted a series of experiments on vertical and horizontal loading of vehicle pillars. The analysis of pillar stresses and deformations subjected to vertical and horizontal loads has been performed using methods of the theory of elasticity and numerical methods. It has been stated that weld joints of both restored and enhanced cab post are actually subjected to shear (stretching) and tear (compression). When applying tensile stress, the weld joint acts as a link between the connected elements and is not experiencing essential loads. It has also been revealed that prolonged exposure of the welded joint to external loads is accompanied with stress relaxation, which can result either in a significant depletion of the welded joint plasticity, or its ultimate destruction. The Simplex method has been used to determine the optimum vertical coordinate of the amplifying module setting in the central post at a distance of 850 mm from the frame base. Examining the advanced design of the cab posts has shown an increase in their strength properties not less than 0.87 as compared with the new ones. The authors have carried out a pilot study and performed a design analysis of the post deformation under the action of vertical and lateral loads, as well as determined relative deformations and stress increments.

**Key words:** cabin, control, stress, deformation, loads

### References

1. Orlov B.N. Sistemnyy analiz kinetiki razrusheniya detaley sel'skokhozyaystvennoy tekhniki: Stat'ya [System analysis of the destruction kinetics of farm machinery parts: Paper] // International Scientific Journal. № 1. M., 2007.
2. Kuzmin D.G. Uovershenstvovanie tekhnologicheskogo protsessa remonta kuzova avtotransportnogo sredstva s pomoshch'yu diskovoy frezy [Improving the vehicle body repair using a circular cutter / D.G. Kuzmin // Tekhnika i oborudovanie dlya sela [Farm Machinery and Equipment]. № 4 (190). M., 2013. Pp. 35–36.
3. Orlov B.N., Bondareva G.I. Geometricheskii smysl mikropolyurnykh deformatsiy i prevrashcheniy v sploshnoy srede pri vzaimodeystvii rabochnikkh elementov s abrazivom: Stat'ya [Geometric meaning of micropolar deformations and transformations in a continuous medium when dealing with abrasive elements: Paper] // International Economic Journal. № 3. M., 2012.
4. Bondareva G.I., Kravchenko I.N. Diagnostirovanie khodovoy chasti mobil'nykh stroitel'nykh i dorozhnykh mashin – rezerva povysheniya ikh ekspluatatsionnoy nadezhnosti [Diagnosing the running gear of mobile construction and road machines as a means of increasing their operational reliability] // Herald of Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education - Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin. Agroengineering. № 3, Moscow, 2007.
5. Bondareva G.I. Matematicheskaya model' optimizatsii sposobov vosstanovleniya detaley mashin [Mathematical model of optimizing the methods of recovering machinery parts] // Herald of Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education - Moscow State Agroengineering University

named after V.P. Goryachkin. Agroengineering. № 3, Moscow, 2007.

6. Bondareva G.I. Osnovy nadezhnosti tekhnicheskikh sistem: Uchebnoye posobie [Fundamentals of the reliability of technical systems: Textbook] / G.I. Bondareva. M.: Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education - Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin, 2008.

7. Bondareva G.I., Leonov O.A., Shkaruba N.Zh. Otsenka kachestva izmeritel'nykh protsessov v remontnom proizvodstve [Measuring quality assessment in repair production] // Herald of Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education - Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin. Agroengineering. № 2, Moscow, 2013.

8. Orlov B.N., Bondareva G.I. Otsenka nesushchey sposobnosti karkasov kabin traktorov i avtomobiley [Evaluation of the carrying capacity of tractor and truck cab frames] // Herald of Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education - Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin. Agroengineering. № 3, Moscow, 2014.

9. Orlov B.N., Bondareva G.I. Sovremennyye sposoby usileniya konstruktivnykh kabin avtotransporta i traktorov [Modern methods of strengthening the design of truck and tractor cabs] // Herald of Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education - Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin. Agroengineering. № 2, Moscow, 2014.

*Received on January 25, 2016*

УДК 631.674.6

**БУТКЕЕВА АЛЛА ИГОРЕВНА**

E-mail: alla.butkeeva@mail.ru

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

## **ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПОСТАВОК ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ЧЕРЕЗ ДИЛЕРСКИЕ ЦЕНТРЫ**

Рассмотрели проблемы орошения сельскохозяйственных земель с целью повышения плодородия почв. Выявили, что площадь орошаемых земель не превышает 20 процентов, и с этих земель собирают до 40 процентов всей продовольственной продукции. Установили зависимость урожайности сельскохозяйственных культур по регионам России от интенсивности орошения площадей сельскохозяйственных угодий. Выявили, что наибольшее распространение в качестве промышленного орошения получило дождевание, высокая эффективность которого доказана на площадях возделывания более 40 га. Рассмотрели основные марки дождевальных машин импортного и отечественного производства. Изучили внутренний российский рынок полевых сельскохозяйственных систем орошения и установили, что за последние 5 лет имеется тенденция увеличения доли импортного оросительного оборудования. Исследовали проблемы организации поставок и технического сервиса оросительных установок сельхозтоваропроизводителем через дилерские центры. Установили, что недостатком технического обслуживания машин зарубежных производителей является простой техники из-за сроков поставки необходимых запчастей. Определили, что необходимо оптимизировать расположение дилерских центров, исходя из территориального критерия. В этой связи предлагаем при обосновании оптимального территориального расположения дилеров и годового расхода запасных частей основываться на решении вопросов транспортной и складской логистики, уровне конкурентной среды, обеспеченности запасных частей на складе, стадии жизненного цикла марки машины на рынке конкретного субъекта, возможности настройки оборудования и обучения персонала.

**Ключевые слова:** орошение, оросительные системы, дождевание, доставка, дилер, дилерская сеть, изготовители.

## PROVIDING GROUNDS FOR SUPPLYING IRRIGATION SYSTEMS THROUGH DEALERSHIP ORGANIZATIONS

**ALLA I. BUTKEYEVA**

E-mail: [alla.butkeeva@mail.ru](mailto:alla.butkeeva@mail.ru)

Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya str., 55, Moscow, 127550, Russian Federation

The paper considers some problems of farmland irrigation aimed at increasing soil fertility. The authors have revealed that the area of irrigated lands doesn't exceed 20 percent but it accounts for up to 40 percent of the total farm produce output. The authors have also determined that overhead irrigation, or sprinkling, is the most widespread form of industrial irrigation as its high efficiency is proved for cultivation areas of more than 40 hectares. The paper lists the main brands of sprinkling installations - both imported and domestically produced. The authors have analyzed the domestic Russian market of agricultural field irrigation systems to show that there is a tendency of increasing the share of imported irrigation equipment over the past 5 years. They also have examined the problems of organizing deliveries and providing the maintenance of sprinkling installations through the dealer network in Russia. The paper reveals that one of main disadvantages of imported machinery maintenance is the machinery downtime due to long delivery terms of necessary spare parts. The paper proves the necessity of geographical optimizing the location of dealership centres. In this regard the authors suggest taking into account transport and stock logistics, the competitive environment level, the availability of spare parts in stock, a life cycle stage of a certain machinery make in the regional market, a possibility of the equipment setting and personnel training to ensure optimum regional location of dealership centres and annual amount of the required spare parts.

**Key words:** irrigation, irrigation systems, sprinkling irrigation, delivery, dealer, dealer network, manufacturers.

### References

1. Kara-Murza S.G. O situatsii v Rossii. Selskoe khozyaystvo Rossii: rezultaty reform] y [Situation in Russia. Agriculture of Russia: the reform results] // [Electronic resource], - <http://www.situation.ru/apps/books/articles/agro.htm> (Access date: February, 2013).
2. The Resolution of the Government of the Russian Federation of October 12, 2013 №922 "O federalnoy tselevoy programme "Razvitie melioratsii zemel selskokozyaystvennogo naznacheniya Rossii na 2014-2020 gody [On the Federal target program "On the development of farm land reclamation in Russia for the period 2014–2020"]" (with changes and additions) // [Electronic resource], <http://base.garant.ru/70478356/> (Access date: February, July 18, 2015).
3. Problemy degradatsii i vosstanovleniya produktivnosti zemel selskokozyaystvennogo naznacheniya v Rossii [Problems of degradation and efficiency restoration of farmlands in Russia] / Edited by A.V. Gordeyev, G.A. Romanenko, academicians of the Russian Academy of Agricultural Sciences. M.: Rosinformagroteh, 2008. 67 p.
4. Guseva M., Smirenskaya Yu. Polevaya dusheva-ya [Field shower-baths] // Agrotekhnika i tekhnologii [Farm Machinery and Technologies]. 2013. № 4. July-August. Pp. 26–34.
5. Dorokhov A.S. Kachestvo mashinostroitel'noy produktsii: real'nost' i perspektivy [Quality of engineering products: reality and prospects] / A.S. Dorokhov // Remont, vosstanovlenie, modernizatsiya [Repair, Restoration, Modernization]. 2005. № 8. Pp. 2–4.
6. Semeykin V.A. Ekonomicheskaya effektivnost' vkhodnogo kontrolya kachestva sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Economic efficiency of input quality control of agricultural machinery] / V.A. Semeykin, A.S. Dorokhov // Herald of Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education - Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin. 2009. № 7 (38). Pp. 15–18.
7. Effektivnyie sistemyi poliva (Effective systems of watering) // [Electronic resource], - <http://www.o2-e.ru/>
8. Vasiliev S.M. Tsiklichesкое oroshenie i tehnikheskie sredstva dlya ego osuschestvleniya [Cyclic irrigation and technical means for its implementation] / S.M. Vasiliev, T.P. Andreyeva, A.V. Akopyan // Melioratsiya i vodnoe hozyaystvo [Melioration and Water Use Management]. 2011. № 1. Pp. 34–36.
9. Strategiya razvitiya selskokozyaystvennogo mashinostroeniya Rossii do 2020 goda [Strategy of development of agricultural engineering in Russia till 2020] // [Electronic resource] - <http://www.rosagromash.ru/> (M., 2011). Pp. 18–22.

*Received on February 10, 2016*

УДК 631.316.

**ИСАЕВ АЙДЫН ЮНИС ОГЛЫ**, докт. философии по технике, доцент

E-mail: aydin.isayev.75@mail.ru

Азербайджанский государственный аграрный университет, проспект Ататюрка, 262, Гянджа, AZ2000, Азербайджан

## АНАЛИЗ РАБОТЫ РАБОЧЕГО ОРГАНА ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ МАШИНЫ

Рассмотрели процесс обработки эрозивноопасных почв зон интенсивного земледелия Азербайджана с применением зубчатых рабочих органов культиватора плоскореза. Получили закономерность распределения давления на поверхности рабочего органа различной формы. Для анализа взаимодействия зубчатых рабочих органов с почвой приняли теорию периодической контактной задачи для упругих тел, используя при этом принцип упругой аналогии. Установили, что процесс образования трещин в почве зависит от характера распределения давления на участке контакта. Первые трещины возникают в точках максимальных давлений. При этом определенное влияние оказывает форма выступа рабочего органа. Получили формулу, описывающую распределение давлений под выступом зубчатого рабочего органа, форма которого представляет собой параболу четных степеней при изменении от 1 до 5. Обосновали форму выступа рабочего органа, обеспечивающую более равномерное распределение контактных давлений, обуславливающую образование трещин по всей контактирующей поверхности. Предложили учесть данное положение при проектировании рабочего органа культиватора-плоскореза, обеспечивающего качество обработки с сравнительно меньшей энергоемкостью.

**Ключевые слова:** культиватор-плоскорез, рабочий орган, давление, качество обработки, почва, тяговое сопротивление, распределение давления.

Обработка почвы является одним из основных элементов системы земледелия. Наиболее важными ее задачами всегда были создание оптимального сложения почвы, благоприятного водного, воздушного и пищевого режима, борьба с засоренностью полей. Кроме того, технология почвообработки должна отвечать требованиям энергоресурса сбережения. В этом аспекте наиболее важным является правильный выбор параметров и режимов работы почвообрабатывающих машин. Это представляет особое значение для эрозивноопасных почв зон интенсивного земледелия Азербайджана.

Опыт применения культиваторов-плоскорезов с зубчатыми рабочими органами показал сравнительное снижение энергоемкости процесса, повышение качества безотвальной обработки вышеуказанных почв [1, 2]. Однако все еще остаются неисследованными эти рабочие органы в направлении изучения ресурсов их эффективного взаимодействия с почвой и разработки рекомендаций применения их для конкретных почвенных условий.

**Материалы и методы.** Принято, что при взаимодействии зубчатого рабочего органа с почвой в горизонтальной плоскости ее можно представить как линейнодеформирующую среду. Для анализа взаимодействия зубчатых рабочих органов с почвой приняли теорию периодической контактной задачи

для упругих тел, используя при этом принцип упругой аналогии [3, 4, 5].

**Результаты и обсуждение.** Рассматриваемые рабочие органы при этом с почвой взаимодействуют по аналогии двух тел по участкам контакта  $\alpha_1 \beta_1, \alpha_2 \beta_2 \dots \alpha_n \beta_n$ , (м), описываемое уравнением:

$$\sum_{k=1}^l \int_{a_k}^{\beta_k} N(x) \ln \frac{1}{|x-1|} dt = f(x), \quad (1)$$

где  $a_k < x \beta_k$  ( $k = 1, 2, 3, \dots, l$ );  $f(x)$  – функция, заданная внутри интервала  $a_k \beta_k$ , зависящая от формы рабочего органа и почвы в горизонтальной плоскости и деформативных постоянных;

$$f(x) = c - f_1(x) - \frac{f_2(x)}{\varphi_1 - \varphi_2}, \quad (2)$$

где  $f_1(x)$  и  $f_2(x)$  – функции, описывающие контур рабочего органа и почвы в горизонтальной плоскости;  $c$  – некоторая постоянная;  $\varphi_1, \varphi_2$  – постоянные почвы и рабочего органа, зависящие от модуля деформации и коэффициента Пуассона;  $N(x)$  – распределение давления (Па) участка контакта рабочего органа с почвой.

Закон распределения давления зависит от формы участка. При клиновидной форме выступа, кон-

**Выводы.** Анализируя приведенные расчетные формулы и зависимости, можно заключить, что для получения более равномерного распределения контактных давлений, при действии рабочего органа на почву, форма выступов должна представлять собой параболу четвертой степени с вершиной, направленной в сторону движения рабочего органа. В этом случае трещины будут образовываться по всей контактирующей поверхности выступов.

Спроектированный на этой основе рабочий орган будет обеспечивать высокое качество обработки почвы со сравнительно меньшими энергозатратами.

#### Библиографический список

1. Божко И.В., Пархоменко Г.Г. Особенности безотвальной послойной обработки почвы в засушливых условиях // Аготеchnика и энергообеспечения: Научно-практический журнал. Орел, 2014. № 1(1). С. 25–30.

2. Пикмуллин Г.В., Булгариев Г.Г. К обоснованию параметров и формы зубчатой режущей кром-

ки плоскорежущей лапы: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2008. С. 95–97.

3. Пархоменко Г.Г., Широ В.Н. Теория глубоких корыхлителя. Расчет взаимодействия рабочих органов с почвой в засушливых условиях. Saar-bracken. Dentschland laplambert Academic Publishing. 2013. 88 с.

4. Синеоков Г.Н. Деформации, возникающие в почве под воздействием клина / Труды ВПСКОМ: Вып. 33. М.: Машгиз, 1962. С. 3–27.

5. Александров В.М., Чебаков М.И. Аналитические методы в контактных задачах теории упругости. М.: Физматлит, 2004. 304 с.

6. Ерохин М.Н., Новиков В.С. О совершенствовании конструктивных параметров рабочих органов плуга // Вестник ФГБОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2005. № 1. С. 14.

7. Ерохин М.Н., Новиков В.С. Повышение прочности и износостойкости лемеха плуга // Вестник ФГБОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2008. № 3. С. 7.

Статья поступила 18.02.2016

## STUDYING PERFORMANCE OF TILLAGE MACHINE WORKING UNITS

*AIDYN YUNIS OGLU ISAYEV, Associate Professor, DSc (Eng)*

E-mail: aydin.isayev.75@mail.ru

Azerbaijan State Agrarian University, Ataturk Avenue, 262, Gandzha, AZ2000, Azerbaijan

The author has examined the treatment of erosion threatening farming areas of Azerbaijan with toothed working units of a subsurface cultivator and obtained a pressure distribution pattern on the surface of the working units of various shapes. To analyze the interaction of toothed working units with soil, use has been made of the theory of periodic contact problems for elastic bodies, using the principle of elastic analogy. The research has found that the formation of cracks in soil depends on the pattern of the pressure distribution in the contact area. The first cracks occur at the points of maximum pressure. At the same time a certain influence is made by the projection shape of a working unit. The author presents a formula describing the pressure distribution under the toothed working unit projection, the shape of which is a parabola of even powers at a change from 1 to 5. The author has determined the form of the working unit projection, providing a more even distribution of contact pressures that cause cracks across the whole contact surface. The author suggests considering this provision in the design of working units of the subsurface cultivator ensuring the quality of soil treatment with relatively lower power consumption.

**Key words:** subsurface cultivator, working unit, pressure, soil treatment quality, soil, pulling resistance, pressure distribution.

#### References

1. Bozhko I.V., Parkhomenko G.G. Osobennosti bezotval'noy posloynoy obrabotki pochvy v zasushlivykh usloviyakh [Features of layered subsurface

tillage in dry conditions] // Agotechnika i energoobespecheniye [Farm Machinery and Power Supply]: Scientific and practical journal. Orel, 2014. № 1 (1). Pp. 25–30.

2. Pikmullin G.V., Bulgariyev G.G. K obosnovaniyu

---

---

parametrov i formy zubchatoy rezhushchey kromki ploskorezhushchey lapy [On substantiation of the parameters and form a toothed cutting edge of a subsoil chisel]: Proceedings of All-Russian scientific-and-practical conference. Kazan: Publishing House of Kazan State Agrarian University, 2008, Pp. 95–97.

3. Parkhomenko G.G., Shirov V.N. Teoriya glubokorykhlytelya. Raschet vzaimodeystviya rabochikh organov s pochvoy v zasushlivykh usloviyakh. [Theory of a subsoil cultivator. The calculation of the interaction of working units with soil in dry conditions.] Saarbrücken. Deutschland laplambert Academic Publishing. 2013. 88 p.

4. Sineokov G.N. Deformatsii, vznikayushchie v pochve pod vozdeystviem klina [Deformations occurring in soil under the wedge influence / Proceedings of VPSKOM: Vol. 33. M.: Mashgiz, 1962. Pp. 3–27.

---

---

5. Aleksandrov V.M., Chebakov M.I. Analiticheskie metody v kontaktnykh zadachakh teorii uprugosti [Analytical methods in contact problems of the theory of elasticity]. M.: FIZMATLIT, 2004. 304 p.

6. Erokhin M.N., Novikov V.S. Osovershenstvovanii konstruktivnykh parametrov rabochikh organov pluga [On the improvement of the design parameters of plow working units] // Herald of Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education - Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin. 2005. № 1. P. 14.

7. Erokhin M.N., Novikov V.S. Povyshenie prochnosti i iznosostoykosti lemekha pluga [Increasing the plow coulter strength and durability] // Herald of Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education - Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin. 2008. № 3. P. 7.

*Received on February 18, 2016*

Научный журнал

## **ВЕСТНИК**

**ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«Московский государственный агроинженерный  
университет имени В.П. Горячкина»**

**№ 2 (72) /2016**

Редактор – *И.В. Мельникова*

Литературная обработка текста – *В.И. Марковская*

Компьютерный набор и верстка – *Т.К. Иванова*

Перевод на английский язык – *А.Ю. Алипичев*

Подписной индекс в объединенном каталоге «Пресса России» – **42252**.

Правила оформления научных статей для опубликования в журнале размещены в Интернете ([http://timacad.ru/deyatel/izdat/vestnik\\_MGAU/trebovaniya.php](http://timacad.ru/deyatel/izdat/vestnik_MGAU/trebovaniya.php)).

По вопросам публикаций статей обращаться по адресу:  
127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 58, корпус № 27, к. 321.  
E-mail: [vestnik@rgau-msha.ru](mailto:vestnik@rgau-msha.ru)  
Телефон: 8-499-976-07-27, 8-926-716-48-00

Подписано в печать 08.01.2016 г.

Формат 60 84/8

Усл. печ. л. 8,6

Тираж 500 экз.

Заказ №

Цена подписная

Издательство РГАУ-МСХА  
127550, Москва, Тимирязевская ул., 44  
Тел.: (499) 977-00-12; (499) 977-40-64