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

ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС МАШИН

Том 132

Москва
2018

Теоретический и научно-практический журнал «Технический сервис машин» является правопреемником издания «Труды ГОСНИТИ», основанного в 1963 году. Учредитель и издатель – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ). Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) св-во о рег. ПИ №ФС77-72932 от 25.05.2018 года.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Черноиванов В.И. – академик РАН, д.т.н., профессор – председатель редакционного совета (vichernoivanov@mail.ru).

Лялякин В.П. – д.т.н., профессор – заместитель председателя, главный научный сотрудник ФНАЦ ВИМ (valpal-1938@mail.ru, (495) 371-21-44).

Соловьев С.А. – д.т.н., профессор, чл.-корр. РАН – член совета (serg_solovev_56@mail.ru 8 (925) 324-18-44).

Дорохов А.С. – д.т.н., чл.-корр. РАН – зам. директора ФНАЦ ВИМ – член совета (dorokhov@rgau-msha.ru, +7 (499) 171-43-49; +7 (499) 171-19-33).

Денисов В.А. – д.т.н. – зав.отдела ФНАЦ ВИМ – член совета (va.denisov@mail.ru, phone 8 (499) 174-80-80).

Иванов В.П. – д.т.н., профессор Полоцкого государственного университета Республики Беларусь, член совета.

Юдин В.М. – д.т.н., профессор – зав.кафедрой «Надежность и ремонт машин им. И.С. Левицкого» Российского государственного аграрного заочного университета, г. Балашиха, член совета (vudin2006@mail.ru).

Шарифуллин С.Н. – д.т.н., профессор филиала Казанского федерального университета, член совета (saidchist@mail.ru, + 7-960-054-85-95).

Кешуов С.А. – д.т.н., профессор, Казахский НИИМЭСХ Республики Казахстан, член совета (kazniimesh@yandex.kz, +7 777 236 90 01).

Габитов И.И. – д.т.н., профессор, ректор Башкирского государственного аграрного университета (bgau@ufanet.ru).

Ценч Ю.С. – к.п.н., доцент, начальник отдела образования, научно-технической информации и редакционно-издательской деятельности ФНАЦ ВИМ (vimasp@ mail.ru).

Спицын И.А. – д.т.н., профессор, Пензенский государственный аграрный университет (penz_gau@mail.ru).

Сенин П.В. – д.т.н., профессор, проректор по научной работе Мордовского государственного университета имени Н.П. Огарева (vice-rector-innov@adm.mrsu.ru).

Адрес редакции: 109428, Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5.
Тел. (499) 174-88-11
e-mail: valpal-1938@mail.ru

Свидетельство о регистрации:

ПИ №ФС77-72932от 25.05.2018 года.

Выходит 4 раза в год.
Подписано в печать 20.09.2018 г., Формат 60 х 84/8. Объем 29,75 п.л., Тираж 100 экз., заказ 947.
Отпечатано в типографии ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

«Технический сервис машин» включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) и международную систему цитирования «AGRIS» для публикации результатов исследований по докторским и кандидатским диссертациям.

Полный перечень статей размещен на сайте научной библиотеки elibrary.ru

© ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, 2018

Theoretical and scientific-practical publication «Machinery technical service» was founded in 1963. The founder and publisher is the Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Agroengineering Center VIM» (FSBSI FSAC VIM). Proceedings are registered with the Federal Service for Supervision in the Area of Communications of Information Technologies and Mass Communications (Roskomnadzor) ПИ №ФС77-72932от 25.05.2018 .

EDITORIAL COUNCIL

Chernoyivanov V.I. – Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor – Chairman of the Editorial Board (vichernoivanov@mail.ru)

Lyalyakin V.P. – Doctor of Technical Sciences, Professor – Deputy Chairman, Ved. FIBNU FNAC VIM, chief researcher (valpal-1938@mail.ru, (495) 371-21-44)

Soloviev S.A. – Doctor of technical sciences, professor, member of corr. RAS - Ch. Research Fellow of the FBBUU FNAC VIM (serg_solovev_56@mail.ru 8 (925) 324-18-44)

Dorokhov A.S. – Doctor of technical sciences, member of the corr.RAN - deputy director of the FGBNU FNAC VIM (dorokhov@rgau-msha.ru, +7 (499) 171-43-49; +7 (499) 171-19-33)

Denisov V.A. – Doctor of Technical Sciences - Head of the Department of the Federal State Financial Supervision Service of the Federal Antimonopoly Service of Ukraine (va. denisov@mail.ru, phone 8 (499) 174-80-80)

Ivanov V.P. – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Polotsk State University of the Republic of Belarus, Council Member. (ivprem@tut.by, +375 29 646-29-10)

Yudin V.M. – Doctor of Technical Sciences, Professor - Head of the Department «Reliability and repair of machines im.I. Levitsky «of the Russian State Agrarian Correspondence University, Balashikha, councilor (vudin2006@mail.ru)

Sharifullin S.N. – Doctor of technical sciences, professor of the branch of Kazan federal university, member of the council (saidchist@mail.ru, + 7-960-054-85-95)

Keshuov S.A. – Doctor of Technical Sciences, Professor, gene. Director of the Association Kazakh Scientific Research Institute of Mineral Resources of the Republic of Kazakhstan, member of the Board, (kazniimesh@yandex.kz, +7 777 236 90 01)

Gabitov I.I. – Doctor of technical sciences, Professor, rector of Bashkir State Agrarian University (bgau@ufanet.ru)

Tsench Yu.S. – Candidate of pedagogical sciences, associate professor, head of the Department of education, scientific and technical information and editorial and publishing activities of the FSAC VIM (vimasp@mail.ru)

Spitsyn I.A. – Doctor of technical sciences, professor, Penza State Agrarian University (penz_gau@mail.ru)

Senin P.V. – Doctor of technical sciences, professor, Vice-rector for scientific work of the Mordovian State University Named After N.P. Ogareva. (vice-rector-innov@adm.mrsu.ru)

Actual address of the editorial office: 109428, Moscow, 1 st Institutsky pr., 5.
Phone: (499) 174-88-11; e-mail: valpal-1938@mail.ru
Certificate of registration (Roskomnadzor):
ПИ №ФС77-72932 from 25.05.2018.
It turns out 4 times a year.
The format is 60x84 / 8. Circulation 100 copies,
Printed in the printing house of the FSBSI FSAC VIM

Certificate of registration at the National Center

«Machinery technical service» is included in the Russian Scientific Citation Index (RINC) and the international citation system «AGRIS» for publication of research results on doctoral and candidate dissertations.

A full list of articles is available on the website of the scientific library: **elibrary.ru**

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ.
РЕМОНТ 11

Данилов И.К., Марусин А.В., Марусин А.В., Данилов С.И.
К вопросу диагностирования аккумуляторной топливной системы дизелей сельскохозяйственного назначения 12
Шило И.Н., Романюк Н.Н., Толочко Н.К.
Инновационные технологии технического сервиса в сельском хозяйстве 19
Мишина З.Н., Табаков П.А.
Создание инновационных центров для сельскохозяйственной техники в Чувашской Республике 26
Акулович Л.М., Миклуш В.П., Ермашкевич Д.Б.,
Концепция автоматизации сквозного проектирования технологических процессов изготовления деталей из металлопроката для сельскохозяйственной техники 36
Аксенов А.З., Фатькин В. А.
Построение системы технического обслуживания на основе методов ТРМ 48
Костомахин М.Н., Воронов А.Н., Курбанов Р.К.
Способ дистанционного мониторинга надежности сельскохозяйственной техники с использованием систем GPS/ГЛОНАСС 56
Мишина З.Н.
Перспективы совершенствования технического сопровождения сельскохозяйственной техники в течении жизненного цикла машин 64
Русаков А.Н., Тургенбаев М.С., Амшоков А.В.,
Обоснование параметров нажимного аппарата стригальной машинки 72
Аксенов А.З., Сергеев Н.Н.
Измерение крутящего момента двигателя внутреннего сгорания 79
Тимохин С.В., Спицын И.А., Богатырёв П.В.
Двухтопливная аккумуляторная система питания для автомобиля УАЗ Патриот . . . 87
Кильдеев Т.А., Соломашкин К.Г., Совин К.Г.
Анализ управляющих факторов, влияющих на основные показатели надежности деталей сельскохозяйственных машин 94
Пчелкин А.А.
Приемлемость статистических методов к измерительным процессам в целях обеспечения качества технического сервиса в АПК 101
Кудряшова Е.Ю., Горбунова С.В.
Соответствие очистки отработавших газов каталитическими нейтрализаторами установленным нормативам загрязнения воздуха 109
Хаббатуллин Р.Р., Соломашкин А.А., Совин К.Г.
Существующие и перспективные системы допусков. 114
Семенова Г.А.,Джабборов Н.И.
Обоснование конструктивных параметров динамичных почвообрабатывающих рабочих органов 122

ВОССТАНОВЛЕНИЕ И УПРОЧНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ 129

З*агиров И.И., Игнатьев А.Г. Павлов А.П.*
Сравнительные исследования остаточных напряжений в металлопокрытиях, сформированных контактной приваркой проволок 130
Дрижов В.С.
Особенности сертификации сварочно-наплавочных процессов в ремонтно-восстановительных производствах 137
Задорожний Р.Н., Четвертаков А.А., Тихонюк А.Р.
Модернизация установки для получения порошковых материалов, пригодных для аддитивных технологий. 144
Лискин И.В., Старовойтов С. И., Миронов Д.А., Сидоров С.А.
Определение оптимального соотношения между длиной лезвия накладного долота и лезвия остова лемеха 151
Толкачев А.А., Матюшкин Б.А., Денисов В.И.
Восстановление внутренней поверхности гильз цилиндров дизельных двигателей сельскохозяйственной техники электродуговой металлизацией 159
Денисов В.А., Кудряшова Е.Ю. Романов И.В.
Сравнительные испытания на износостойкость слоистых полимеров с добавлением армирующих волокон 164
Милованов Д.А., Анатолий В.Ч.
Исследование свойств МДО-покрытий для цилиндро-поршневой группы ДВС при нано легировании 176
Чавдаров А.В., Игнатьев В.В.
Повышение эффективности работы бортового генератора водорода на базе ячейки Мейера путем уточнения ее геометрических размеров 182
Почес Н.С., Малышев В.Н., Чавдаров А.В.
Триботехнические исследования износостойких МДО-покрытий в экологических смазочных материалах 189
Астанин В.К., Пухов Е.В., Стекольников Ю.А., Емцев В.В.
Применение электроосажденного Fe-Ni-P покрытия для восстановления деталей сельскохозяйственных машин 196
Матюшкин Б.А., Денисов В.И., Толкачев А.А.
Применение электродуговой металлизации для восстановления гильз цилиндров дизельных двигателей сельскохозяйственной техники 201
Крюковская Н.С.
Разработка программного модуля, генерирующего файл с g-кодом для наплавки упрочняющих валиков на стрельчатые лапы культиватора различных типоразмеров на установке типа 4D. 207
Коноводов В.В., Агафонова Е.В., Щелоков С.В., Аулов В.Ф.
Повышение эксплуатационной надежности молотков кормодробильных машин конструктивно-технологическими методами 216
Жачкин С.Ю., Трифонов Г.И., Слинко Д.Б.
Прогнозирование износостойкости плазменного покрытия при абразивном изнашивании 225
Ахалая Б.Х. Шогенов Ю.Х. , Ценч Ю.С., Квас С.А.
Усовершенствованная технология полосной энергоресурсосберегающей обработки почвы 232

CONTENTS

MAINTENANCE. REPAIR 11

Danilov I.K., Marusin A.V., Marusin A.V., Danilov S.I.
To the question of diagnosing the accumulated fuel system of agricultural diesel engineering systems 12
Shyla I.M., Ramaniuk M.M., Tolochko N.K.
Innovative tecnologies of technical service In agriculture 19
Mishina Z.N., Tabakov P.A.
Creation of innovation centers for agricultural machinery in Chuvash Republic 26
Akulovich L.M., Miklush V.P.
Concept through automation design of technological processes parts of metal for agricultural machinery 36
Aksenov A.Z., Fatkin V.A.
Construction of the maintenance system based on TPM methods 48
Kostomahin M.N., Voronov A.N., Kurbanov R.K.
Method of remote monitoring reliability of agricultural machinery using GPS / GLONASS systems 56
Mishina Z.N.
The prospects of improvement of technical escort of agricultural machinery during life cycle of cars. 64
Rusakov A.N., Turgenbaev M.S., Amshokov A.V.
Justification of parameters of the pressure apparatus of shearing machines 72
Aksenov A.Z., Sergeev N.N.
The torque measurement for the internal combustion engine. 79
Timokhin S.V., Spitsyn I.A., Bogatyrev P.V.
Two-fuel rechargeable power supply system for UAZ Patriot car 87
Kildeev T.A., Solomashkin A.A., Sovin K.G.
Analysis of governing factors that affect the main indicators of reliability of agricultural machine parts 94
Pchelkin A.A.
Acceptability of statistical methods to measuring processes in order to ensure the quality of technical services in the agro-industrial complex. 101
Kudryashova E.Y., Gorbunova S.V.
Compliance of exhaust gas purification with catalytic converters to established air pollution standards 109
Khabbatullin R.R., Solomashkin A.A., Sovin K.G.
Existing and perspective tolerances 114
Semenova G.A., Jabborov N.I.
Justification of design parameters of dynamic soil-cultivating working bodies. 122

RESTORATION AND HARDENING OF DETAILS 129

Zagirov I.I., Ignatiev A.G., Pavlov A.P.
Comparative study of residual stresses in the coatings formed by the contact
welding of wires 130
Drizhov V.C.
Features of certification of welding-surfacing processes in repair
and recovery industries 137
Zadorozhnii R.N., Chetvertakov A.A., Tikhonyuk A.R.
Modernization of the installation for powder materials perfect for
additive technologies 144
Liskin I.V., Lobachevskij Ya.P., Mironov. D.A., Sidorov. S.A.
Determination of the optimal ratio between the blade length of the
superimposed bit and the blade of the skeleton of the ploughshare 151
Tolkachev A.A., Matyushkin B.A., Denisov V.I.
Restoration of the inner surface of the cylinder liners of diesel engines
of agricultural machinery by electric arc metallization 159
Denisov V.A., Kudryashova E.Yu., Romanov I.V.
Comparative tests for wear-resistance of layer polymers with
adding of reinforcing fibers. 164
Milovanov D.A., Chavdarov A.V.
Investigation of properties of MDO coatings for cylinder-piston roup of internal
combustion engines with nano doping 176
Ignatev V.V., ChavdarovA.V.
Improving the efficiency of the onboard hydrogen generator on the
basis of the Meier's cell by refining its geometric dimensions 182
Poches N.S., Malyshev V.N., Chavdarov A.V.
Tribological studies of wear resistant MDO-coatings in ecological lubricants 189
Astanin V.K., Puhov E.V., Stekolnikov Yu.A. Emcev V.V.
The use of electrodeposited Fe-Ni-P coating for restoring
parts of agricultural machinery 196
Matyushkin B.A., Denisov V.I., Tolkachev A.A.
Application of electric arc metallization for restoration of cylinder liners
of diesel engines of agricultural machinery 201
Kryukovskaya N.C.
Development of a software that generates the file with g-code
for welding of the strengthening beads of the pointed cultivator's paws of
various sizes on the machine type 4D. 207
Konovodov V.V., Agafonova E.V., Schelokov S.V., Aulov V.F.
The upgrade of service reliability hammers of crashing machines by constructive and
technological methods 216
Zhachkin S.Yu., Trifonov G.I.
Estimation of plasma coating durability under abrasive deterioration 225
Akhalaya B.Kh., ShogenovYu.Kh., Tsench Yu.S., Kvas S.A.
Improved technology for stripe energy resource-saving soil processing 232

Требования к оформлению материалов для опубликования:

Материалы следует представлять в редакцию: в электронном варианте по электронной почте или непосредственно на электронном носителе; если материалы передаются лично, необходимо передать и распечатанные варианты всех документов: статьи, рецензии, и др.

Научная статья, должна иметь ограниченный объем **7-10 страниц** машинописного текста. Текст должен быть набран в текстовом редакторе **«Microsoft Word 2003» Шрифт – Times New Roman. Высота шрифта – 14.** Ориентация: книжная, без переносов, желательно без постраничных сносок. Чтобы проставить абзацы в тексте, нажмите на клавишу «таб» на клавиатуре

Межстрочный интервал – полуторный 1,5. Выравнивание по ширине.

Поля: слева 2-2.5, справа 1-1,5, сверху 2, снизу 1,5

Рисунки и таблицы, располагающиеся по тексту статьи, должны быть также выполнены отдельно в формате jpeg, иметь единую нумерацию и прилагаться к электронному варианту статьи. **Подписи к рисункам**: шрифт – 12, интервал- 1.0., не жирный, не курсив

Каждый **РИСУНОК, ГРАФИК, ТАБЛИЦА** представляются **ОТДЕЛЬНЫМ ФАЙЛОМ** в формате **JPEG**, (не надо помещать рисунки в таблицы Word)

НАЗВАНИЕ ФАЙЛА РИСУНКА ДОЛЖНО СОВПАДАТЬ С ФАМИЛИЕЙ АВТОРА.

Оформление статьи:

1. В левом верхнем углу печатается **УДК**.

Следующая строка пропускается.

2. **По центру строчными буквами** жирным шрифтом печатается название статьи (выравнивание по центру). (Интервал -1.0)

Следующая строка пропускается.

3. Далее – **фамилия и инициалы автора** строчными буквами, (не жирными, не курсивом)

Должность (подразделение организации), звание, ученая степень,

Под ними без пропуска строки – строчными буквами – ПОЛНОЕ название организации (место работы каждого автора) страна, город, (если все авторы статьи работают в одном учреждении, можно не указывать место работы каждого автора отдельно).

Адрес электронной почты **E-mail для каждого автора**.

Контактные телефоны, (выравнивание по правому краю). (Интервал -1.0)

Следующая строка пропускается.

4. Далее – **Аннотация**. (Интервал – 1.5, Жирным выделяется только слово АННОТАЦИЯ)

5. Далее – **Ключевые слова**. (Интервал – 1.5) Жирным выделяется только словосочетание ключевые слова.

6. Структура статьи:

- цель исследования;
- методика;
- результаты и обсуждения;
- выводы.

7. **Литература**. (оформление пристатейных библиографических списков в соответствии с ГОСТ 7.0.5.-2008.

На последней странице **на английском языке** печатается:

Наименование статьи; авторы (в полном объеме); аннотация; ключевые слова, ЛИТЕРАТУРА.

НАЗВАНИЯ ФАЙЛА СТАТЬИ должно содержать фамилию автора и первую фразу названия статьи

(ОБРАЗЕЦ: Иванов, Особенности восстановления деталей…)

Представляемые в редакцию материалы в обязательном порядке рецензируются специалистами по тематике статьи. Рецензии хранятся в издательстве в течение 5 (пяти) лет.

Поступившие материалы предварительно рассматривается на предмет соответствия научному направлению издания и общим требованиям Правил предоставления статьи авторами. При нарушении правил предоставления рукописей статья отправляется автору на доработку.

РЕДАКЦИЯ ОСТАВЛЯЕТ ЗА СОБОЙ ПРАВО НЕ ВКЛЮЧАТЬ В СБОРНИК ПРИСЫЛАЕМЫЕ АВТОРАМИ МАТЕРИАЛЫ, ОФОРМЛЕННЫЕ НЕ В СООТВЕТСТВИИ С УКАЗАННЫМИ ТРЕБОВАНИЯМИ

Редакция не несет ответственности за достоверность представленных материалов. Рукописи не возвращаются.

Правила выполнения рисунков:

Рисунок должен иметь формат **«Jpeg» (ни в коем случае не оставлять рисунки, сделанные непосредственно в Word или графики из Excel).**

Если рисунки сделаны в Word, а графики в Excel, то скопируйте рисунок, откройте редактор Paint; вставьте скопированный рисунок в Paint и сохраните его в **формате Jpeg**. Копируйте уже сохраненный рисунок и вставляйте в статью.

Адрес для отправления материалов:

E-mail: valpal-1938@mail.ru

109428, Москва, 1-й Институтский проезд, дом 1, с отметкой "Технический сервис машин", на имя ведущего сотрудника Лялякина Валентина Павловича.

Телефоны для справок: 8(495) 371-21-44;

Requirements for the design of materials for publication:

Materials should be submitted to the editors: in electronic form by e-mail or directly on electronic media; if the materials are transmitted in person, it is necessary to transfer and print out the versions of all documents: articles, reviews, etc.

A scientific article should have a limited volume of 7-10 pages of typewritten text. The text should be typed in the text editor **«Microsoft Word 2003» Font - Times New Roman. Font height - 14.** Orientation: book, without hyphenation, preferably without footnotes. To put paragraphs in the text, press the «tab» key on the keyboard

The line spacing is one and a half 1.5. Alignment to width.

Fields: left 2-2.5, right 1-1.5, top 2, bottom 1.5

Figures and tables, located under the text of the article, should also be executed separately in jpeg format, have a single numbering and be attached to the electronic version of the article. Signatures to the drawings: font - 12, interval - 1.0., Not fat, not italic

Each **FIGURE, SCHEDULE, TABLE** is represented as a SEPARATE FILE in JPEG format, and also should be placed directly in the text. (do not put pictures in Word tables)

THE FILE NAME OF THE PICTURE SHOULD COMBINE WITH THE SURNAME OF THE AUTHOR. (Ivanov Features of Figure 1 ...)

Article design:

1. UDC is printed in the upper left corner.

The next line is skipped.

2. The title of the article (center alignment) is printed in bold in the center in lower case letters. (Interval -1.0)

The next line is skipped.

3. Next - the name and initials of the author in lower case letters (not fat, not italic)

Position (division of the organization), title, academic degree,

Below them without a line break - in lower case letters - the COMPLETE name of the organization (the workplace of each author) country, city, (if all authors work in the same institution, you can not specify the work place of each author separately).

E-mail address for each author.

Contact telephones, (right alignment). (Interval -1.0)

The next line is skipped.

4. Next - Annotation. (Interval - 1.5), only the word Abstract is bold

5. Next - Keywords. (Interval - 1.5), Bold stands out only the phrase keyword.

6. Structure of the article:

- purpose of the study;
- methodology;
- results and discussions;
- conclusions.

7. Literature. (registration of bibliographic lists in accordance with GOST 7.0.5.-2008)

The last page in English is printed:

The title of the article; authors (in full); annotation; keywords, LITERATURE.

NAMES OF THE ARTICLE FILE should contain the name of the author and the first phrase of the title of the article

(SAMPLE: Ivanov, Features of restoring parts ...)

In addition to the article, a review of the published article is submitted to the editorial office.

Materials submitted to the editorial staff are necessarily reviewed by experts on the subject of peer-reviewed materials. Reviews are kept in the publishing house for 5 (Five) years.

The received materials are preliminary examined for compliance with the scientific direction of the publication and the general requirements of the Rules for the provision of the article by the authors. If the rules for granting manuscripts are violated, the article is sent to the author for revision.

THE ORGANIZING COMMITTEE RESERVES THE RIGHT TO NOT INCLUDE MATERIALS SUBMITTED BY THE AUTHORS INCLUDED IN THE COLLECTOR, NOT PURPOSED IN ACCORDANCE WITH THE SPECIFIED REQUIREMENTS

The editors are not responsible for the reliability of the submitted materials. Manuscripts do not return.

Drawing rules:

The drawing must have the format «Jpeg» (in no case should you leave pictures made directly in Word or graphics from Excel).

If the drawings are made in Word, and the graphics in Excel, then copy the picture, open the Paint editor; paste the copied drawing into Paint and save it in Jpeg format. Copy the already saved image and paste it into the article.

Address for sending materials:

E-mail: valpal1938@mail.ru

109428, Moscow, 1-st Institutsky Proezd, Building 1, FGBNU FNAC VIM

with the note "Machinery technical service", addressed to the leading employee

of Lyalyakin Valentin Pavlovich.

Telephones for information: 8 (495) 371-21-44;

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ. РЕМОНТ

УДК 629.113.004

К ВОПРОСУ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АККУМУЛЯТОРНОЙ ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ ДИЗЕЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Игорь Кеворкович Данилов[1], доктор технических наук, профессор, директор Департамента машиностроения и приборостроения Инженерной академии, danilov_ik@rudn.university
Александр Вячеславович Марусин[1], кандидат технических наук, доцент Департамента машиностроения и приборостроения Инженерной академии, 89271333424@mail.ru;
[1]Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов», Москва, Российская Федерация ;
Алексей Вячеславович Марусин[2], кандидат технических наук, ассистент кафедры «Технической эксплуатации транспортных средств», 89312555919@mail.ru;
[2]Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Российская Федерация;
Сергей Игоревич Данилов[3], студент 3 курса, Института энергетики и транспортных систем, dankostart@mail.ru
[3]Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов, Российская Федерация

Реферат. *В настоящее время существенная часть сельскохозяйственной техники оснащена дизельными двигателями внутреннего сгорания. Существенная часть дизелей оборудована аккумуляторной топливной аппаратурой типа Common Rail. Данная система характерна разделением функций создания высокого давления и обеспечения требуемой характеристики топливоподачи между элементами, что позволяет обеспечивать различные ее характеристики при высоком давлении впрыска топлива. Однако, система CR предъявляет повышенные требования к качеству топлива, обладает высокой стоимостью и низкой ремонтопригодностью. Наиболее нагруженным и дорогим узлом (до 37%) в аккумуляторных системах топливоподачи является ТНВД. В РФ методы диагностирования систем топливоподачи CR отработаны не в полной мере. Применение методик диагностирования топливной аппаратуры с многоплунжерными распределительными ТНВД невозможно, а встроенная система технической диагностики не позволяет детально оценивать техническое состояние её элементов. Наиболее эффективный способ контроля технического состояния системы CR предполагает стендовые испытания ТНВД и форсунок при их снятии с дизеля, но это увеличивает трудоемкость ТО, ТР и эксплуатационные затраты. Диагностирование ТНВД аккумуляторной топливной аппаратуры дизелей сельскохозяйственной техники непосредственно на дизеле по показаниям тензометрического датчика давления топлива позволит сократить затраты на облуживание и ремонт, а также сократит время простоя сельскохозяйственной техники. Метод диагностирования*

основан на принципе регистрации и оценки пульсации давления в гидроаккумуляторе топливной системы, при этом информативным показателем технического состояния ТНВД данной системы может являться амплитуда, период и форма колебаний давления топлива.

Ключевые слова: *датчик давления топлива, дизель, аккумуляторная топливная аппаратура, common rail, гидроаккумулятор.*

TO THE QUESTION OF DIAGNOSING THE ACCUMULATED FUEL SYSTEM OF AGRICULTURAL DIESEL ENGINEERING SYSTEMS

Igor K. Danilov[1], Department of Mechanical Engineering and Instrument Engineering of the Engineering Academy of the Peoples' Friendship University of Russia;
Aleksander V. Marusin[1], Department of Mechanical Engineering and Instrumentation Engineering Academy of the Peoples' Friendship University of Russia;
Aleksey V. Marusin[2], Department "Technical exploitation of vehicles", St. Petersburg University of Architecture and Civil Engineering, Russian Federation;
Sergey I. Danilov[3], Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russian Federation

Abstract. *At present, a significant part of agricultural machinery is equipped with diesel internal combustion engines. A significant part of the diesel engines is equipped with common rail fuel equipment. This system is characterized by the separation of the functions of creating high pressure and providing the required fuel supply characteristics between the elements, which allows to provide its various characteristics at high fuel injection pressure. However, the CR system presents increased requirements for fuel quality, has high cost and low maintainability. The most loaded and expensive node (up to 37%) in the fuel supply systems is fuel injection pump. In Russia, methods of diagnosing CR fuel delivery systems are not fully worked out. Application of methods for diagnosing fuel equipment with multiple plunger fuel injection pumps is not possible, and the built-in technical diagnosis system does not allow to assess in detail the technical state of its components. The most effective way to monitor the technical condition of the CR system is to test the injection pump and injectors when removing them from the diesel engine, but this increases the laboriousness of maintenance, technical maintenance and operating costs. Diagnosis of fuel pump fuel storage equipment of diesel engines of agricultural machinery directly on the diesel engine on the basis of the pressure gauge of the fuel pressure sensor will reduce the costs for maintenance and repair, as well as reduce downtime of agricultural machinery. The diagnostic method is based on the principle of recording and evaluating the pressure pulsations in the hydraulic accumulator of the fuel system, while the amplitude, period and shape of the fuel pressure fluctuations can be an informative indicator of the technical state of the fuel pump of this system.*

Keywords: *fuel pressure sensor, diesel, battery fuel equipment, common rail, accumulator.*

Введение. Анализ парка дизелей сельскохозяйственного назначения РФ показал, что в настоящее время основная доля сельскохозяйственной техники оснащается дизельными двигателями с аккумуляторной топливной аппаратурой. Несмотря на это, исследования российских учёных достаточно подробно описывают традиционные системы топливоподачи (ТП) авто-

тракторных дизелей и направления их совершенствования [1-11].

Цель исследования –ужесточение экологических норм вынуждает производителей автотракторной техники переходить на новую, более современную аккумуляторную топливную систему дизелей. В последние годы она получила широкое распространение и известна как аккумуляторная система впрыска топлива Common Rail (CR). С 2004 по 2014 год увеличение составило 21%, то есть половину от всего выпуска дизелей применяемых в сельскохозяйственной технике (рис.1). Эта система характерна распределением функций создания высокого давления и обеспечения требуемой характеристики ТП между элементами, что позволяет обеспечивать различные ее характеристики при высоком давлении впрыска топлива (до 250 МПа) [12-14].

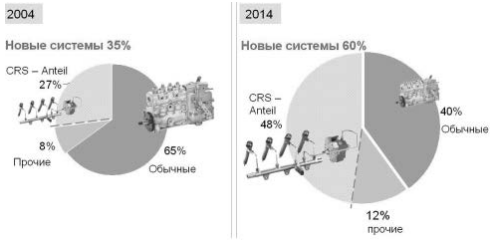


Рис. 1. Динамика применения различных систем топливоподачи автомобильных дизелей 2004-2014 гг

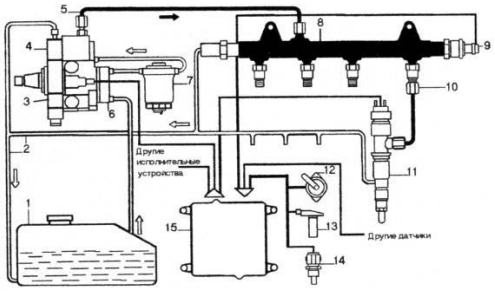


Рис. 2. Схема системы топливоподачи «Common Rail»:
1 – топливный бак; 2 – сливные топливопроводы; 3 – ТНВД; 4 – регулятор давления; 5 – топливопровод высокого давления; 6 – топливоподкачивающий насос; 7 – фильтрующий элемент; 8 – гидроаккумулятор (топливная рампа); 9 – датчик давления топлива; 10 – предохранительный клапан; 11 – электрогидравлическая форсунка; 12 – датчик педали акселератора; 13 – датчик частоты вращения и положения коленчатого вала; 14 – температурный датчик; 15 – ЭБУ (блок управления)

Материалы и методы. Система впрыска топлива CR (рис. 2) обладает такими преимуществами, как вариативный программируемый впрыск (в настоящий момент система обеспечивает до 9 впрысков топлива за цикл в зависимости от типа применяемых форсунок), номинально высокое давление подачи топлива в камеру сгорания на всех режимах работы дизеля, низкий расход топлива (снижение до 40%) и шумность работы (снижение до 10%) при высокой экологичности.

Одновременно система CR имеет ряд недостатков, к которым относятся: быстрое выгорание моторного масла, высокие требования к материалам из-

за нагрева деталей двигателя при работе (верхняя часть поршня нагревается выше 400 0С), малая ремонтопригодность, чувствительность к качеству топлива. Результатом работы системы на некачественном топливе становится замена узла целиком, так как ремонт даже на специализированном оборудовании и оригинальными комплектующими не может обеспечить надежность. Надежность таких топливных систем и эффективность функционирования дизелей сельскохозяйственной техники определяется качеством и своевременностью проведения технического обслуживания (ТО) и текущего ремонта (ТР), неотъемлемой частью которых является диагностирование. Необходимо отметить, что методы исследования в нашей стране для систем топливоподачи CR, технологии диагностирования отработаны не в полной мере. Так как современные системы ТП значительно отличаются от традиционных по характеру протекания процессов и устройству, использование технологий диагностирования ТА с многоплунжерными распределительными топливными насосами высокого давления (ТНВД) невозможно, а встроенная система технической диагностики (СТД) современных автотракторных дизелей не позволяет детально оценивать техническое состояние элементов топливоподающей аппаратуры. Например, разработанный нами способ диагностирования ТА автотракторного дизеля с традиционной системой ТП по перемещению иглы диагностической форсунки невозможно применить к системе CR по причине разделения в управлении нагнетающего и впрыскивающего узлов, а применение газоаналитического метода будет менее информативным, чем показания диагностического сканера. Диагностирование систем CR также предполагает стендовые испытания форсунок и ТНВД, но это увеличивает трудоемкость ТО, ТР и эксплуатационные затраты. Таким образом, разработка новых методов исследования и мобильных средств диагностирования систем CR является важной научно-практической задачей [7,10,12, 15, 16].

Для выбора метода исследования учитывался тот факт, что при анализе эксплуатационных характеристик элементов систем CR наиболее нагруженным и дорогим является ТНВД. К примеру, стоимость компонентов данной системы ТП для среднегабаритного дизеля составляет 21% на блок управления, 30% – на форсунки, 37% – на ТНВД, остальное – на датчики, аккумулятор и арматуру.

В этой связи актуальной нам представляется методика исследования с диагностированием ТНВД непосредственно на двигателе, основанная на принципе регистрации и оценки пульсации давления в гидроаккумуляторе тензометрическим датчиком высокого давления, устанавливаемого на место штатного датчика. Его задачей является регистрация абсолютных значений давления топлива и колебания в гидроаккумуляторе по времени на установившихся режимах работы дизеля.

Экспериментальная часть. В рамках проведения исследований создана база данных эталонных абсолютных значений давления топлива, а также осциллограммы его колебаний в гидроаккумуляторе систем CR на установившихся режимах работы дизелей сельскохозяйственной техники, которые могут быть использованы для создания технической документации и размещения в ремонтных предприятиях аграрно-промышленного комплекса РФ, что позволит снизить трудоемкость и себестоимость проведения ТО и ТР сельскохозяйственной техники. Также информативным показателем технического состояния ТНВД данной системы может являться амплитуда,

период и форма колебаний давления топлива в гидроаккумуляторе, которые в зависимости от режима работы дизеля, поддерживаются при помощи регулятора давления топлива.

Выводы. Колебания давления топлива в гидроаккумуляторе системы CR возникают ввиду динамических процессов, обусловленных работой элементов (электрогидравлическая форсунка, ТНВД, регулятор давления топлива), неисправностей и износа (при их наличии) элементов [7, 8, 11, 12, 14]. Поэтому, углубленная разработка метода диагностирования ТП систем типа CR, основанная на принципе регистрации и оценки пульсации давления в гидроаккумуляторе позволит сократить эксплуатационные затраты сельскохозяйственных предприятий.

Библиографический список

1. Бышов Н.В. Анализ методов диагностирования топливной аппаратуры автотракторных дизелей и разработка математической модели топливного насоса высокого давления/ Н.В. Бышов и др./ Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. №123. С. 169-192.

2. Бышов Н.В. Пути совершенствования технического диагностирования автотранспортных средств при их эксплуатации / Н.В. Бышов, Г.Д. Кокорев, Г.Д. Рембалович, И.А. Успенский / В сборнике: Фундаментальные и прикладные проблемы совершенствования поршневых двигателей материалы XII Международной научно-практической конференции. 2010. С. 332-334

3. Бышов Н.В. Основы проектирования вспомогательных технологических процессов технического обслуживания и ремонта автотранспорта, сельскохозяйственных, дорожных и специальных машин: Учебное пособие / Н.В. Бышов и др/ ФГБОУ ВПО РГАТУ, Рязань, 2014, 207 с.

4. Голубев, И.Г. Инновационные направления развития ремонтно-эксплуатационной базы для сельскохозяйственной техники. / С.А. Соловьев, В.П. Лялякин, С.А. Горячев, З.Н. Мишина, В.С. Герасимов, Р.Ю. Соловьев, В.И. Черноиванов, И.Г. Голубев / Москва, 2014.

5. Голубев, И.Г. Испытание форсунок топливной аппаратуры дизелей на смесевом топливе. / И.Г. Голубев, Н.И. Руденко/ В сборнике: Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве 2010. С. 221-224

6. Голубев, И.Г. Технический сервис - опыт и перспективы развития. / И.Г. Голубев, М.Ю. Конкин, В.Н. Кузьмин/ Научное издание /Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса". М.:, 2011.

7. Грехов Л.В., Иващенко Н.А., Марков В.А. Топливная аппаратура и системы управления дизелей: Учебник для вузов. М.: Легион-Автодата. 2004. 344с.

8. Марусин А.В. Сычёв А.М., Данилов И.К. Моделирование процессов встроенной системы технической диагностики транспортного средства // Вестник СГТУ, Выпуск 2, №2 (71). Саратов.: СГТУ, 2013. 57-60 С.

9. Повышение готовности к использованию по назначению мобильной сельскохозяйственной техники совершенствованием системы диагностирования: монография. Бышов Н.В., Борычев С.Н., Успенский И.А., Кокорев Г.Д., Юхин И.А., Жуков К.А., Гусаров С.Н.-Рязань: ВПО РГАТУ, 2013. 187 с.: ил., табл.-Библиогр: С. 174-187 (161 назв.).

10. Успенский, И.А. Способы прогнозирования технического состояния мобильной сельскохозяйственной техники / Г.Д. Кокорев, И.А. Успенский / в сборнике: сборник научных работ студентов Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева По материалам научно-практической конференции "Инновационные направления и методы реализации научных исследований в АПК". 2012. С. 64-67.

11. AVL: control moteur Diesel // L Argus de J Futomobile et des Locomotion. – 1989. – № 3128. – P. 21-23.

12. Габитов И.И., Грехов Л.В., Неговора А.В. Техническое обслуживание и диагностика топливной аппаратуры автотракторных дизелей: М.: Легион-Автодата, 2008. 248 с.

13. Дизель в 2015 г. Требования и направления развития технологий дизелей для легковых и грузовых автомобилей Prof. Dr. Franz X. Moser; AVL List GmbH. www.avl.com

14. Рокош Уве. Бортовая диагностика М.: За рулем, 2013. 224 с.

15. Марусин А.В. Анализ и обоснование разработки диагностического устройства топливной аппаратуры автотракторных дизелей / А.В. Марусин, И.К. Данилов, И.А. Успенский, Г.Д. Кокорев, А.В. Шемякин, В.В. Терентьев / Вестник РГАТУ имени П. А. Костычева. №3 (35), 2017 г. стр. 102-106

16. Окинь, Г.Д. Исследования комплексной диагностики двигателей тракторов «Кировец»: дис. … канд. техн. наук [Текст]: защищена 14.02.1997: утв. 25.09.1997 / Г.Д. Окинь. Л.: Пушкин, 1997. 183 с.

References

1. N.V. Analysis of methods for diagnosing fuel equipment of automotive tractor diesel engines and development of a mathematical model for a high-pressure fuel pump / N.V. Byshov et al. / Polytechnical network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2016. №123. Pp. 169-192.

2. Byshov N.V. Ways to improve the technical diagnosis of vehicles during their operation / N.V. Byshov, G.D. Kokorev, G.D. Rembalovich, I.A. Uspensky / In the collection: Fundamental and Applied Problems of Improving Piston Engines Materials of the XII International Scientific and Practical Conference. 2010. P. 332-334

3. Fundamentals of the design of auxiliary technological processes for maintenance and repair of vehicles, agricultural, road and special machines: Textbook / N.V. Byshov et al / FGBOU HPE RGATU, Ryazan, 2014, 207 p.

4. Golubev, I.G. Innovative directions of development of repair and maintenance base for agricultural machinery. / S.A. Soloviev, V.P. Lyalakin, S.A. Goryachev, Z.N. Mishina, V.S. Gerasimov, R.Yu. Soloviev, V.I. Chernoyivanov, I.G. Golubev / Moscow, 2014.

5. Golubev, I.G. Test injectors fuel equipment diesels on mixed fuel. / I.G. Golubev, N.I. Rudenko / In the collection: Scientific and technological progress in agricultural production 2010. P. 221-224

6. Golubev, I.G. Technical service - experience and development prospects. / I.G. Golubev, M.Yu. Konkin, V.N. Kuzmin / Scientific publication / Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Federal State Budget Scientific Institution "Russian Research Institute of Information and Technical and Economic Research on Engineering and Technical Support for the Agro-Industrial Complex". Moscow, 2011.

7. Grekhov LV, Ivashchenko NA, Markov VA Fuel equipment and control systems of diesel engines: Textbook for high schools. M .: Legion-Autodata. 2004. 344 s.

8. Marusin A.V. Modeling of processes of the built-in system of technical diagnostics of a vehicle / A.B. Marusin, A.M. Sychev, I.K. Danilov // Bulletin of the SSTU, Issue 2, No. 2

(71). Saratov: CSTU, 2013. 57-60 s.

9. Increased readiness to use the intended use of mobile agricultural machinery by improving the diagnosis system: monograph. Byshov NV, Borychev SN, Uspensky IA, Kokorev GD, Yukhin IA, Zhukov KA, Gusarov SN-Ryazan: Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education of the Russian Federation, 2013. 187 p.: ill., Table.-Bibliography: p. 174-187 (161 names).

10. Uspensky, I.A. Methods for predicting the technical condition of mobile agricultural machinery / G.D. Kokorev, I.A. Uspensky / in the collection: a collection of scientific works of students of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva Based on the materials of the scientific-practical conference "Innovative directions and methods of implementing scientific research in the agro-industrial complex". 2012. P. 64-67.

11. AVL: control moteur Diesel // L Argus de J Futomobile et des Locomotion. 1989. No. 3128. P. 21-23.

12. Gabitov II, Grekhov LV, Nevozhov A.V. Maintenance and diagnostics of fuel equipment of automotive diesel engines: M .: Legion-Avtodata, 2008. 248 p.

13. Diesel in 2015. Requirements and directions for the development of diesel engine technologies for cars and trucks. Prof. Dr. Franz X. Moser; AVL List GmbH. www.avl.com

14. Rokos Uwe. On-board diagnostics / Rokosh Uwe. M.: Behind the wheel, 2013. 224 p.

15. Marusin A.V. Analysis and justification of the development of a diagnostic device for fuel equipment of automotive diesel engines /A.V. Marusin, I.K. Danilov, I.A. Uspensky, G.D. Kokorev, A.V. Shemyakin, V.V. Terentiev / Bulletin of the RASU named after PA Kostychev. No. 3 (35), 2017 pp. 102-106.

16. Okin, G.D. Investigations of the complex diagnostics of the engines of tractors "Kirovets": dis. ... cand. tech. Sciences [Text]: is protected 14.02.1997: approved. 09/25/1997 / G.D. Okinh. L .: Pushkin, 1997.183 p

УДК 65.01.007

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Иван Николаевич Шило, доктор технических наук, профессор, ректор;
Николай Николаевич Романюк, кандидат технических наук, доцент, первый проректор, e-mail: romanyuk-nik@tut.by,
Николай Константинович Толочко, доктор физико-математических наук, профессор;
Белорусский государственный аграрный технический университет, e-mail: n.tolochko@hotmail.com, г. Минск, Республика Беларусь

Реферат. *Рассмотрены основные направления современного развития технического сервиса в сельском хозяйстве на основе применения инновационных технологий. Наиболее сильные изменения связаны с развитием информационных и интеллектуальных технологий, применение которых привело к кардинальной реорганизации всей системы технического сервиса, включая такие ее составляющие, как техническое обслуживание, техническая диагностика, ремонт, материально-техническое обеспечение. С применением аддитивных технологий связаны существенные преобразования ремонтного производства. Внедрение нанотехнологий в технический сервис привело к созданию высокоэффективных наноматериалов, обеспечивающих повышение надежности сельскохозяйственной техники. Комплексное применение инновационных технологий в техническом сервисе, включая информационные, интеллектуальные, аддитивные и нанотехнологии, приводит к радикальному преобразованию всей системы технического сервиса, поскольку вызывает существенное изменение не только его технологических, но и организационных основ. Для успешного освоения этих технологий на предприятиях технического сервиса необходимо, наряду с технологическим перевооружением, осуществлять подготовку соответствующих специалистов.*

Ключевые слова: *инновационные технологии, технический сервис, сельское хозяйство.*

INNOVATIVE TECNOLOGIES OF TECHNICAL SERVICE IN AGRICULTURE

I.M. Shyla, M.M. Ramaniuk, N.K. Tolochko
Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Republic of Belarus

Abstract. *The main ways of the modern development of technical service in agriculture based on the innovative technologies are considered. The most important changes are connected with the development of the information and intelligent technologies resulting in fundamental reorganization of the all system of technical service including such components as maintenance, technical diagnostics, repairing, logistical support. The considerable transformations of the repairing production come from the use of the additive technologies. The*

introduction of the nanotechnologies in technical service led to the development of the high-efficient nanomaterials improving the reliability of the agricultural machinery. The complex use of the innovative technologies in technical service including the information, intelligent, additive and nanotechnologies provides the revolutionary changes of the all system of technical service not only because of its technological but its organization basis changes. To provide the successful development of these technologies at the technical service enterprises it is necessary to supply the technology modifications as well as the relevant specialist training.

Keywords: *innovative technologies, technical service, agriculture.*

Введение. В последние годы наметился ряд значительных изменений в технологических подходах к осуществлению технического сервиса в сельском хозяйстве, отражающих современные достижения научно-технического прогресса. Наиболее сильные изменения связаны с развитием информационных и интеллектуальных технологий, применение которых привело к кардинальной реорганизации всей системы технического сервиса, включая такие ее составляющие, как техническое обслуживание, техническая диагностика, ремонт, материально-техническое обеспечение. С применением аддитивных технологий связаны существенные преобразования ремонтного производства. Внедрение нанотехнологий в технический сервис привело к созданию высокоэффективных наноматериалов, обеспечивающих повышение надежности сельскохозяйственной техники. В статье рассмотрены особенности применения этих технологий в техническом сервисе.

Цель исследования – содействие активизации деятельности специалистов агропромышленного комплекса по эффективному применению инновационных технологий в техническом сервисе сельскохозяйственной техники.

Материалы и методы. Аналитический обзор современного состояния вопросов развития инновационных технологий в техническом сервисе.

Результаты и обсуждение. Информационные технологии. Применение информационных технологий в техническом сервисе позволяет: обеспечить планирование работ по техническому обслуживанию и ремонту с учетом большого числа факторов, влияющих на плановые показатели; наладить статистический учет выполняемой работы, расходуемых запчастей, ремонтных материалов и ресурсов; организовать и эффективно использовать справочную систему по широкому кругу вопросов, касающихся технического обслуживания и ремонта; точно определять состояние технических средств и прогнозировать их остаточный ресурс; минимизировать потребление материальных и трудовых ресурсов; оптимизировать режимы эксплуатации технических средств в меняющихся условиях; повысить уровень организации складских операций за счет внедрения современных логистических принципов [1].

Развитие технического сервиса на основе информационных технологий предполагает совершенствование организационной структуры предприятий технического сервиса, в том числе, создание информационно-аналитических служб, автоматизированных рабочих мест, а также разработку методик работы с информационными потоками [2]. Кроме того, целесообразно создание специализированных информационных служб технического сервиса: информационно-консультационных и информационно-маркетинговых, пре-

доставляющих информацию о новой технике, передовом производственном опыте и т.п. [3].

Большое значение имеет информационная поддержка принятия решений при планировании технического сервиса, в частности, разработка автоматизированных систем, позволяющих устанавливать очередность вывода машин на техническое обслуживание и ремонт с учетом их технического состояния и ремонтопригодности, составлять перспективные и текущие графики ремонтных работ, определять количество и виды технических обслуживаний и ремонтов, численность ремонтного персонала и необходимую ремонтную базу [4, 5].

Примером успешного решения задач информатизации технического сервиса является система информационного обеспечения технического обслуживания тракторов, представляющая собой формализованное описание объектов и процессов технического обслуживания и состоящая из ряда функциональных блоков: «Пункты технического обслуживания», «Операции технического диагностирования и технического обслуживания», «Прогнозирование остаточного ресурса», «Оборудование и оснастка», «Инструменты и приборы», «Топливно-смазочные и расходные материалы», «Нормы расхода и затрат ресурсов», «Обслуживаемые тракторы», «Хронология состояний тракторов», «Предприятия ресурсного обеспечения» [6]. Другой подобный пример – система информационного обеспечения технического обслуживания грузовых автомобилей, позволяющая сократить затраты рабочего времени на операции обслуживания с одновременным повышением качества их выполнения [7].

Важная роль отводится информационному обеспечению технической диагностики. Так, благодаря информационным технологиям получили развитие компьютерная диагностика, вибродиагностика, а также диагностика по параметрам рабочих режимов [8, 9].

Интеллектуальные технологии. Интеллектуализация технического сервиса в первую очередь связана с развитием интеллектуальных систем дистанционной диагностики, которая осуществляется с помощью сенсоров, устанавливаемых на удаленных машинах (мобильных или стационарных) [8]. Они передают потоки данных об условиях функционирования машин на станцию контроля, которая затем анализирует их в реальном времени, используя методы упреждающего анализа, и выявляет проблемы в поведении машин. При обнаружении таких проблем выполняются соответствующие действия, направленные на то, чтобы уведомить оператора о необходимости принятия корректирующих мер. Сенсоры выполняют следующие основные измерительные процедуры: контроль температуры (выявление чрезмерного трения, ухудшения теплообмена и электрических соединений); контроль движения (выявление износа и разрывов, разбалансировки, несоосности, смещений, внутренних повреждений поверхности); анализ жидкостей (определение качества масел); контроль коррозии (выявление масштаба и скорости распространения коррозионных зон); неразрушающий контроль (определение роста потенциальных аномалий в машинах); электрические испытания (выявление ухудшения электрической изоляции, повреждения электрических проводников двигателя).

Для материально-технического обеспечения предприятий технического сервиса применяются интеллектуальные логистические системы. Существует два вида таких систем: транспортные и складские. Транспортные

логистические системы работают с пространственно-распределенной информацией (геоинформацией), они осуществляют управление подвижными объектами, функционируют в режиме реального времени с применением систем единства координат и времени в пространственной области управления объектами. В свою очередь, интеллектуальные складские логистические системы обеспечивают поддержание стабильного движения материальных потоков и соответствующей информации, оптимизацию всех процессов складского производства.

Особым направлением интеллектуализация технического сервиса является применение интеллектуальных материалов [11]. К ним относятся материалы с эффектами изменения размеров и формы, с особыми структурными, физическими и физико-химическими свойствами, а также некоторые виды жидкостей. Такие материалы можно использовать для создания средств технической диагностики: с их помощью можно осуществлять контроль механических, тепловых, оптических, электрических и магнитных параметров, состава и структуры материалов, расхода газовых и жидких сред. Также с использованием таких материалов можно создавать разнообразные детали и узлы машин.

Аддитивные технологии. Благодаря применению аддитивных технологий можно существенно повысить эффективность ремонтного производства. Они позволяют восстанавливать вышедшие из строя детали, а также изготавливать взамен им новые детали. При этом используется их уникальные возможности быстро создавать детали сложной формы непосредственно по их компьютерным 3D-моделям. Аддитивные технологии по ряду показателей превосходят технологии наплавки или газотермического напыления, с помощью которых обычно восстанавливают изношенные металлические поверхности [12]. С их помощью можно успешно решать задачи обеспечения требуемых запасов деталей, идущих на ремонтные нужды [13]. Недостаток запасных деталей приводит к длительным сверхплановым простоям машин в ремонте. На ремонтных предприятиях требуемые запасы деталей обеспечиваются за счет ремонта дефектных деталей, либо за счет приобретения новых, которыми заменяют дефектные, если их ремонт невозможен или экономически нецелесообразен, а также детали, выработавшие свой ресурс. Однако приобретение новых деталей нередко оказывается весьма затруднительным. В частности, стоимость приобретаемых запчастей может быть чрезмерно высокой, а сроки их поставки – чрезмерно длительными (такие ситуации являются типичными в случаях приобретения импортных запчастей). Приобретение новых деталей становится особенно трудным, а порой невозможным, если приходится ремонтировать устаревшие образцы техники, которые уже сняты с производства. Используя аддитивные технологии, ремонтные предприятия могут создавать собственные склады запасных деталей. Изготовление запасных деталей может быть организовано на базе механических цехов ремонтных предприятий, оснащенных необходимым оборудованием и материалами для 3D-печати. Применение аддитивных технологий на ремонтных предприятиях позволяет существенно сократить расходы на покупку запасных деталей, исключить вероятность сверхнормативного простоя машин в ремонте по причине нехватки запасных частей и ускорить выпуск машин с неплановых ремонтов, упростить инфраструктуру материально-технического обеспечения [14].

Кроме того, ремонтные предприятия могут пользоваться услугами специ-

ализированных фирм, изготавливающих детали на основе АМ-технологий. Для получения требуемой детали ремонтному предприятию достаточно переслать ее 3D-модель в одну из таких фирм. При этом существенно упрощается логистика и сокращается время поставки деталей, что в итоге приводит к ускорению ремонта и уменьшению объемов складских запасов [15].

Нанотехнологии. Применение нанотехнологий в техническом сервисе связано, прежде всего, с решением задач повышения прочности восстанавливаемых или вновь создаваемых деталей [16]. Существуют следующие виды упрочняющих нанотехнологий:

- упрочняющее наномодифицирование поверхности (термическая обработка металлов с оплавлением поверхности, электровзрывное и электронно-лучевое поверхностное легирование металлов, обработка поверхностей трения металлов алмазными наночастицами, лазерная обработка сплавов с селективной сублимацией компонентов, ионная имплантация);
- нанесение упрочняющих нанопокрытий (высокоскоростное газопламенное напыление, микроплазменное напыление, газодинамическое напыление, электрохимическое осаждение; комбинированное нанесение: газопламенный распылительный пиролиз и газопламенное напыление; лазерный пиролиз и химическое парофазное осаждение; микроплазменная эрозия и микроплазменное напыление);
- применение конструкционных наноматериалов (металлические, полимерные и керамические нанокомпозиты; нанокристаллические металлы и керамика; нанорезины, наностекло, наногерметики).

Для снижения износа деталей узлов трения используются смазочные наноматериалы, для повышения эффективности работы двигателей внутреннего сгорания – топливные наноматериалы для двигателей.

Выводы

Комплексное применение инновационных технологий в техническом сервисе, включая информационные, интеллектуальные, аддитивные и нанотехнологии, приводит к радикальному преобразованию всей системы технического сервиса, поскольку вызывает существенное изменение не только его технологических, но и организационных основ. Для успешного освоения этих технологий на предприятиях технического сервиса необходимо, наряду с технологическим перевооружением, осуществлять подготовку соответствующих специалистов.

Библиографический список

1. Кабикенов, С.Ж. Основы технической эксплуатации транспортной техники / Кабикенов С.Ж., Интыков Т.С., Кириевский М.М., Шалаев В.В. // Караганд. гос. тех. ун-т. – Караганда: КарГТУ/ 2015. 261 с.

2. Извозчикова, В.В. Совершенствование технического сервиса сельскохозяйственных машин на основе информационного обеспечения. Автореф. дис. …канд. тех. наук: 05.20.03: 05.13.06. – Оренбург, 2004. –20 с.

3. Воронов, Е.В. Информационно-консультационные службы для АПК / Е.В. Воронов, А.Ю. Гладцын // Рос. предпринимательство. 2009. № 4 (2). С. 129-134.

4. Мельник В.Ю. Система информационной поддержки принятия решений для технического обслуживания и ремонта оборудования. Автореф. дис. …канд. тех. наук: 05.13.01. Волгоград, 2011. 23 с.

5. Горелов, Е.Ю. Информационная система планирования технического обслуживания и ремонта горных машин и оборудования / Е.Ю. Горелов /VIII Всерос.

конф. «Молодёжь и наука», 2012 // [Электронный ресурс]. 2012. Режим доступа: http://elib.sfu-kras.ru/handle/2311/8121.

6. Бердникова, Р.Г. Техническое обслуживание тракторов с использованием системы информационного обеспечения. Автореф. дис. …канд. тех. наук: 05.20.03. – Новосибирск, 2005. 20 с.

7. Криков, А.М. Разработка системы информационного обеспечения технического обслуживания грузовых автомобилей АПК / А.М. Криков, А.Г. Федоров // Труды ГОСНИТИ. М.: ГОСНИТИ, 2012. Т. 112, ч. 2: Техническое обслуживание. Ремонт. С. 48-50.

8. Шило И.Н. Интеллектуальные технологии в агропромышленном комплексе / И.Н. Шило, Н.К. Толочко, Н.Н. Романюк, С.О. Нукешев. Минск: БГАТУ, 2016. 336 с.

9. Ольшевский, С.Н. Комплексный контроль состояния ДВС по параметрам переходных режимов. Автореф. дис. …канд. тех. наук: 05.20.03. Новосибирск, 2005. 19 с.

10. Шульга, Е.Ф. Мониторинг качества движения и технического состояния транспортных средств / Е.Ф. Шульга, В.Н. Щукина // Вестник ФГОУ ВО МГАУ. 2017. № 4. С. 43-47.

11. Анищик, В.М. Интеллектуальные материалы: пособие / В.М. Анищик, В.М. Капцевич, Н.К. Толочко; под ред. Н.К. Толочко. Минск: БГАТУ, 2014. 316 с.

12. Серебреницкий П.П., А.С. Тетенькин. Аддитивные технологии в ремонтном производстве // Аддитивные технологии. 2017. №4. С. 52-53.

13.Тетенькин, А.С. Основные направления внедрения аддитивных технологий в ремонтное производство вооружения, военной и специальной техники / А.С. Тетенькин // Сб. докл. Научно-практ. конф «Иннов. материалы и технологии». 2017 г. С. 93-94 // [Электронный ресурс]. 2017. Режим доступа: http:www.rusarmyexpo.ru Дата доступа: 11.11.2017.

14. Слюсар, В. Фаббер-технологии. Новое средство трехмерного моделирования / В. Слюсар // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. 2003. №5. С. 54-60.

15. Бакарджиева, С. Аддитивное производство: на пике завышенных ожиданий /С. Бакарджиева // Умное производство, №2 (30), июль 2015 // [Электронный ресурс]. 2017. Режим доступа: http://www.umpro.ru/index.php?page_ id=17&art_ id_1=610&group_id_4=110 Дата доступа: 11.11.2017.

16. Жданок С.А., Ильина3.М., Толочко Н.К. Нанотехнологии в агропромышленном комплексе: монография. Минск: БГАТУ/ 2012. 172 с.

References

1. Kabikenov, S.Zh. Fundamentals of technical operation of transport equipment / S.Zh. Kabikenov, T.S. Intykov, M.M. Kirievsky, V.V. Shalaev // Karagand. state. tech. un-t. Karaganda: KarSTU, 2015. 261 s. (In Russian)

2. Izvozchikova, V.V. Improvement of technical service of agricultural machines on the base of information support. Author's abstract. dis. ... cand. tech. sciences: 05.20.03: 05.13.06. Orenburg, 2004. 20 s. (In Russian)

3. Voronov, E.V. Information and consulting services for the AIC? / E.V. Voronov, A.Yu. Gladtsyn // Ros. entrepreneurship. – 2009. No. 4 (2).S.129-134. (In Russian)

4. Melnik, V.Yu. Information support system for decision-making for maintenance and repair of equipment. Author's abstract. dis. ... cand. tech. sciences: 05.13.01. – Volgograd. 2011. 23s. (In Russian)

5. Gorelov, E.Yu. Information system for planning maintenance and repair of mining machines and equipment / E.Yu. Gorelov / VIII All-Russia. Conf. "Youth and Science", 2012 // [Electronic resource]. 2012. Access mode: http://elib.sfu-kras.ru/handle/2311/8121. Date of access: 11/11/2017. (In Russian)

6. Berdnikova, RG Maintenance of tractors using the information support system. Author's abstract. dis. ... cand. tech. sciences: 05.20.03. Novosibirsk, 2005. 20s. (In Russian)

7. Krikov, A.M. Development of information support system for maintenance of trucks of the agroindustrial complex / A.M. Krikov, A.G. Fedorov // Proceedings of GOSNITI. M.: GOSNITI, 2012. V. 112, part 2: Maintenance. Repairs. S. 48-50. (In Russian)

8. Shyla I.N. Intellectual technologies in the agro-industrial complex / I.N. Shyla, N.K. Tolochko, N.N. Romanyuk, S.O. Nukeshev. Minsk: BSATU, 2016. 336 s. (In Russian)

9. Olshevsky, S.N. Complex control of the ICE state by the parameters of the transient regimes. Author's abstract. dis. ... cand. tech. sciences: 05.20.03. Novosibirsk, 2005. 19 s, (In Russian)

10. Shulga, E.F. Monitoring of traffic quality and technical condition of vehicles / EF. Shulga, V.N. Shchukin // Bulletin of FSEI HE MSAU. – 2017. No. 4. S.43-47. (In Russian)

11. Anishchik, V.M. Intellectual materials: allowance / VM. Anishchik, V.M. Kaptsevich, N.K. Tolochko; Ed. N.K. Tolochko. Minsk: BSATU, 2014. 316 s. (In Russian)

12. Serebrenitsky, P.P. Additive technologies in repair manufacture / P.P. Serebrenitsky, A.S. Tetenkin // Additive technologies. – 2017. № 4. S. 52-53. (In Russian)

13.Tetenkin, A.S. The main directions of introduction of additive technologies in the repair production of weapons, military and special equipment / A.S. Tetenkin // Sb. doc. Scientific-practical. Conf. "Inn. materials and technologies". 18 Apr. 2017. – P. 93-94 // [Electronic resource]. - 2017. Access mode: http: www.rusarmyexpo.ru . Access date: 11/11/2017. (In Russian)

14. Slyusar, V. Fabber Technologies. New means of three-dimensional modeling /V. Slyusar // Electronics: Science, Technology, Business. 2003. №5. S. 54-60. (In Russian)

15. Bakardzhieva, S. Additive production: at the peak of inflated expectations / S. Bakardzhieva // Intelligent production, No. 2(30), July 2015 // [Electronic resource]. 2017. Access mode: http://www.umpro.ru/index.php?page_id=17&art_ id_1=610&group_ id_4=110. – Date of access: 11.11.2017. (In Russian)

16. Zhdanok, SA, Nanotechnologies in the agro-industrial complex: monograph / S.A. Zhdanok, Z.M. Il'ina, N.K. Tolochko; Ed. N.K. Tolochko. – Minsk: BSATU, 2012. 172 s. (In Russian)

УДК 631.14

СОЗДАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ЦЕНТРОВ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ В ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

Зоя Николаевна Мишина, старший научный сотрудник, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, e-mail: zoy4538@mail.ru; Российская Федерация;
Петр Алексеевич Табаков, кандидат технических наук, профессор,e-mail: petr_46@mail.ru
Чебоксарский институт (филиал) Московского политехнического университета, г. Чебоксары, Российская Федерация

Реферат. *Рассмотрены вопросы, связанные с состоянием продовольственной безопасности в Чувашской Республики. Приведены ряд целевых программ по развитию агропромышленного комплекса и увеличению производства продукции сельского хозяйства и перевооружение ремонтно-технических предприятий и мастерских хозяйств. Приведены расчеты по количественному производству основных продуктов питания в натуральных объемах на посевных площадях муниципальных районов. Рассчитано необходимое количество основной сельхозтехники, приведено количество имеющихся в данное время тракторов и зерноуборочных комбайнов в республике в сравнении с 1990 годом. Показано, что парк сельскохозяйственной техники ежегодно сокращается. Выявлено крайне неудовлетворительная обеспеченность сельхозтоваропроизводителей техникой, низкий коэффициент готовности машинно-тракторного парка. Сокращаются объемы поставок импортной техники. В эксплуатации сокращается большая доля техники находящейся за пределы нормативных сроков использования, одновременно растут затраты на ремонт техники. Большинство ремонтных работ выполняются в ремонтных мастерских сельских товаропроизводителей. В настоящее время в научных кругах, периодической печати, журналах, на научно-практических конференциях озвучивается проблема целесообразного ремонта сельскохозяйственной техники, ставится под вопросом необходимость специализированного ресурсного ремонта техники и агрегатов, что в свою очередь взаимосвязано с востребованностью восстановления, упрочнения деталей, разработкой новых технологий ремонта, нормативов. Для достижения результатов целевых программ Чувашской Республики, нами предложено создание инновационных центров высокоресурсного ремонта техники и ее компонентов, что крайне необходимо в настоящее время не только для данного региона, а для всей России.*

Ключевые слова: *агропромышленный комплекс, ремонтно-технические предприятия, сельское хозяйство, продовольственная безопасность, инновационные центры, восстановление, высокоресурсный ремонт, сельхозтоваропроизводители, коэффициент готовности, агросроки.*

CREATION OF INNOVATION CENTERS FOR AGRICULTURAL MACHINERY IN CHUVASH REPUBLIC

Z.N. Mishina, The Federal Agency of scientific organizations Federal state budgetary scientific institution "The Federal agricultural research center VIM"
Tabakov P.A., Cheboksary Institute (branch) of "Moscow Polytechnic University"

Abstract. *The issues related to the state of food security in the Chuvash Republic are considered. A number of target programs on development of agroindustrial complex and increase of production of agriculture and rearmament of repair and technical enterprises and workshops are given. Calculations on the quantitative production of basic food products in natural volumes on the sown areas of municipal districts are given. The necessary quantity of the main agricultural machinery is calculated, the quantity of tractors and combine harvesters available at present in the Republic in comparison with 1990 is given. It is shown that the fleet of agricultural machinery is being reduced every year. Revealed extremely poor provision of agricultural machinery, low readiness factor of the machine and tractor fleet. Volumes of deliveries of import equipment are reduced. In operation, a large proportion of equipment located beyond the normative terms of use is reduced, while the costs of repair of equipment are increasing. The majority of repair works are carried out in repair shops of rural producers. Now in scientific circles, the periodical press, magazines, at scientifically-practical conferences the problem of expedient repair of agricultural machinery is sounded, the necessity of specialized resource repair of equipment and units is questioned that is in turn interconnected with demand of restoration, strengthening of details, development of new technologies of repair, standards is questioned. To achieve results targeted programmes of the Chuvash Republic, we proposed the creation of innovation centers the high-life repair of equipment and components that are essential at the present time, not only for the region but for the whole of Russia.*

Keywords: *agro-industrial complex , repair and maintenance company, agriculture, food security, innovative centers, restoration, damage tolerant repair, agricultural producers, availability factor, a tight schedule.*

Введение. Ни одна из существующих отраслей в России не имеет столько проблем, как сельское хозяйство. Кроме того, эта отрасль является важнейшей – эта вторая отрасль материального производства, это отрасль – обеспечивающая продуктами питания населения страны и обеспечивающая продовольственную безопасность и выживание страны в условиях всевозможных санкций.

Продукты питания является самым первым условием жизни людей всякого производства вообще. Этим характеризуется жизненно важная роль, которую выполняет сельское хозяйство в любом обществе.

Сельскохозяйственное производство создает основу обеспечения продовольственной безопасности государства. Кроме того, село – хранитель национальных традиций, чувашского языка, фольклора, народного творчества. Сберечь и развить этот источник – важнейшая национальная задача.

Цель исследования – увеличение объемов производства сельскохозяй-

ственной продукции за счет поддержания в работоспособном состоянии парка эксплуатируемой техники и сокращения объемов ее списания.

Материалы и методы. В процессе изучения данной проблемы предусматривался сбор и обработка информации о наличии и состоянии парка машин сельскохозтоваропроизводителей, состояние инфраструктуры технического сервиса в регионе, анализ применяемых технологий и агрегатирования МТП, проведение анализа эксплуатационных затрат при применении различных технологий в растениеводстве. Также изучалась статистическая отчетность по Чувашской Республике за период 1990-2017 г.г.

Обработка данных производилось методом статистического анализа, прогнозирования и синтеза. Результаты и обсуждение. I.

Результаты и обсуждения. В целях обеспечения продовольственной безопасности в республике были приняты ряд программ по развитию агропромышленного комплекса. Так в программе на 2004-2010 годы, утвержденной постановлением Кабинета Министров Чувашской Республики от 25.11.2003 г. №287, было предусмотрено производство основных видов сельхозпродукции во всех категориях хозяйств к 2010 году довести до следующих объемов в год.

Из таблицы 1 видно, что при составлении целевой программы на 2004-2010 годы на достижения объема производства, на 2010 год был запланирован объем гораздо меньший, чем достигнутый объём производства в 1990 году. Это через 20 лет так называемых реформ, предусмотрены затраты на финансирование развития агропромышленного комплекса за годы реализации Программы сумма 14,732 млрд. рублей. И за семь лет развития АПК получили продукцию в разы меньшую, чем предусмотрено программой и фактически достигнутым объемом производства в 1990 году.

II. В целях увеличения производства продукции сельского хозяйства была принята целевая программа «Техническое перевооружение агропромышленного комплекса Чувашской Республики на 2009-2012 годы» и утверждена приказом Министерства сельского хозяйства Чувашской Республики от 11 августа 2009 года, № 114.

На эти цели предусмотрено финансирование в размере 7,679 млрд. рублей. Где констатируется, что без приобретения более энергонасыщенной и высокопроизводительной техники развитие сельского хозяйства невозможно. И поставлена задача довести энергообеспеченность л.с. на га пашни: 2009 г. 1.70; 2010 г. 1,75; 2011 г. 1,83; 2012 г. 1,92.

Как это – в плановом порядке предусмотреть такие очень маленькие энергетические мощности, ведь в 1990 году в республике была энергетическая мощность в размере 5,1 л.с. на га, как это – через 22 года реформ сельскому хозяйству планировать более чем в 2 раза меньшую энергетическую мощность? В этой программе в пункте 1.1.8. предусмотрено перевооружение ремонтно-технических предприятий и мастерских хозяйств. Но, к сожалению, к этому времени почти все РТП обанкротились и перестали работать на помощь сельскому хозяйству, потому что по налогообложению их приравняли к промышленным предприятиям. И в этом вопросе министерство сельского хозяйства их не защитило, иначе бы они и сегодня работали, платили бы соответствующие сельхозналоги, и техники в хозяйствах было бы два раза больше сегодняшнего количества. А мастерские хозяйств еще раньше развалились, по мере разукрупнения колхозов, никакого нового оборудования там нет. В этой программе предусмотрено ежегодно приобретать 250 трак-

торов, фактически – 64 шт., 100 зерноуборочных комбайнов – факт. -25 шт. Может программа не выполнена из-за не выделения денег, предусмотренных на программу, в сумме 7,6 млрд. руб.

Таблица 1.

Контрольные цифры целевой программы Чувашской Республики на 2004-2010 гг, их фактическое выполнение (в тыс. тонн).

Table 1.

Control figures of the target program of the Chuvash Republic for 2004-2010 and their actual implementation (in thousand tons)

Наименование	Факт. в 1990 г.	План на 2010 г.		2004		2006		2008		2009	
		план	факт	план	факт	план	факт	план	факт	план	факт
Зерно	1079	900	128	686	323	726	426	802	523	853	573
Картофель	931	997	301	772	693	997	689	997	782	997	709
Овощи	89,6	250	90	167	193	210	190	227	101	236	100
Хмель	2,6	2,5	0,02	1,2	0,4	1,4	0,2	1,5	0,27	1,6	0,3
Мясо скота и птицы (Живом весе)	173,2	130	108	103	99,7	125	97,6	128	107	129	113
Молоко	619	600	494	490	463	541	459	550	493	580	495
Яйца (млн. шт)	383	306	284	220	276	303	315	304	267	305	286
Приобретение новых тракторов (шт.)	1557	100	53	100	75	100	99	100	138	100	33
Приобретение зерноуб. комбайнов (шт.)	554	45	14	40	33	40	47	45	58	45	24
Внесение минераль. удобрений на 1 га (кг)	155	105	27	30	23	57	24	85	32	103	33
Внесение органич. удобрений на 1 га (тонн)	5,6	5,9	1	4,8	1	5,1	0,9	5,5	1,1	5,6	1,1

III. Следующая программа называется «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынка сельхозпродукции, сырья и продовольствия Чувашской республики» (с изменениями от 28.02.2017).

Принята на 2013-2020 гг, утверждена постановлением кабинета министров Чувашской Республики от 18 декабря 2012 г. №567, на выполнение программы предусмотрено более 70 млрд. руб.

В первой части программы приведен экономический анализ производства сельхозпродукции за 2011 г., по сравнению 2010 г, когда ввиду засухи объемы производства были весьма скромными. И показано, «как возрождается сельское хозяйство».

В основном цитируется индексы производства, а не фактические его объемы. В одном месте приведены контрольные цифры производства продукции сельского хозяйства в 2020 году.

Из таблицы 2 видно, что запланированные объемы производства на 2020 год меньше фактического объема 1990 года, кроме объема производства овощей, где предусмотрено двойное увеличение объема. Но если посмотрим фактический объем производства овощей за 2016 год, то видим, что из общего 170,7 тыс. т. производства, хозяйства населения произвели 126,6 тыс. тонн, или 74,2 % общего объема овощей. Этот объем фактически никто не измерял.

Таблица 2.

Ожидаемые и фактические объемы производства сельхозпродукции в Чувашской Республике (тыс. тонн).

Table 2.

Expected and actual volumes of agricultural production in the Chuvash Republic (thousand tons).

Наименование	План на 2020г .	Факт. за 1990 г	План на 2020 г. к факт. за 1990, %	Фактически		
				2014	2015	2016
Зерно	1005	1079	93	554	556	609
Картофель	1010	997	101	580	700	593
Овощи	183	89,6	204	143	150	170
Скот и птица (живом весе)	138	173,2	79,6	99	115	116
Молоко	600	619	93	420	424	425

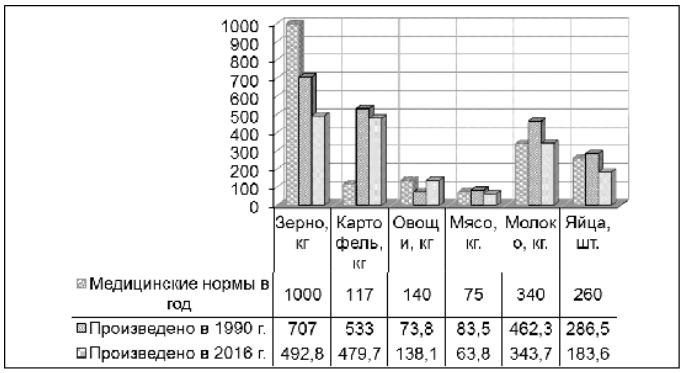


Рис. 1. Производство продукции сельского хозяйства на душу населения Чувашской Республики в 2016 году

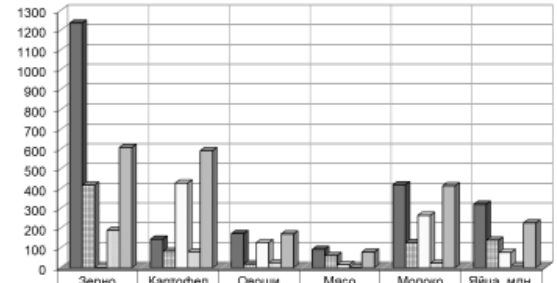
Fig. 1. The production of agricultural products per capita of the Chuvash Republic in 2016

На рисунке 1 показан объем производства продукции сельского хозяйства на душу населения в сравнении с медицинскими нормами на питания. За 26 лет реформ сельского хозяйства неспециалистами сельского хозяйства, ни один показатель, кроме производства овощей, не достигнут объема производства 1990 года.

Российские сельхозпроизводители должны увеличить производство мяса, молока, овощей, фруктов настолько, чтобы заместить огромные объемы импорта. И, дополнительно к этому, производить продовольствие на экспорт. Но чтобы выполнить эту задачу, надо увеличивать прирост производства в сельском хозяйстве на 10-15% в год не индексами цен производства продукции, а натуральными объемами.

По анализу всех трех программ развития сельского хозяйства Чувашии видно, что по производству продовольствия на душу населения республики не достигли уровня производства 1990 года, это за 27 лет так называемых

реформ. По России данные еще хуже, техническая оснащенность сельского хозяйства находится на очень низком уровне, по оснащенности сельскохозяйственной техникой на 1000 га посевных площадей мы находимся на уровне 50 годов. Урожай мы могли убирать, пока погода благоприятствовала уборочным работам, если будут дожди, то большая часть урожая останется в поле.



	Зерно	Картофель	Овощи	Мясо	Молоко	Яйца, млн. шт.
Потребность, тыс.тонн	1236	144,6	173	92,7	420,2	321,3
СХПК, тыс.тонн	417,8	83,2	19,5	61,4	126,8	139,2
Хозяйства населения, тыс.тонн	2,1	429,2	126,6	15,9	265,3	77,6
Крестьянские (фермерские) хозяйства, тыс.тонн	189,4	80,7	24,6	1,6	22,8	10,2
Итого произвели, тыс. тонн	609,2	593,1	170,8	78,9	414,9	227

Рис. 2. Потребность по норме и фактическое производство продуктов питания в Чувашской Республике в 2016году

Fig. 2. The need for the norm and the actual production of food in the Chuvash Republic in 2016

На рисунке 2 видно, что, кроме картофеля, мы ничего не производим в объеме, необходимом по медицинским нормам питания. А то, что производим, большинство по графе «хозяйство населения», большой заслуги тут у государства нет, народ производит в своих личных подсобных хозяйствах, для себя. Сельскохозяйственная техника и энергетическая мощность с каждым годом уменьшается, заводы закрываются. Если в Чувашской Республике не выполняются требование о продовольственной безопасности, то они и не выполняются по всей России.

Для расчета таблицы 3 взяты данные для 2 и 3 вертикальной графы, а количество городского населения поделено на посевную площадь и найдена единица площади, приходящая на одного городского жителя, потом по пропорции найдено количество городских жителей на эту посевную площадь. К нему добавлено графа 3 – свои сельские жители. В таблице 4 приведено расчетное количество сельскохозяйственной техники на первый этап реформ в сравнении техникой 1990 года и имеющейся техникой на начало января 2017 года в сельхозпредприятиях и частном секторе.

Данные по количеству тракторов и зерноуборочных комбайнов в частном секторе получены в органах гостехнадзора.

Анализируя приведенные данные с требуемыми данными продовольственной безопасности Чувашской Республики, тоже рассчитанные в разрезе каждого района, приходишь к заключению, что к 2020 году проблему продовольственной безопасности мы не решим.

В1990 году она была почти решена, а за 27 лет развития мы удвоили бы производство продуктов питания и вместо импорта на 50 млрд. долларов ежегодно, произвели бы продукцию на экспорт, приведенные расчеты на таблицах 3 и 4 и расчеты, показанные на рисунках 1 и 2, подтверждают это.

Таблица 3.

Необходимое количество производства сельхозпродукции для решения продовольственной безопасности населения в районах Чувашской Республики

Table 3.

The necessary amount of agricultural production to address the food security of the population in the Chuvash Republic

Районы	**Посевная площадь хозяйств всех категорий (га) 1990 года**	**Всего сельское население на 01.01.2017 г.(чел)**	**Жителей городов ЧР распределено по районам, пропорционально (2)**	**Итого населения для производства с/х продуктов (чел. 3+4)**	**Необходимое количество с/х продукции для питания по медицинским нормам** (тыс. тонн)				
					Зерно (1000 кг.)	**Картофель** (117кг.)	**Овощи** (140 кг.)	**Мясо** (75 кг.)	**Молоко** (340 кг.)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Чувашская Республика	**799848**	**469349**	**766514**	**1235863**	**1236**	**145**	**173**	**93**	**420**
Алатырский	**45420**	14875	41824	56699	56,7	6,6	7,9	4,3	19,3
Аликовский	**35710**	15882	33066	48948	48,9	5,7	6,9	3,7	16,6
Батыревский	**47768**	34496	43449	77945	77,9	9,1	10,9	5,8	26,5
Вурнарский	**48972**	32221	45116	77337	77,3	9,0	10,8	5,8	26,3
Ибресинский	**27603**	23519	25831	49350	49,3	5,8	6,9	3,7	16,8
Канашский	**55828**	35698	51200	86898	86,9	10,2	12,2	6,5	29,5
Козловский	**27509**	10215	34783	44998	44,9	5,3	6,3	3,4	15,3
Комсомольский	**33584**	25217	31276	56493	56,5	6,6	7,9	4,2	19,2
Красноармейский	**31076**	14279	28934	43213	43,2	5,1	6,0	3,2	14,7
Красночетайский	**27152**	14426	25406	39832	39,8	4,7	5,6	3,0	13,5
Марпосадский	**28652**	13656	35502	49158	49,1	5,8	6,9	3,7	16,7
Моргаушский	**48831**	33009	44889	77898	77,9	9,1	10,9	5,8	26,5
Порецкий	**42600**	12606	39292	51898	51,9	6,1	7,3	3,9	17,6
Урмарский	**39284**	22992	35358	58350	58,3	6,8	8,2	4,4	19,8
Цивильский	**50112**	21695	60404	82099	82,1	9,6	11,5	6,2	27,9
Чебоксарский	**45775**	62242	42241	104483	104	12,2	14,6	7,8	35,5
Шемуршинский	**23448**	12569	22081	34650	34,6	4,1	4,9	2,6	11,8
Шумерлинский	**20530**	9127	19472	28599	28,6	3,3	4,0	2,1	9,7
Ядринский	**43943**	17614	48976	66590	66,6	7,8	9,3	5,0	22,6
Яльчиковский	**46321**	17329	41547	58876	58,9	6,9	8,2	4,4	20,0
Янтиковский	**29730**	14818	26731	41549	41,6	4,9	5,8	3,1	14,1

В таблице 3 для расчета необходимого количества сельскохозяйственной продукции для питания по медицинским нормам, графу 5 соответственно умножаем на количество питания по медицинским нормам. Проанализировав производство продуктов питания Республики Беларусь, видно, что всё производство ежегодно растет в среднем 4,5 % и по сравнению с 1990 годом они удвоили свое производство, а мы все катимся назад. Парк техники АПК изношен на 60-70%, производство сельскохозяйственной техники сократилось более чем в 10 раз, многие заводы и ремонтные предприятия сельскохозяйственной техники закрывались. Аграрная наука находится на стадии уничтожения. Одни фермеры нашу страну не накормят, им нужна мощная поддержка. На протяжении всей истории человечества снабжение населения продовольствием является главной государственной задачей. Продовольственная безопасность – неотъемлемая часть национальной безопасности государства. Обеспечения населения страны продовольствием представляет собой важную социально-экономическую задачу, решение которой для государства имеет огромное значение.

Таблица 4.

Требуемое и фактически имеющееся количество сельскохозяйственной техники для решения продовольственной безопасности населения Чувашской Республике

Table 4.

Required and actually available quantity of agricultural machinery for the decision of food safety of the population of the Chuvash Republic

Районы	Трактора (13/1000) (в шт.)				Зерноуборочные комбайны (4/1000) (в шт.)				Требуется (в шт.)		
	Требуется	Факт 1990 г.	Факт 2017г. пр. техосмотр		Требуется типа (Дон)	Факт 1990 г. (Нива+Дон)	Факт 2017г. пр.техосмотр		Плуги (6,5)	Культиваторы (6,8)	Сеялки (11,5)
			АПК	Частные			АПК	Частные			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Чувашская Республика	**9358**	**13495**	**1808**	**4425**	**1440**	**3120**	**468**	**143**	**3959**	**4898**	**4139**
Алатырский	531	654	22	100	82	162	8	2	225	278	235
Аликовский	418	582	58	286	64	155	8	21	177	219	185
Батыревский	559	760	164	421	86	194	32	5	236	292	247
Вурнарский	573	783	149	371	88	235	44	13	242	300	253
Ибресинский	323	455	92	247	50	121	14	3	137	169	143
Канашский	653	934	77	300	100	240	20	13	276	342	289
Козловский	322	459	47	198	50	86	18	6	136	168	143
Комсомольский	393	618	202	257	60	132	51	2	166	206	174
Красноармейский	364	565	85	171	56	117	23	11	154	190	161
Красночетайский	318	459	36	145	49	111	7	1	134	166	140
Марпосадский	335	518	15	181	52	106	4	9	142	175	149
Моргаушский	571	834	121	276	88	214	27	8	242	299	252
Порецкий	498	583	54	50	77	137	23	2	211	261	220
Урмарский	460	622	46	212	71	136	22	11	194	240	203
Цивильский	586	857	123	194	90	159	32	7	248	307	259
Чебоксарский	536	1053	113	136	82	172	24	4	227	280	237
Шемуршинский	274	362	64	215	42	93	13	4	116	144	122
Шумерлинский	240	435	16	139	37	86	6	1	102	126	106
Ядринский	514	789	66	184	79	181	16	2	218	269	227
Яльчиковский	542	660	194	150	83	168	60	8	229	283	239
Янтиковский	348	513	64	192	54	113	16	10	147	182	154

Для решения этой задачи, мы предлагаем, в Чувашской Республике создать специализированные инновационные центры. Они позволят обеспечить сельскохозяйственных товаропроизводителей ремонтом агрегатов и узлов сельскохозяйственной техники, обхватят широкую номенклатуру восстанавливаемых деталей различных машин. В ИЦ должны быть предусмотрены комплексы высокоресурсного оборудования для участков диагностики и регулировки топливной аппаратуры, ремонта и обкатки двигателей, диагностика и регулировка гидросистем самоходных машин, ремонта турбокомпрессоров, и других узлов и систем. Создавая участки восстановления изношенных деталей необходимо предусмотреть ресурсосберегающие технологии деталей ходовой части гусеничных машин, восстановление коленчатых валов, деталей турбокомпрессоров, золотников гидрораспределителей, клапанов двигателей и других деталей. На участках упрочнения должны применяться, в первую очередь, технология упрочнения деталей почвообработки, посевной и кормозаготовительной техники. Инновационные центры должны нести ответственность за качество ремонта и восста-

новления сельскохозяйственной техники, ее узлов и агрегатов с установлением гарантийного срока эксплуатации, как минимум, равного 12 месяцев со дня ввода в эксплуатацию (при гарантийной наработке не более 2400 мото-ч. для тракторов и двигателей внутреннего сгорания). Для сохранения непрерывности технологического процесса выполнения сельскохозяйственных работ и соблюдения агротехнических сроков, в ИЦ должна действовать система обеспечения сельхозтоваропроизводителей изделиями обменного фонда (узлов, агрегатов и самой селскохозяйственной техники), а также запасными частями. Раннее было выявлено, что до 60% деталей сельхозмашин можно восстановить и использовать повторно. При этом цена восстановления деталей будет составлять от 30 до 60% от стоимости новой. Вызывает интерес оценка возможной экономии средств в регионе на ремонт техники за счет восстановления в ИЦ и повторного использования деталей.

В таблице 5 представлен экономический расчет по Чувашской Республике, в котором определено, что при организации инновационного центра может быть достигнута экономия в 32,04 млн. руб. (при плановых затратах на закупку новых деталей – 106,94 млн. руб.).

Таблица 5.

Расчет потребных объемов работ по восстановлению изношенных деталей в Чувашской Республике

Table 5.

Calculation of the required amount of work on the restoration of worn parts in the Chuvash Republic

Техника	*) Наличие на 01.10.2017г., шт.	*) План ремонта в 2017г., шт.	*) Потребность в финансовых средствах на ремонт, млн.руб.	В т.ч. стоимость новых запасных частей, млн.руб. 0,7хп.4	Объем запасных частей, передаваемых на восстановление, млн.руб. 0,6хп.5	Объем восстановленных деталей, млн.руб. 0,5хп.6
1	2	3	4	5	6	7
Тракторы Кл. 5 Кл. 4	 83 384	 31 160	 4,3 14,5	 3,01 10,15	 1,8 6,09	 0,9 3,04
Прочие тракторы	2585	717	35,05	24,54	14,72	7,36
Зерноуборочный комбайн Кл 7-8	317	119	14,48	10,14	6,08	3,04
Прочие зерноуборочные комбайны	529	204	11,12	7,78	4,67	2,33
Кормоуборочные комбайны	314	120	10,2	7,14	4,28	2,14
Косилки самоходные	345	109	5,27	3,69	2,21	1,10
Прочие автомобили	1426	586	19,4	13,58	8,15	4,07
Плуги	1383	446	9,2	6,44	3,86	1,93
Сеялки	1443	546	15,6	10,92	6,55	3,27
Культиваторы	1493	521	13,65	9,55	5,73	2,86
ИТОГО:	-	-	152,77	106,94	64,14	32,04

*) – данные Минсельхоза России

*) – data of the Ministry of agriculture

Вывод. Система технического сервиса в Чувашской Республике с использованием ИЦ позволит оперативно обеспечить хозяйства отремонтированной работоспособной сельскохозяйственной техникой, повысит качество технической эксплуатации машинно-тракторных парков, а также повысит показатель коэффициента технической готовности по республике до

95-98%. Повышение качества ремонта сельскохозяйственной техники за счет реализации инновационных технологий ремонта требует организации совместной работы всех заинтересованных участников технического сервиса в регионе включая администрации регионов, муниципальных образований, предприятий-производителей сельскохозяйственной продукции и инновационных центров.

Библиографический список

1. Черноиванов В.И., Лялякин В.П., Голубев И.Г. Инновационные проекты и разработки в области технического сервиса. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. 96 с.

2. Безопасность России. Разд. I «Продовольственная безопасность». М.: МТФ «Знание», 2000.

3. Табаков П.А., Табаков А.П. Аграриям нужна долгосрочная стратегия развития. // Междунар. науч.-практ. конф. «Научное сообщество студентов XXI столетия». Технические науки. №3. 2016. С.183-191.

4. Отчеты ЦСУ ЧР с 1990 по 2017 гг., изд. Чувашстат.

5. Волкова З.Н. Формирование вторичного рынка сельскохозяйственной техники в Чувашской Республике //ГОСНИТИ. 2013. Т.111. Ч1. С.17-21.

6. Бурак П.И. ,ГолубевИ.Г. Реализация инновационных технологий технического сервиса // «Росинформагротех», 2014. 164 с.

7. Бурак П.И. Роль технического и технологического перевооружения АПК в реализации государственной программы 2013-2020 годы.// Сельскохозяйственные машины и технологии. 2013. №6. С.5-6.

8. Кузьмин В.Н. Разработка программ технического оснащения сельского хозяйства в рыночной экономике // Росинформагротех 2014. 304 с.

9. Горячев С.А. Волкова З.Н. Тенденции в организации ремонта сельскохозяйственной техники // Труды ГОСНИТИ. 2013. Т.103. С.14-19.

10. Дорохов А.С. Система входного контроля качества запасных частей //Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2011.№8.С. 27-29.

11. Дорохов А.С. Совершенствование входного контроля качества селькохозяйственной техники и обоснование методовоценки его эффективности // Дисс. на соиск. уч. степ. кан. техн. наук., М.: 2007.

References

1. Chernoivanov V.I., lyalyakin V.P., Golubev I.G. Innovative projects and developments in the field of technical service. Moscow: FGNU "Rosinformagrotekh", 2010. 96 p.

2. security of Russia. Sec. I "food security". M.: MTF "Knowledge", 2000.

3. Tabakov, P. A., A.P. tobacco Farmers need a long-term development strategy. // International. science.-practice. Conf. "Scientific community of students of XXI century". Technical Sciences, №3, 2016. C. 183-191.

4. Reports of the CSO, Czech Republic from 1990 to 2017, ed. Chuvashstat.

5. Volkova Z. N. Formation of the secondary market of agricultural machinery in the Chuvash Republic/ Z.N. Volkova // Proceedings GOSNITI. 2013. Vol. 111. 1 hour.-P. 17-21.

6. Implementation of innovative technologies of technical service / p. I. Burak, I. G. Golubev // FSBSI «Rosinformagrotekh». 2014. 164 p.

7. Burak P. I. the Role of technical and technological re-equipment of agriculture in the implementation of the state program 2013-2020. // Agricultural machines and technologies. 2013. №6. P. 5-6.

8. Kuzmin V.N. Developing programs of technical equipping of agriculture in a market economy / V.N. Kuzmin // FSBSI «Rosinformagrotekh». 2014 304 p

9. Trends in the organization of repair of agricultural machinery /S.A. Goryachev, Z.N. Volkova // Proceedings GOSNITI. 2013. Vol. 103. P. 14-19.

УДК 338

.

КОНЦЕПЦИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ СКВОЗНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ МЕТАЛЛОПРОКАТА ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

4кулович, доктор технических наук, профессор
leo-akulovich@yandex.ru,
Владимир Петрович Миклуш, кандидат технических наук,
профессор, Miklush@tut.by;
Белорусский государственный аграрный технический университет
г. Минск, Республика Беларусь;
Дмитрий Брониславович Ермашкевич, заместитель директора
Научно-производственного общества с ограниченной ответственностью «ЛАКШМИ», mitrich31@mail.ru, г. Минск, Республика Беларусь

Реферат. *Технологические возможности современного оборудования термической резки листового материала, оборудования для раскроя прямоугольных деталей на гильотинных ножницах, а также раскроя круглого и профильного проката на разрезных станках значительно расширились, что позволяет во многих случаях производить обработку отверстий, окон, контуров деталей окончательно с обеспечением заданных чертежом требований точности и шероховатости поверхностей. Отсутствие механического воздействия на обрабатываемый материал, возможность раскроя сложных контуров деталей из листового материала с обеспечением необходимой точности взаимного расположения вырезаемых контуров заготовки являются посылкой использования способов термической резки совместно с операциями механической обработки в единых технологических процессах. Предложенная концепция автоматизации сквозного проектирования технологических процессов изготовления деталей из металлопроката для сельскохозяйственной техники учитывает технологические возможности современного оборудования, базируется на интеграцию систем САПР "Раскрой", автоматизированного проектирования САПР ТП МО и САПР УП и включает систематизацию входных данных, использование комплексных технологических процессов и их формализацию, создание единой базы данных. Разработана структура интегрированной САПР ТП раскроя листового металла и механической обработки заготовок, ориентированной на проектирование технологических процессов в автоматическом режиме. Использование в САПР комплексных технологических процессов не требует высокой квалификации технологов предприятия, так как в КТП заложена база знаний опытных специалистов. Цель настоящей работы – разработка концепции синтеза системы сквозного автоматизированного проектирования технологических процессов раскроя металлопроката и последующей механической обработки, определение структуры системы, входных и выходных данных. Структура интегрированной САПР ТП была*

использована при разработке алгоритмов и программного обеспечения. Внедрение САПР ТП на предприятиях сельскохозяйственного машиностроения позволит улучшить качество технологических процессов изготовления деталей из листовых сталей, уменьшить сроки их разработки в 3…10 раз в зависимости от сложности деталей.

Ключевые слова. *Раскрой листового материала, машины термической резки, карта раскроя, технологическая подготовка производства, механическая обработка, технологический процесс, система автоматизированного проектирования, управляющий массив, комплексная операция.*

CONCEPT THROUGH AUTOMATION DESIGN OF TECHNOLOGICAL PROCESSES PARTS OF METAL FOR AGRICULTURAL MACHINERY

Belarusian State Agrarian Technical University, "LAKSHMI" Scientific and Production Ltd. Co.

Abstract. *Found that the technological capabilities of modern equipment thermal cutting sheet material, equipment for cutting rectangular parts on the guillotine shears and cutting round and profile rolling machines to split greatly enhanced. This allows in many cases to machine holes, windows, paths details conclusively drawing with a certain level of accuracy and surface roughness. No mechanical impact on the processed material, the possibility of cutting complex contours of parts from sheet material with the required accuracy the mutual arrangement of the cut-out circuits are sending a blank using the methods in conjunction with thermal cutting machining operations in a single process. The proposed concept through design automation of technological processes of manufacturing of metal parts for agricultural machinery account of technological capabilities of modern equipment, based on the integration of CAD systems "Cutting" aided design CAM and CAPP systematization and includes input data, the use of complex technological processes and their formalization, creating a unified database. The structure of integrated CAM cutting sheet metal and machined workpiece-oriented design process automatically. Using CAD integrated process does not require highly skilled technologists enterprise as laid down in complex process knowledge base of experienced professionals. The aim of this work - design synthesis system through-aided design process of cutting metal and subsequent machining, the definition of system structure, input and output data. Structure of integrated CAM-CAPP was be used in the development of algorithms and software. Introduction of CAM-CAPP agricultural machinery enterprises will improve the quality of manufacturing processes of parts from sheet steel, to reduce their development time in 3 - 10 times depending on the complexity of parts.*

Keywords. *Cutting sheet material, cutting machines, cutting charts, production planning, tooling, processes, computer aided design, control the masses, complex operations.*

Введение. Продукция для механизации сельскохозяйственных работ является металлоемкой и технологически сложной, ее изготовление требует значительных материальных и трудовых затрат [1].

Особенностью машиностроительного производства предприятий по ре-

монту и техническому сервису сельскохозяйственной техники является необходимость частой сменяемости номенклатуры выпускаемых изделий. В таких условиях для обеспечения гибкости производства необходимо иметь технологическое оснащение, соответствующее требованиям серийного производства [2]. С другой стороны, условия жесткой конкуренции вынуждают минимизировать трудоемкость изготовления изделий. Поэтому значительно повысились требования высокой производительности в мелко- и среднесерийном производствах. Это особенно актуально на стадии подготовки производства в связи с непрерывным увеличением ее доли затрат в себестоимости продукции серийных производств. Основной составляющей в трудоемкости подготовки производства является затраты инженерного труда на проектирование технологических процессов. Содержание, объем и организация технологической подготовки производства (ТПП) во многом зависят от типа производства. В единичном и мелкосерийном производствах объем технологической подготовки производства составляет около 25%, в серийном – до 50%, в крупносерийном и массовом – до 70% от всего объема работ по ТПП новых изделий [3].

Проектирование технологических процессов является центральным, основным звеном всей системы ТПП, которое решающим образом влияет на сроки подготовки и освоения новых изделий, повышение их качества и конкурентоспособности. С функциональной точки зрения значение этапа “проектирование технологических процессов” наиболее велико. Разработанные технологические процессы определяют методы обеспечения точности при сборке и при изготовлении деталей, форму организации производства и, следовательно, трудоемкость процессов. Виды заготовок и припуски на обработку характеризуют коэффициент использования материала при механической обработке. Разработка унифицированных операций и технологических процессов в значительной степени определяет объем работ практически по всем этапам ТПП. От принятого уровня оснащенности, видов применяемой технологической оснастки и специального инструмента зависит объем работ в конструкторских подразделениях отдела главного технолога и в инструментальном цехе. Обоснованное нормирование всех элементов технологических процессов направлено на определение себестоимости изделия.

Одним из наиболее эффективных средств решения возникших задач является компьютеризация проектирования технологических процессов. Все это обуславливает создание систем автоматизированного проектирования (САПР) сквозных технологических процессов изготовления деталей машин, позволяющих разрабатывать как единые технологические процессы изготовления деталей, так и управляющие программы для оборудования с числовым программным управлением.

Структура производства машиностроительных и ремонтных предприятий сельскохозяйственной техники различается по составу имеющихся технологических переделов, однако типичным для всех предприятий является: раскрой листового проката на гильотинных ножницах или на машинах термической резки, лазерных установках, раскрой круглого и профильного металлопроката на разрезных станках (ленточно-отрезных, абразивно-отрезных, фрезерно-отрезных станках), холодная штамповка, термическая обработка, механическая обработка, лакокрасочные и гальванические покрытия.

Наиболее сложные и трудоемкие звенья технологической подготовки производства упомянутых предприятий – проектирование технологии механи-

ческой обработки, разработка раскладок для фигурного раскроя, подготовка управляющих программ для оборудования с ЧПУ.

В настоящее время существуют достаточно эффективные системы автоматизированного проектирования машиностроительных деталей и изделий, проектирования управляющих программ для оборудования с ЧПУ, однако автоматизация этапа технологической подготовки производства с использованием универсального оборудования с ручным управлением развита в значительно меньшей мере, особенно заготовительного производства. Существуют локальные диалоговые автоматизированные системы проектирования техпроцессов механической обработки и других технологических переделов [4,5].

Однако эти системы не обеспечивают сквозного проектирования и имеют низкий уровень автоматизации проектных процедур. Поэтому наряду со снижением расхода применяемых материалов актуальна задача автоматизации технологической подготовки производства.

В области раскроя металла известны локальные программные комплексы, в основном для раскроя деталей произвольной формы на машинах термической резки (МТР) с ЧПУ, настройки к графическим пакетам для автоматического или ручного размещения контуров деталей на листах материала, а также специализированные программные комплексы, которые поставляются заказчиком совместно с машинами лазерной и плазменной резки [6]. В последние годы прослеживается тенденция поставки из западных стран машин для резки металла совместно с программным обеспечением для раскладки деталей и подготовки управляющих программ для этих машин.

Это программное обеспечение является узкоспециализированным для конкретных машин резки металла и их отдельная поставка фирмами производителями не производится. У некоторых производителей графических систем имеются настройки с математическим и программным аппаратом для размещения деталей на листе, которые могут быть поставлены только с их графическими пакетами.

Ни одна из известных САПР ТП не осуществляет сквозное проектирование технологических процессов раскроя металлопроката и механической обработки. Поэтому возникает потребность в разработке интегрированной системы для сквозного проектирования, что позволит избежать основного недостатка использования автономных модулей, а именно, исключить многократный «ручной» ввод одинаковых исходных данных и минимизировать возможные при этом ошибки, сократить время на проектирование.

Современные САПР ТП реализуют следующие методы проектирования: автоматический, полуавтоматический, интерактивный (диалоговый) и «по-аналогу» [8,10,12]. Каждый из перечисленных методов проектирования имеет свои преимущества и недостатки. Общим недостатком САПР ТП, реализующих эти методы проектирования, является неудовлетворительная производительность проектирования технологических процессов для изготовления относительно несложных деталей. Например, для деталей, поддающихся группированию в технологические группы, интерактивный режим не эффективен, а при использовании автоматического режима в большинстве случаев требуется адаптация разработанного технологического процесса к условиям производства. Решить эту проблему возможно, используя сразу несколько САПР ТП под соответствующие виды деталей. Но такой подход является нецелесообразным по следующим причинам:

- пользователю системы потребуется приобретать и осваивать несколько различных систем, что усложняет и удорожает проектирование;

- необходимо создание нескольких баз данных и архивов спроектированных техпроцессов;

- у пользователя могут появиться проблемы интеграции систем и вытекающие отсюда организационные сложности.

Другой путь решения проблемы – совершенствование методов проектирования и представления технологической информации, которые составляют базовую основу режимов проектирования в САПР ТП.

В настоящее время развитие технологического оборудования несколько опережает развитие средств автоматизации проектирования технологии. В новейших образцах станков все чаще появляются новые функции, характерные для другого вида оборудования. Продолжается тенденция максимальной концентрации операций на одном рабочем месте [10].

Разработка интегрированного программного обеспечения для сквозного проектирования позволит избежать основного недостатка использования автономных модулей, а именно – исключить многократный «ручной» ввод одних и тех же данных, что позволит сократить время на проектирование и минимизировать ошибки ввода данных исключением влияния человеческого фактора. Автоматизированное формирование управляющих программ для МТР посредством работы постпроцессоров значительно снизит трудоемкость их проектирования.

Сквозное функционирование объектно-ориентированных технологических модулей по разным переделам в составе одной автоматизированной системы позволит устранить «разрыв» в развитии технологического оборудования и средств автоматизации проектирования технологии для этого оборудования.

Цель исследования – разработка концепции синтеза системы сквозного автоматизированного проектирования технологических процессов раскроя металлопроката и последующей механической обработки, определение структуры системы, входных и выходных данных. Предложенная концепция была использована для создания алгоритмов и программ.

Материалы и методы. Детали, изготавливаемые из металлопроката (листовой, круглый и профильный прокат) представляют собой тела вращения и плоские детали, что дает возможность вести проектирование техпроцессов их обработки в автоматическом режиме на базе комплексных технологических процессов с адаптацией к конкретным условиям предприятия.

С целью снижения материальных и трудовых затрат, сокращения сроков технической подготовки производства в интегрированную систему был включен следующий набор проектных процедур:

- возможность интеграции с графическими пакетами разных производителей (AutoCAD, T/FLEX, Компас и др.);

- ведение автоматизированного архива деталей и сборочных единиц (управление составом изделий);

- ввод информации с электронных чертежей и 3D-моделей, созданных в разных графических системах (AutoCAD, T-FLEX, Компас и др.);

- создание и ведение единой базы данных технологического назначения с передачей данных между единой базой данных и модулями, выполняющими основные функции системы и обменом информацией с информационными системами предприятий;

- сквозное проектирование технологических процессов в автоматическом

(с использованием комплексных технологических процессов (КТП)) и диалоговом режимах (в том числе методом структурного синтеза с использованием конструктивно-технологических элементов (КТЭ)), режиме «по аналогу», комбинированным методом;

- построение схем раскладки для всех видов раскроя металлопроката с расчетом их показателей эффективности;
- проектирование УП для оборудования с ЧПУ;
- формирование комплектов стандартной технологической документации.

В интегрированную систему включены следующие основные компоненты [8,11]:

- CAD – система (графический пакет);
- система управления БД (СУБД);
- БД технологического назначения, подключенная к СУБД;
- архив изделий (система электронного управления составом изделий);
- проблемно-ориентированный программный модуль для графического ввода геометрической информации с электронных чертежей и 3D-моделей;
- объектно-ориентированные модули систем автоматизированного проектирования технологических процессов по всем переделам;
- проблемно-ориентированный программный модуль генерации форм технологических и других документов;
- архив технологических процессов (система электронного управления технологической документацией);
- проблемно-ориентированный программный модуль связи с информационными системами предприятия.

Фрагмент структурной схемы интегрированной системы показан на рисунке 1.

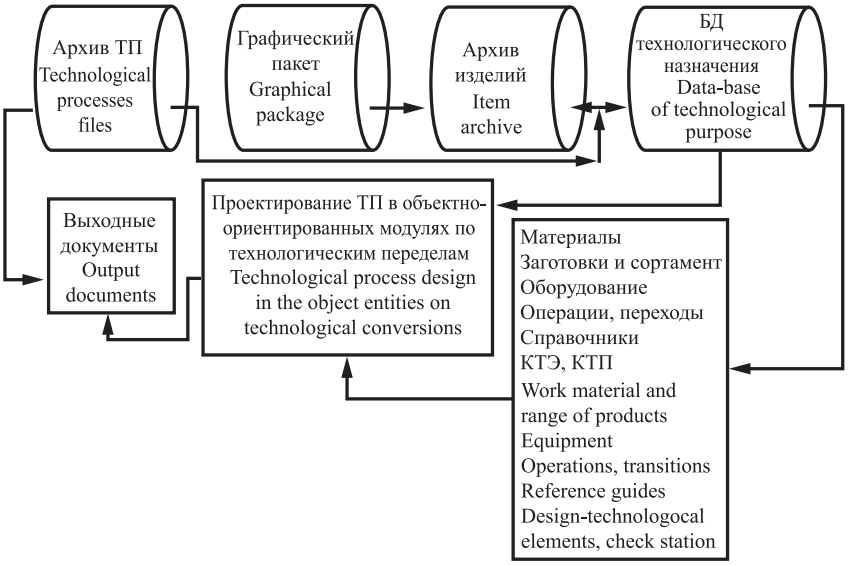


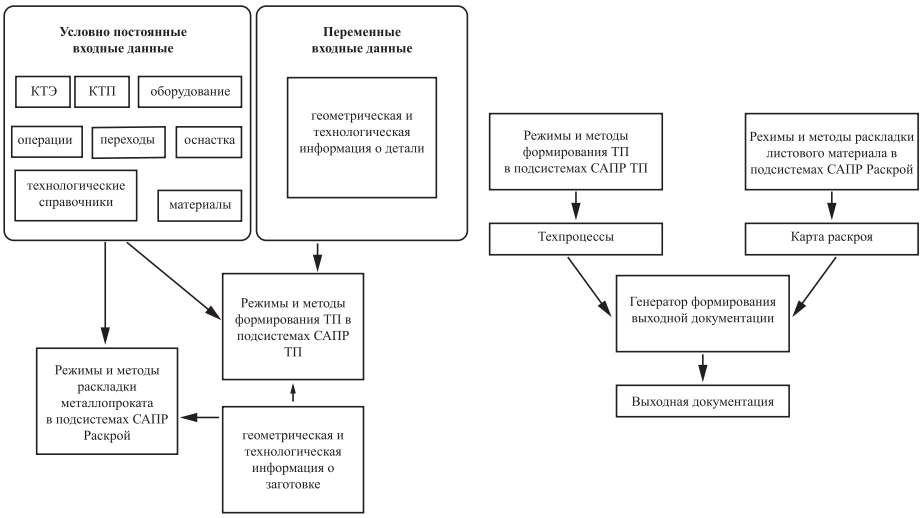
Рис. 1. Фрагмент структурной схемы интегрированной системы

Программные модули по запросу выбирают состав изделия, характеристики узлов и деталей из архива изделий интегрированной системы. Далее для разработки документации по технологическим переделам используются условно-постоянные параметры единой базы данных технологического назначения, с возможностью их дополнения и(или) редактирования. Результаты работы модулей передаются в архив технологических процессов интегрированной системы.

Архивы интегрированной системы содержат информацию о результатах работы модулей:

- структуру изделий;
- характеристики изделий, узлов, деталей;
- расход материалов на изделия;
- технологические процессы изготовления изделий, узлов и деталей.

Определены состав и структуры входных (рисунок 2, а) и выходных данных (рисунок 2, б) интегрированной системы [9]. Входные данные системы делятся на условно-постоянные и переменные. Условно-постоянные данные содержат информацию об основных и вспомогательных материалах, сортаменту заготовок, оборудовании и оснастке, технологических операциях и переходах, КТЭ, КТП, справочного характера.



а) *б)*

Рис. 2. Представление входных и выходных данных в структурированном виде: а – входные данные, б – выходные данные

Выходными данными интегрированной системы являются:

– техпроцессы механической обработки, холодной штамповки, раскроя, нанесения лакокрасочных и гальванических покрытий, сборки с выходными документами;

– УП для оборудования с ЧПУ.

Автоматизированное проектирование технологических процессов механической обработки в интегрированной системе осуществляется комбинированным методом [11], сущность которого заключается в следующем:

– для деталей, поддающихся группированию по конструкторско-технологическим признакам, – проектирование автоматическим методом на базе КТП с доработкой (при необходимости) полуавтоматическим и диалоговым методами с использованием (или без использования) метода структурного синтеза;

– для деталей, не поддающихся группированию по конструкторско-технологическим признакам или не обеспеченных КТП по тем или иным причинам, – проектирование диалоговым методом, в том числе методом структурного синтеза с использованием КТЭ;

– для деталей, у которых одна часть КТЭ поддается группированию, а другая – не поддается, – проектирование комбинированным методом, при

котором первая часть технологического процесса формируется в автоматическим методом, другая часть – диалоговым

– методом, в том числе методом структурного синтеза с использованием КТЭ, обработка которых не предусмотрена в КТП;

– для деталей, входящих в технологическую группу, – проектирование методом «по аналогу», при условии наличия в САПР ТП спроектированного ранее технологического процесса на деталь-аналог.

Для реализации метода структурного синтеза в интегрированной системе была разработана база данных КТЭ, в основу которой вошла библиотека КТЭ, содержащая 46 видов различных поверхностей (плоские, отверстия, пазы, канавки и т.д.) со схемами их обработки с операциями лазерной и плазменной резки, а также условиями выбора оптимальных схем обработки в зависимости от требуемой точности. Для определения условий выбора оптимальных схем обработки были проведены экспериментальные исследования. Объектом наблюдений при экспериментальных исследованиях геометрической точности обработанных поверхностей выбрана величина действительного диаметрального размера. Качество обработанных поверхностей оценивалось по параметру Ra шероховатости поверхности (среднее арифметическое отклонение профиля) реза.

Экспериментальные исследования проводили на участке плазменной и лазерной резки базового предприятия. Оборудование, на котором проводили вырезку заготовок:

– плазменную – портальный станок для плазменной и газовой резки VanadProxima (Portal) HDSeries;

– лазерную – консольный станок для лазерной резки VANAD MIRON LASER (Fiber). Из листового металлопроката 345-09Г2С-св-2 ГОСТ 19281-89 различной толщины плазменной и лазерной резкой вырезали заготовки деталей круглой формы определенных диаметров (по 5 штук на определенный диаметр из листов каждой толщины), на которых измеряли диаметральный (DФ) размер и параметр Ra шероховатости поверхности реза. По фактической величине диаметров вычисляли отклонения от номинальных размеров (мм). Плазменная резка выполнялась на следующих режимах: ширина реза - 3 мм; точность позиционирования – 0,02 мм; сила тока – 200-400А. Варьируемые факторы при плазменной резке: толщина листового материала (5; 12; 30; 48; 55 мм), радиус реза (15; 40; 100; 160; 185 мм).

Лазерная резка выполнялась на следующих режимах: ширина реза - 0,5 мм; точность позиционирования – 0,02 мм; мощность лазера – 2,5 кВт. Варьируемые факторы при лазерной резке: толщина листового материала (3; 6; 14; 22; 25 мм), радиус реза (3; 16; 48; 80; 93 мм).

Измерение действительных диаметральных размеров и уклона проводили по ГОСТ 26433.1-89 с использованием электронного штангенциркуля ШЦЦ-1-300 0,01мм. Параметр Ra шероховатости поверхности измеряли с использованием профилометра MITUTOYO SJ-201P.

Результаты и обсуждение. Учитывая результаты экспериментальных исследований, сформулированы граничные условия назначения технологических операций термической резки в технологические процессы их изготовления:

- при плазменной резке 14-й квалитет точности (для любой толщины листа), шероховатость Ra16.0 мкм (для листов толщиной менее 12 мм);

- при лазерной резке 12-й квалитет точности квалитет точности, шероховатость Ra10.0 мкм.

Результаты исследований позволили разработать рациональные схемы обработки и установить технологические условия назначения операций термической резки, создать базу данных и библиотеку КТЭ, необходимую при проектировании технологических процессов изготовления деталей машин из металлопроката методом структурного синтеза.

Структура библиотеки КТЭ приведена на рисунке 3. Фрагмент библиотеки КТЭ приведен в таблице 1.

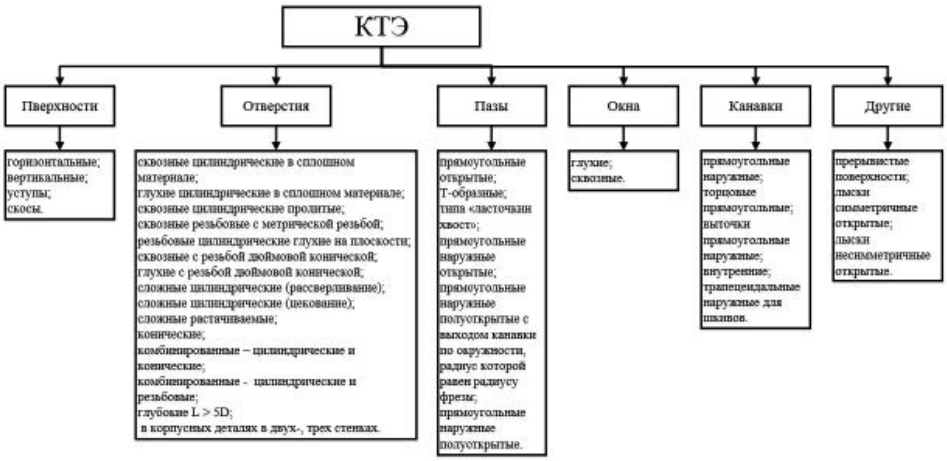
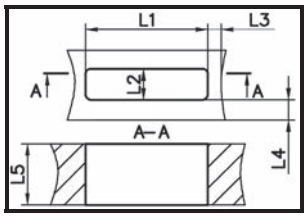


Рис. 3. Структура библиотеки КТЭ

Таблица 1

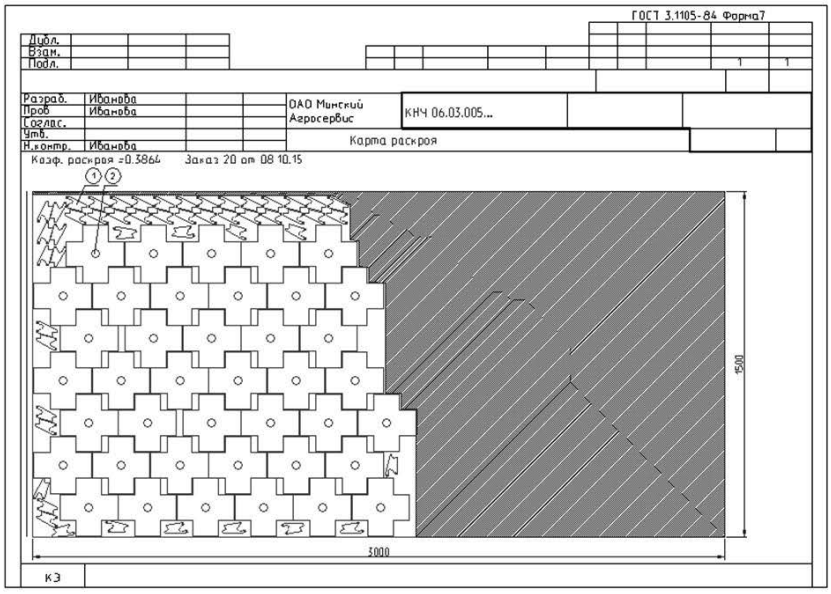
Фрагмент библиотеки КТЭ

КТЭ	Условия выбора КТЭ	Варианты маршрута обработки КТЭ
КТЭ - окно в сплошном материале на плоской поверхности 	Шероховатость поверхности окна Ra≥3.2	– фрезерование концевой фрезой или долбление (сквозные) – фрезерование концевой фрезой
	Шероховатость поверхности окна Ra≥10.0 S≤25 мм Квалитет 12 и ниже	– фрезерование концевой фрезой или долбление (сквозные) – фрезерование концевой фрезой
		– лазерная резка – фрезерование концевой фрезой
	Шероховатость поверхности окна Ra≥16.0 25 мм <S≤ 55 мм Квалитет 14 и ниже	– фрезерование концевой фрезой или долбление (сквозные) – фрезерование концевой фрезой
		– плазменная резка – фрезерование концевой фрезой

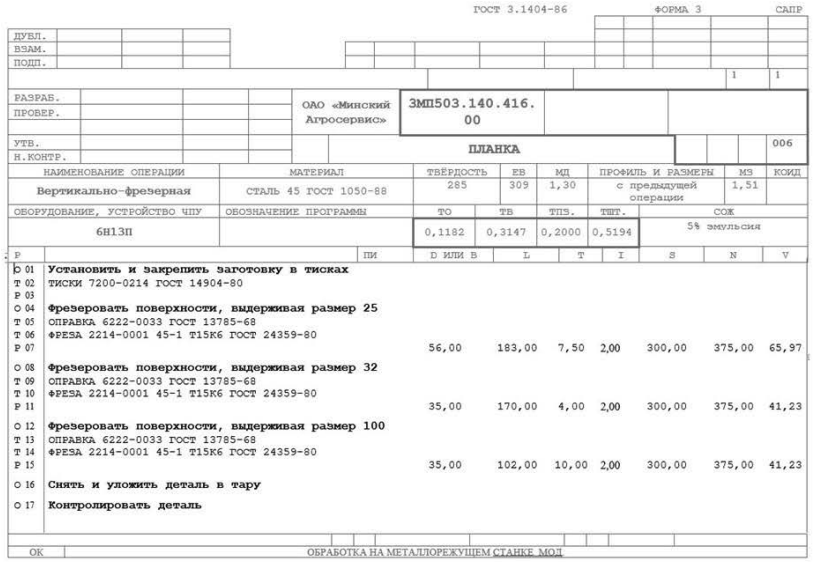
На рисунке 4 показаны результаты работы модуля фигурного раскроя (а) и механической обработки (б) – фрагменты выходных технологических документов.

Выводы. Технологические возможности современного оборудования термической резки листового материала, оборудования для раскроя прямоугольных деталей на гильотинных ножницах, а также раскроя круглого и профильного проката на разрезных станках значительно расширились, что позволяет во многих случаях производить обработку отверстий, окон, контуров деталей окончательно с обеспечением заданных чертежом требований точности и шероховатости поверхностей.Отсутствие механического воздействия на обрабатываемый материал, возможность раскроя сложных контуров деталей из листового материала с обеспечением необходимой точности взаимного расположения вырезаемых контуров заготовки являются

посылкой использования способов термической резки совместно с операциями механической обработки в единых технологических процессах.



а)



б)

Рис. 4. Фрагменты выходных технологических документов:
а – модуля фигурного раскроя, б – модуля механической обработки

Предложенная концепция автоматизации сквозного проектирования технологических процессов изготовления деталей из металлопроката для сельскохозяйственной техники учитывает технологические возможности современного оборудования, базируется на интеграцию систем САПР “Раскрой”, автоматизированного проектирования САПР ТП МО и САПР УП и включает систематизацию входных данных, использование комплексных технологических процессов и их формализацию, создание единой базы данных. Разработана структура интегрированной САПР ТП раскроя ли-

стового металла и механической обработки заготовок, ориентированной на проектирование технологических процессов в автоматическом режиме. Использование в САПР комплексных технологических процессов не требует высокой квалификации технологов предприятия, так как в КТП заложена база знаний опытных специалистов. Структура интегрированной САПР ТП использована при разработке алгоритмов и программного обеспечения. Внедрение САПР ТП на предприятиях сельскохозяйственного машиностроения позволит улучшить качество технологических процессов изготовления деталей из листовых сталей, уменьшить сроки их разработки в 3…10 раз [9] в зависимости от сложности деталей, что в свою очередь, обеспечит:

– сокращение сроков подготовки производства на 20-25%;
– экономию металлопроката на 5-10%;
– снижение брака на 10-15%;
– повышение загрузки оборудования на 15-20% [11].

Библиографический список

1. Черепанов, С.С. Использование земледельческих агрегатов / Ч 1,2. М.: «Росинформагротех», 2000. – 668 с.

2. Сайганов, А.С. Этапы развития вторичного рынка сельскохозяйственной техники в системе АПК и обоснование его емкости / А.С. Сайганов // Аграрная экономика. 2013. № 7. С. 54-59.

3. Основы автоматизации машиностроительного производства / Под. ред. Ю.М.Соломенцева. – Москва : Высшая школа, 1999. 312 с.

4. Акулович Л.М., Шелег В.К. Основы автоматизированного проектирования технологических процессов в машиностроении. Минск: Новое знание; М. : ИНФРА-М, 2012. 488 с.

5. Норенков, И.П. Основы автоматизированного проектирования / И.П. Норенков – Москва : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. 430с.

6. Лазерные комплексы [Электронный ресурс] : Серия ПРО / Сайт производителя. Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: http://www.lasercomp.ru/ Дата доступа: 12.12.2016.

7. Система автоматизированного проектирования технологических процессов механической обработки деталей PRAMEN. Руководство пользователя. ОРГС 4664.013.ИЗ. – Минск : ОАО «Институт Белоргстанкинпром», 2014. 135 с.

8. Гривачевский, А.Г., ЕрмашкевичД.Б., Кулик Р.Л. , Штейн Б.М. Функциональная структура системы автоматизированного проектирования технологических процессов для машиностроительных предприятий // Проблемы создания информационных технологий : Москва : «Техполиграфцентр» , 2014. Вып. 25. С.39-44.

9. Акулович Л.М. ,Ермашкевич Д.Б Методические основы интеграции систем автоматического проектирования технологических процессов резки заготовок из листа и их механической обработки // Агропанорама. 2014. №1 (101). С.43-46.

10. Акулович, Л.М., Ермашкевич Д.Б. Автоматизация раскроя заготовок деталей из профильного металлопроката // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. фіз.-техн. навук. 2017. № 1. С.76-84.

11. Акулович, Л.М., Ермашкевич Д.Б. Комбинированный метод автоматизированного проектирования технологических процессов изготовления деталей машин // Вестник Белорусско-российского университета. 2017. №2 (55). С.5-15.

References

1. Cherepanov S. Ispolzovanie zemledelcheskih agregatov [The exploitation of

agricultural aggregates] / Part 1,2. M.: FGNU «Rosinformagroteh», 2000. 668 p. (in Russian)

2. Saiganov A. Etapy razvitiya vtorichnogo rynka selskohozyaistvennoy tehniki v sisteme APK I obosnovanie ego emkosti [The stages of development of the secondary market of agricultural machinery in the agricultural sector and justification of its capacity] // Agrarnaya economica [Agricultural economics]. 2013, no. 7, pp. 54–59. (in Russian)

3. Solomencev U. Osnovy avtomatizaciyi mashinostroitel'nogo proizvodstva [Basics of automation machinebuilding production]. Moscow, Vyshaya shkola, 1999. – 312 p. (in Russian)

4. Akulovich L., Sheleg V. Osnovy avtomatizirovannogo proektirovaniya tehnologicheskih processov v mashinostroenii / [Fundamentals of the automated designing of technological processes in mechanical engineering]. Minsk, Novoe znanie M.,INFRA-M, 2012, 488 p.

5. Norenkov I. Osnovy avtomatizirovannogo proektirovaniya [Fundamentals of the automated designing]. Moscow, Izdatel'stvo MGTU im. N. E. Baumana, 2009, 430 p. (in Russian)

6. Lazernye komplexy [Lazer complexes]. Access mode: http://www.lasercomp.ru/, access date: 12.12.2016 (in Russian)

7. Sistema avtomatizirovannogo proectirovaniya tehnologicheskih processov mehanicheskoy obrabotki detaley PRAMEN. Rukovodstvo polzovatelya. ORGS 4664.013. I3 [Computer-aided design of technological processes of machining parts.User manual. ORGS 4664.013.I3]. Minsk, OAO «Institute Belorgstankinprom», 2014, 135 p. (in Russian)

8. Grivachevskiy A., Yermashkevich D., Kulik R., Shtein B. Funkcionalnaya structura sistemy sistemy avtomatizirovannogo proektirovania tehnologicheskih processov dlya mashinostroitelnyh predpriyatiy [Functional structure of the automated design system of technological processes of machine-building enterprises] // Problemy sozdaniya informacionnyh tehnologiy : sb. nauchnyh trudov [coll. of scientific works]. Moscow, OOO «Tehpoligrafcentr», 2014, issue 25, pp. 39–44. (in Russian)

9. Akulovich L., Yermashkevich D. Metodicheskie osnovy integracii avtomaticheskogo proectirovaniya tehnologicheskih processov rezki zagotovok iz lista I ih mehanicheskoy obrabotki [The methodological principles of integration of automated design of technological processes of cutting blanks from the sheet and their mechanical processing] // Agropanorama [Agropanorama]. 2014, no. 1(101), pp. 43–46. (in Russian)

10. Akulovich L., Yermashkevich D. Avtomatizaciya raskroya zagotovok detaley iz profilnogo metalloprocata [Automation of cutting of workpieces details from profile rolled metal] // Vesti Natsyyanal'nay akademii navuk Belarusi. Seryya fizika-tachnichnych navuk [Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Physical-technical series], 2017, no. 1, pp. 76-84. (in Russian)

11. Akulovich L., Yermashkevich D. Kombinirovannyi metod avtomatizirivannogo proektirovaniya tehnologicheskih processov izgotovleniya detaley mashin [The combined method of automated designing of technological processes of manufacturing of details of machines from profile rolled metal]// Vestnik Belorussko-rossiiskogo universiteta [Bulletin of the Belarusian-Russian University]. 2017, no. 2 (55), pp. 5-15. (in Russian)

УДК 65.01; 658.562

ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ТРМ

Алексей Зиновьевич Аксенов, руководитель Рязанского отделения
e-mail: axalex77@yandex.ru;
Владимир Андреевич Фатькин, кандидат технических наук,
доцент, e-mail: axalex77@yandex.ru,
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,
Российская Федерация

Реферат. *В статье рассматриваются вопросы построения систем технического обслуживания (ТО) на основе методов ТРМ (total productive maintenance - всесторонняя поддержка производства). В Японии в 90-е годы прошлого века на предприятиях внедрялись методы ТРМ. Эффективность системы ТРМ подтверждают успехи её внедрения в таких компаниях, как Daimler-Chrysler, Ford, General Motors, Motorola, Philips, Bosch, Siemens; Toyota, Kodak, Harley - Davidson и др. Сложные условия работы сельскохозяйственных машин приводят к их поломке. Механизмы теряют свои первоначальные свойства, детали машин стареют и теряют прочность. Снижается работоспособность сельскохозяйственной техники. Для продления сроков службы машин в эксплуатации используется система обслуживания, основанная на профилактическом обслуживании техники. Современное, высокотехнологичное оборудование требует высокий уровень знаний персонала и современной системы взаимоотношениями между работниками. Методы ТРМ могут применяться не только на промышленных предприятиях, но и в строительстве, транспортных перевозках и т.п. Цель ТРМ - повысить общую эффективность за счёт сокращения числа переналадок, остановок и поломок. Целесообразно использовать данный метод при организации технического обслуживания в эксплуатации. Система подразумевает, что ремонтный персонал находится в эксплуатирующих организациях, а централизованная служба постоянно работает по управлению и организации в работы по ТО. Для оборудования должны быть определены виды и периодичность работ по ТО и ремонтам. Для ремонтников должен быть выполнен анализ неисправностей, характерных для оборудования. Вся система ТО направлена на устранение потерь: рабочего времени, энергии, сырья, материалов и времени на ремонт. Предложены обобщающие показатели оценки. Сформулированы этапы построения и принципы формирования структур на основе методов ТРМ. Методы ТРМ позволяют обеспечить наивысшую эффективность работы техники на протяжении всего жизненного цикла.*

Ключевые слова: *техническое обслуживание, метод ТРМ, всесторонняя поддержка производства, обслуживание техники в эксплуатации, планово-предупредительный ремонт.*

CONSTRUCTION OF THE MAINTENANCE SYSTEM BASED ON TPM METHODS

Alexey Z. Aksenov, Vladimir A. Fatkin,
Federal state budgetary scientific institution
"The Federal agricultural research center VIM»

Abstract. *The article examines the construction of systems of technical maintenance that based on the methods of TPM (total productive maintenance). In Japan, in the 90-ies of the last century, the enterprises introduced the methods of TPM. The effectiveness of the TPM system confirm the success of its implementation in companies such as Daimler-Chrysler, Ford, General Motors, Motorola, Philips, Bosch, Siemens, Toyota, Kodak, Harley - Davidson etc. Complex working conditions of agricultural machinery lead to their failure. Mechanisms lose their original properties, machine parts age and lose strength. The efficiency of agricultural machinery is reduced. To extend the service life of machines in operation, a maintenance system based on preventive maintenance of equipment is used. Modern, high-tech equipment requires a high level of knowledge of staff and a modern system of relationships between employees. The methods of TPM can be used not only in industrial enterprises, but also in construction, transport, etc. The purpose of the TPM is to improve overall efficiency by reducing the number of changeovers, stops and breakdowns. It is advisable to use this method when organizing maintenance in operation. The system implies that the maintenance personnel are in the operating organizations, and the centralized service is constantly working on the management and organization of work on the. For the equipment types and frequency of works on maintenance and repairs shall be defined. For repairmen should be performed fault analysis, typical equipment. The whole system is aimed at eliminating losses: working time, energy, raw materials and time for repair. The generalizing indicators of an assessment are offered. Stages of construction and principles of formation of structures on the basis of methods of TPM are formulated. Methods of TPM allow to provide the highest efficiency of work of equipment throughout a life cycle.*

Keywords: *maintenance, TPM method, comprehensive production support, maintenance of equipment in operation, preventive maintenance.*

Введение. Сложные условия работы сельскохозяйственных машин приводят к возникновению динамической нагрузки отдельных соединений и их поломке из-за попадающих в трущиеся узлы пыли, грязи. Под действием высоких температур, попадания в смазочные вещества посторонних примесей детали и механизмы теряют свои первоначальные свойства, что увеличивает их износ. В результате механического износа и ослабления креплений при работе нарушается регулировка машин, происходят некоторые изменения взаимного расположение деталей. Детали машин стареют, теряют свою первоначальную прочность. Большой износ, особенно при длительном не использовании машин вызывает коррозия металлов. В результате этих причин машина теряет свою работоспособность, преждевременно выходит из строя, чем наносится большой ущерб [6,7].

Для уменьшения влияния этих факторов и продления сроков службы машин разрабатывается обязательный комплекс планово-предупредитель-

ной системы обслуживания машинно-тракторного парка. В эксплуатации используется система обслуживания, основанная на профилактическом обслуживании техники. В рамках этой системы составляются планы технических мелких, средних и капитальных ремонтов. При тенденции в настоящее время постоянного сокращения различных служб предприятий потери из-за несвоевременных наладок, исправления возникших поломок оборудования усугубляют недостатки обслуживания, и изношенное оборудование требует все больших затрат.

Наибольшего внимания заслуживает аспект: как обслуживать и эксплуатировать оборудование. Современное, как правило, высокотехнологичное оборудование требует соответствующего уровня знаний персонала и новой системы взаимоотношениями между работниками, связанными с этим оборудованием Выстраивание системы отношений - сложная, требующая длительного времени задача.

В Японии в 90-е годы прошлого века на заводах внедрялись методы ТРМ (total productive maintenance - всесторонняя поддержка производства). ТРМ это обслуживание оборудования, позволяющее обеспечить его наивысшую эффективность на протяжении всего жизненного цикла с участием всего персонала. Эффективность системы ТРМ подтверждают успехи в результате её внедрения в таких известных компаниях, как Daimler-Chrysler, Ford, General Motors; Motorola. Delco, Philips, Bosch. Siemens; Toyota, Eastman Kodak, Harley - Davidson и др. Все эти компании увеличили производительность при помощи ТРМ. Например, компания Eastman Kodak при вложении $5 млн. во внедрение программы ТРМ увеличила прибыль на $16 млн. Система ТРМ оставалась закрытой разработкой до 1980 года, когда было опубликовано первое описание её на английском языке [1,2,3,4].

Концепция ТРМ это концепция технического обслуживания оборудования для достижения наивысшего экономического эффекта. Программа ТРМ может применяться не только на промышленных предприятиях, но и в строительстве, при транспортных перевозках и во множестве других ситуаций. Цель ТРМ - повысить общую эффективность за счёт сокращения числа переналадок, остановок и поломок и возникает вопрос о возможности использования данного метода при организации технического обслуживания (ТО) и ремонте техники в эксплуатации. [3,5,10]

В зависимости от сложности используемого оборудования, наличия и числа «узких мест», квалификации ремонтников, возможностей замены изношенного оборудования, характера эксплуатации производится выбор и обоснование системы ТО. Для Российской Федерации наиболее характерен большой процент изношенного оборудования, низкие темпы обновления оборудования и невысокий уровень квалификации персонала, что вызывает потребность во всех видах его ремонта и обслуживания. Система подразумевает, что ремонтный персонал находится в эксплуатирующих организациях для оперативного решения возникающих проблем по техническому обслуживанию, а централизованная служба постоянно работает по управлению и организации в работы по техобслуживанию.

Для оборудования должны быть определены виды и периодичность работ по обслуживанию и мелким ремонтам. По этим работам должны быть разработаны наглядные карты, схемы, инструкции для использования на рабочих местах. Для выполнения этих работ необходимо оснащение инструментом, необходимым материалы и комплектующие.

Для формирования бригад ремонтников должен быть выполнен анализ неисправностей, характерных для оборудования и с учетом этого выбран состав и численность бригады и специализация ремонтников. В условиях подобного обслуживания численность закрепленных ремонтников может быть существенно уменьшена, но их квалификация должна быть повышена. Загруженность такой службы обычно неравномерная, поэтому в моменты пика работ могут привлекаться сотрудники других подразделений.

Обслуживание техники в эксплуатации с позиций ТРМ предполагает повышение эффективности системы ремонта за счёт ликвидации всех потерь, препятствующих повышению эффективности, как работы человека, так и использования оборудования, энергии, сырья и инструментов. Отдельные улучшения, как и вся система ТО, направлены на устранение основных видов потерь, снижающих эффективность работы которые можно разделить на 3 группы:

- потери времени функционирования оборудования;
- потери рабочего времени;
- потери энергии, сырья, материалов и времени на ремонт. [7,8,9]

Исходя из концепции ТРМ к основными видами потерь, снижающими эффективность систем ТО относятся следующие:

1. Потери, вызванные поломками машин и механизмов. Следствием этого является увеличение затрат на ремонт.
2. Потери при наладке связанные с затратами времени на наладку оборудования.
3. Потери при замене элементов конструкции.
4. Потери при запуске. Потери этого вида наблюдаются при пуске оборудования после капитального ремонта или остановки на ТО.
5. Потери от приостановок и холостого хода из-за кратковременной остановки оборудования при ремонте, регулировке, при проведении ТО.
6. Потери вследствие брака и переделок в процессе ТО.
7. Потери при измерениях и наладке. Уменьшить это время реально можно за счёт качества ремонта.
8. Потери из-за некачественного управления. Например, из-за простоев по причине отсутствия запасных частей, несвоевременного принятия управленческих решений и плохого планирования.
9. Потери при перемещении запасных деталей из-за нерациональной работы транспорта и организации логистики при проведении ТО.
10. Потери от неплановых остановок из-за недостатков в организации ТО (например, простоя из-за ожидания ремонтников, несогласованной работы и т. п.).
11. Потери вспомогательных материалов из-за частого контроля продукции, наладки оборудования, связанных с низкой стойкостью инструмента и затратами времени на частое измерение и наладки.
12. Потери энергии (электрической энергии, топлива, пара, горячей воды, сжатого воздуха).
13. Потери из-за необходимости ремонта инвентаря и вспомогательного оборудования. Ремонтируется сборочный инструмент, транспортные устройства и др. [1,2,4].

Группам (бригадам) по ТО необходимо учитывать возможность каких-либо из указанных затрат и необходимо их минимизировать.

Как и в производственной системе на процесс ТО влияют четыре фак-

тора – 4М: Методы (Methods), Человек (Man), Материалы (Materials), Оборудоание(Machine)

Средства достижения целей совершенствования ТО приведены на рис. 1.

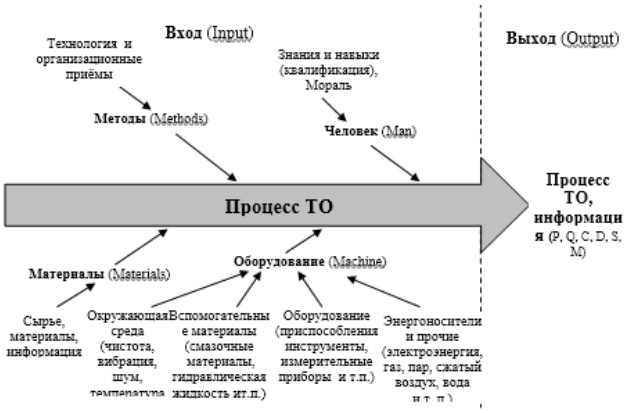


Рис. 1 Цели ТО и средства его достижения

Цель развёртывания системы ТО при этом за счёт приведения в идеальное состояние 4 факторов получить максимально возможный результат в отношении:

- производительности работ по ТО оборудования в эксплуатации (Productivity — P),
- качества обслуживания оборудования при эксплуатации (Quality — Q),
- себестоимости ТО оборудования в эксплуатации (Cost — C),
- сроков ТО (Delivery — D),
- безопасности рабочих мест и окружающей среды при ТО (Safety — S)
- инициативы персонала (Moral — M) при минимальном использовании человеческих, материальных и финансовых ресурсов.

Таким образом, эта цель достигается посредством проведения работ по семи основным направлениям (табл. 1.).

Таблица 1

Цели развёртывания системы ТО

№ п/п	Направление	Цель
1	Планово предупредительный ремонт и техническое обслуживание	Обеспечение управления оборудованием на протяжении его жизненного цикла
2	Отдельные улучшения	Повышение эффективности всех видов ресурсов на основе рационального их использовании, сведения к нулю существующих видов потерь
3	Повышение квалификации ремонтного персонала	Воспитание персонала, обладающего высоким уровнем мастерства в эксплуатации оборудования
4	Управление новым продуктом	Разработка новых продуктов по принципу «просто для эксплуатации»
5	Окружающая среда, охрана труда	Обеспечение безопасности продукта, соблюдение правил безопасности при эксплуатации, реализация системы управления охраной труда,
6	ТО в управленческих и обслуживающих структурах	Учет работы систем ТО управленческих и обслуживающих структур
7	Планирование и учет затрат на внедрение системы ТО	Обеспечение эффективности финансовых вложений в деятельность по внедрению ТО

Складывается следующее назначение и содержание системы ТО при использовании методов ТРМ:

1. Целью ТО является создание ремонтно-эксплуатационной службы предприятия, которая постоянно стремится к предельному и комплексному повышению эффективности работ по обслуживанию эксплуатирующих организаций.

2. Средством достижения цели служит создание механизма, который, охватывая непосредственно рабочие места, ориентирован на предотвращение всех видов потерь, на протяжении всего жизненного цикла производственной системы включая эксплуатацию.

3. Для достижения цели задействуются все подразделения предприятия, но, прежде всего, связанные с эксплуатацией продукции.

4. В достижении цели участвует весь персонал - от высшего руководителя до работника «низшего звена» [1,2,3].

Деятельность по развёртыванию ТО должна вестись по ряду направлений, охватывающих не только ремонтно-эксплуатационную службу, но и различные подразделения предприятия. Ниже приведён перечень этих направлений: техническое обслуживание и планово-предупредительный ремонт, отдельные улучшения, повышение квалификации ИТР и ремонтников, планирование и учёт затрат на внедрение ТО, деятельность по улучшению качества ТО, самостоятельное обслуживание оборудования персоналом предприятия - потребителя. На рис. 2 показан вариант организационной структуры, для функционирования системы ТО.

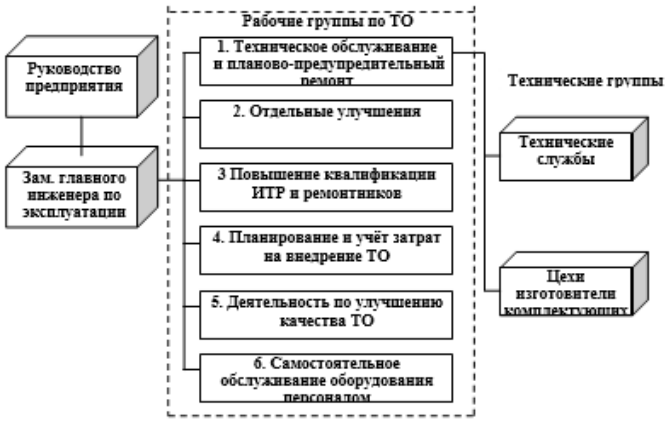


Рис. 2. Организационная структура функционирования системы ТО

Эффективность ТО характеризуется, прежде всего, степенью уменьшения основных видов потерь на предприятии изготовителе и предприятии потребителе. Для оценки могут использоваться такие известные показатели, как повышение производительности, уменьшение себестоимости, времени простоев оборудования, затрат на содержание оборудования, процента брака, времени перехода на выпуск новой продукции и др.

Оценка эффективности применения системы ТО должна производиться регулярно. В качестве показателей эффективности ТО следует принять степень уменьшения наиболее существенных потерь. [4-6].

Обобщающим показателем изменения потерь для предприятия – потребителя может служить коэффициент общей эффективности оборудования, связь которого с основными видами потерь и порядок расчёта приведены в (1)

Общая эффективность оборудования = Загруженность по времени x Загруженность по мощности x Коэффициент выхода годных изделий (1)

Обобщающим показателем изменения эффективности ТО для предприятия – изготовителя может служить Загруженность по скорости проведения ТО, приведена в (2).

Загруженность по скорости=Нормативное время ТО//Фактическое время ТО (2)

Состояние оборудования в эксплуатации, степень использования его возможностей в условиях воздействия внешней среды в значительной степени определяют степень эффективности и уровень качества выполняемых работ, поэтому вопросам оценки состояния оборудования в эксплуатации, поддержания его на заданном уровне необходимо уделять серьезное внимание. Для этого и целесообразно использование методов ТРМ при проведении ТО в эксплуатации.

Библиографический список

1. Мора Э. Стоимость внедрения ТРМ // Методы менеджмента качества. - 2003. №3. С.45- 47.

2. Пшенников В. В. ТРМ в Германии // Методы менеджмента качества. 2003. №3. С.41-44.

3. Пшенников В.В. Качество ТРМ, или о предельной эффективности промышленного оборудования // Методы менеджмента качества. 2001. №10. С.5-11.

4. Швец Е. А. ТРМ - эффективность оборудования в XXI веке // Методы менеджмента качества. 2002. №12.С.29-31.

5. Андерсен, Б. Бизнес-процессы. Инструменты совершенствования / Б. Андерсен; пер. с англ. С.В. Ариничева; науч. ред. – Ю.П. Адлер. М.: РИА «Стандарты и качество», 2003. 272 с.

6. Швец В. Е. Измерение процессов в системе менеджмента качества: опора на стратегию и структуру// Сертификация. 2003. №1. С.17-21.

7. Репин В. В. Опыт внедрения системы управления бизнес-процессами // Методы менеджмента качества. 2003. №5. С.12- 17.

8. Фатькин В.А. Об организационном совершенствовании на основе процессного подхода // Методическое обеспечение подготовки и выполнения проектов, предназначенных для международного технологического сотрудничества-2009. Всероссийская конференция с элементами научной школы: Материалы конференции Москва, 2009г.

9. Фидельман Г. Н., Дедиков С. В. Бизнес-процессы и изменение организации // Методы менеджмента качества. 2002. №1,2. С.11-14; С.14-18.

10. Гарднер Р. Десять уроков по улучшению процессов для руководителей // Методы менеджмента качества. 2003. №7. С.16-21.

References

1. Mora E. The cost of implementing TPM // Methods of quality management. - 2003. №3. p. 45-47.

2. Pshennikov VV TPM in Germany // Methods of quality management. 2003. №3. p.41-44.

3. Pshennikov V.V. Quality TPM, or the marginal efficiency of industrial equipment //

Methods of quality management. 2001. №10. p.5-11.

4. Shvets E.A. TPM - the effectiveness of the equipment in the XXI century // Methods of Quality Management. 2002. № 12. p.29-31.

5. Andersen, B. Business processes. Improvement tools / B. Andersen; trans. with English. S.V. Arinicheva; sci. Ed. - Yu.P. Adler. Moscow: RIA "Standards and quality", 2003. 272 p.

6. Shvets V.E. Measurement of processes in the quality management system: reliance on strategy and structure // Certification. 2003. №1. p.17-21.

7. Repin V.V. Experience of implementing a business process management system// Methods of quality management. 2003. №5. p.12-17.

8. Fatkin V.A. On organizational improvement based on the process approach / Methodological support for the preparation and implementation of projects designed for international technological cooperation-2009. All-Russian conference with elements of a scientific school: Proceedings of the conference Moscow, 2009.

9. Fidelman G.N, Dedikov SV Business processes and organization change // Methods of quality management. 2002. №№1,2. - p.11-14; p.14-18.

10. Gardner R. Ten lessons for improving processes for managers // Methods of Quality Management. 2003. №7.p.16-21.

УДК 631.173

СПОСОБ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА НАДЕЖНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ GPS/ГЛОНАСС

Михаил Николаевич Костомахин, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник;
Артем Николаевич Воронов, соискатель, научный сотрудник
e-mail: gosniti@bk.ru;
Рашид курбанович Курбанов, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник;
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ
Москва, Российская Федерация

Реферат. *В статье представлен анализ систем дистанционного мониторинга технического состояния машинно-тракторного парка, рассмотрены возможности наиболее рационального применение этих систем для сбора информации о надежности мобильной сельскохозяйственной техники. В статье рассмотрен принцип работы систем дистанционного мониторинга, диагностики и программирования для выявления причин возникновения неисправностей сельскохозяйственной техники. Рассмотрены возможности наиболее рационального применение этих систем для сбора информации о надежности мобильной сельскохозяйственной техники. Установлено, что системы мониторинга позволяют обеспечить автоматизированный контроль необходимых параметров технического состояния агрега¬тов и узлов машин и механизмов, используемых для поиска причин возникновения отказов техники, в период ее эксплуатации на основе документирования фактов работы машины в аварийных или предаварийных режимах работы, за счет обеспечения автоматизированного контроля нахождения в допустимых пределах необходимых контролируемых параметров. Применительно к сельскохозяйственной технике, для повышения эффективности ее использования и обеспечения сохранности ее эксплуатационных свойств на заданном уровне, целесообразно собирать данные о надежности, используя информацию об изменении ее текущего технического состояния, посредством непрерывного мониторинга параметров технического состояния характеризующих износ деталей и сопряжений. Для получения данных измерений, контролируемых диагностических и режимных параметров, целесообразно использовать данные с CAN-шины, а для недостающих применять аналого-цифровые преобразователи (датчики). На основе полученных данных о текущем техническом состоянии машины и наложенной системой допусков, можно оценить в допуске или не в допуске контролируемый параметр, определить количество оставшейся наработки до отказа, а на основе данных об отказах построить закон распределения для групп одноименных деталей и сопряжений, что в конечном итоге позволит собирать данные о надежности техники.*

Ключевые слова: *мониторинг технического состояния, параметр техни-*

ческого состояния, трекер, ресурс, отказ, показатели надежности.

METHOD OF REMOTE MONITORING RELIABILITY OF AGRICULTURAL MACHINERY USING GPS / GLONASS SYSTEMS

Kostomahin Mihail Nikolaevich, Voronov Artem Nikolaevich,
Rashid Kurbanovich Kurbanov,
Federal State Budget Scientific Institution
"Federal Scientific Agro-Engineering Center VIM"

Abstract. *The article presents the analysis of remote monitoring systems for the technical condition of the machine and tractor fleet, the possibilities of the most rational application of these systems for collecting information on the reliability of mobile agricultural machinery are considered. The principle of operation of remote monitoring, diagnostics and programming systems to identify the causes of faults in agricultural machinery is considered in the article. The possibilities of the most rational application of these systems for collecting information on the reliability of mobile agricultural machinery are considered. It is established that the monitoring systems allow to provide automated monitoring of the necessary parameters of the technical state of the aggregates and components of machines and mechanisms used to search for the causes of equipment failures during its operation on the basis of documenting the operation of the machine in emergency or pre-emergency operation modes, automated control of the presence within the permissible limits of the necessary controlled parameters. With regard to agricultural machinery, to increase the efficiency of its use and to ensure the safety of its operational properties at a given level, it is advisable to collect reliability data using information on changes in its current technical condition, by continuously monitoring the technical condition parameters characterizing the wear of parts and interfaces. To obtain measurement data, monitored diagnostic and mode parameters, it is advisable to use data from the CAN bus, and for the missing, use analog-to-digital converters (sensors). Based on the received data on the current technical condition of the machine and the imposed tolerance system, it is possible to assess the admissible or unacceptable controlled parameter, determine the amount of the remaining operating time to failure, and on the basis of failure data, construct a distribution law for groups of like parts and interfaces, Finally, it will allow to collect data on the reliability of equipment.*

Keywords: *agricultural machinery, technical condition monitoring, technical condition parameter, tracker, resource, failure, reliability indicators.*

Введение. В процессе эксплуатации сельскохозяйственной техники, происходит изменение ее технического состояния, вызванное процессами изнашивания, коррозии, механических напряжений и пр., что приводит к отказам, т.е. событиям, связанным с нарушением работоспособности техники. Данные об отказах определяют количественные характеристики надежности машин. Так как отказы одноименных элементов машин происходят после различной наработки, то надежность машин выражается в значительном рассеивании ресурсов элементов и машин в целом [1]. Для обеспечения заданных требований надежности необходимо знать: как будет изменяться техническое состояние эксплуатируемой машины (системы); как будут изменяться скорости процессов изнашивания деталей и сопряжений; какими

будут интервалы рассеивания ресурсов элементов в зависимости от режимов работы, условий эксплуатации и качества системы ремонтно-обслуживающих воздействий.

Цель исследования – для решения данной задачи необходимо, в совокупности как можно точнее, собирать данные о надежности. Применительно к надежности сельскохозяйственной техники задача по определению показателей сводиться в основном к определению вероятности безотказной работы P(t) и срока службы машины (ресурса), в тех или иных условиях эксплуатации. Наиболее удачными характеристиками надежности являются вероятность безотказной работы, интенсивность отказов и средняя частота отказов. Так как указанные характеристики, однозначно связаны с ресурсом и между собой, то достаточно знать одну из них, а остальные, если это необходимо, могут быть вычислены. Таким образом, является актуальной задача по совершенствованию стратегии сбора информации о надежности техники в течении всего срока службы.

Как известно, наиболее достоверные данные о надежности техники можно получить статистической обработкой массовой информации с мест эксплуатации, когда для определения основных показателей надежности (безотказности и долговечности) проводят испытаний до отказа всех элементов машины (деталей, узлов, агрегатов) испытуемой партии [2]. Однако проведение таких испытаний требует значительных затрат, что экономически нецелесообразно. Наиболее достоверным и менее затратным является способ получения информации о надежности при наблюдении в рядовой эксплуатации, при этом техника используется по назначению совершая полезную работу. При этом наблюдения, в силу рассеивания наработок до физических отказов деталей машин, должны быть значительной продолжительности, что нецелесообразно.

Материалы и методы. Сбор информации о надежности, также может осуществляется на основе информации об изменении текущего технического состояния деталей и сопряжений машин, которое в свою очередь характеризуется значениями ресурсных параметров технического состояния [3-5]. Так как изменение значения ресурсного параметра до его предельного значения, будет характеризовать отказ, то контроль значения параметра сводится к определению момента времени (наработки) достижения параметром его предельной величины (рисунок 1).

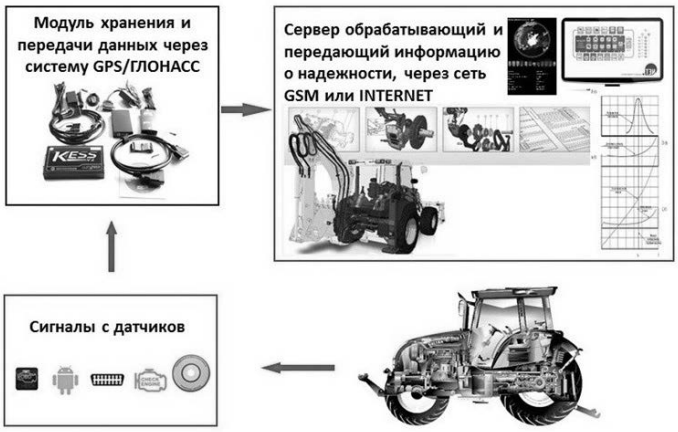


Рис. 1. Сбор информации о надежности трактора с помощью ПТС

При расчете показателей надежности эксплуатируемой техники, на основе контроля параметров технического состояния, необходимо иметь возможность считывать, преобразовывать и передавать для последующей обработки аналоговые и цифровые сигналы с датчиков контроля ресурсных параметров, при известных предельных и допускаемых отклонениях контролируемых параметров, характеризующих износ деталей и соединений.

Полученные данные должны обрабатываться по определенному алгоритму [6], для расчета количественных локальных показателей ресурса и определения количества отказов детали или узла (рисунок 2).

Рис. 2.Блок схема алгоритма расчета локальных показателей надежности

Данные об отказах определяют количественные характеристики долговечности и безотказности группы одноименных деталей, которые рассчитываются из анализа полученных статистических данных.

Вероятность отказа машины, в определенный момент времени, определяется соотношением текущего значения параметра детали или узла в целом, с допускаемым его значением, путем построения текущей кривой характеристики и расхождения этой кривой с номинальной, для группы одноименных деталей. Полученные данные и расчетные зависимости целесообразно обрабатывать в стороннем программном обеспечении, с последующим расчетом вероятности отказа и количестве оставшейся наработки машины до отказа [7].

Таким образом, становится актуальным задача по сбору информации об отказах и построении закона распределения ресурса для групп одноименных деталей и сопряжений при работе техники, что в конечном итоге позволит собирать данные о надежности. Решение данной задачи можно осуществить, используя возможности систем дистанционного онлайн-мониторинга, автоматического сбора и анализа информации о техническом состоянии машин в режиме работы.

Системы мониторинга позволяют обеспечить автоматизированный контроль необходимых параметров технического состояния агрегатов и узлов машин и механизмов, используемых для поиска причин возникновения от-

казов техники, в период ее эксплуатации на основе документирования фактов работы машины в аварийных или предаварийных режимах работы, за счет обеспечения автоматизированного контроля нахождения в допустимых пределах необходимых контролируемых параметров [8].

Таким образом можно установить, что самым существенным различием различных систем спутникового мониторинга, представленных на отечественном и зарубежном рынке, является функциональность серверного и клиентского программного обеспечения, возможность разносторонне обрабатывать данные для решения задач, связанных с эффективной работой машины в процессе эксплуатации, однако эти данные не позволяют рассчитывать основные показатели надежности сельскохозяйственных машин.

Таблица 1

Таблица контролируемых параметров в системах диагностики и программирования для выявления причин возникновения неисправностей, передающие диагностические коды неисправностей (DTC) с ЭБУ в блок анализа информации

Контролируемые показатели	От какого структурного параметра зависит	Возможность использования для расчета показателей надежности
Наработка двигателя в моточасах	-	Да
Активные и сохраненные коды неисправностей	-	Нет
Частота вращения к.в. ДВС	-	Нет
Нагрузка двигателя (%)	-	Нет
Доля нагрузки от максимальной при данной частоте вращения	-	Нет
Уровень масла в двигателе	Зазоры в ЦПГ ДВС	Да
Уровень охлаждающей жидкости	Герметичность	Нет
Давление масла в ГММ	Зазоры в КШМ	Да
Давление ОЖ в системе охлаждения	-	Нет
Температура охлаждающей жидкости	-	Нет
Температура топлива	-	Нет
Температура масла в системе смазки	-	Нет
Температура промежуточного охладителя наддувочного воздуха	-	Нет
Температура наддувочного воздуха	-	Нет
Температура воздуха во впускном коллекторе	-	Нет
Массовый расход топлива	-	Нет
Массовый расход воздуха	-	Нет
Давление воздуха во впускном коллекторе	Производительность турбины	Нет
Давление наддува	-	Нет
Перепад давления на воздушном фильтре	-	Нет
Давление топлива в системе топливоподачи (давление в рампе)	Производительность насоса	Нет
Температура отработавших газов (ОГ)	Зазоры в ЦПГ	Да
Концентрация кислорода в ОГ	-	Нет
Напряжение в сети	-	Нет
Напряжение аккумуляторной батареи	Плотность электролита	Да
Наличие сажи в масле	-	Нет

Однако, в системах дистанционной (удаленной) диагностики и программирования для выявления причин возникновения неисправностей, применяются встроенные датчики, характеризующие работу машины по косвенным диагностическим параметрам, а для считывания диагностической

информации с электронного блока управления используется интерфейс CAN (Controller Area Network), предназначенный для передачи данных по последовательному интерфейсу от различных узлов машины [9]. Для подключения к CAN - шине диагностической системы и считывания данных с бортовой системы можно использовать интеллектуальные согласующие контроллеры (например, модуль CAN–LOG/CANCROCODILE), в которых предусмотрены возможности по считыванию данных (необходимых контролируемых параметров). Для просмотра необходимых параметров достаточно подключить трекер к бортовой сети автомобиля, а модуль к CAN – шине и в зависимости от выбранных настроек, соответственно считывать и передавать информацию с ЭБУ машины, получаемую с встроенных датчиков. Исходная номенклатура контролируемых параметров, передаваемых по последовательному интерфейсу CAN от различных узлов машины, представлена в таблице 1.

Результаты и обсуждение. Проанализировав зависимость основных показателей надежности с представленными в таблице 1 параметрами, были отброшены неоднозначные связи в области изменения ресурсного параметра. Исходя из данного анализа, с помощью CAN – шины становится целесообразным контролировать следующие параметры, представленные таблице 2, отклонения значений которых за пределы установленных допускаемых значений косвенно будут характеризовать неисправность, а предельным значением будет характеризовать отказ, в перечень также включены параметры изменение значения которых говорит о изменении режима эксплуатации связанным с расчетом локального показателя долговечности (например, ресурса) [10].

Таблица 2.

Перечень необходимых контролируемых параметров, отклонения значений которых за пределы установленных допускаемых значений косвенно будут характеризовать неисправность, а предельным значением будет характеризовать отказ.

Контролируемые показатели, считываемые с ЭБУ машины, с помощью CAN модуля	От какого структурного параметра зависит	Возможность использования для расчета показателей надежности
Наработка двигателя в моточасах	Количество оборотов	Да
Уровень масла в двигателе	Зазоры в ЦПГ ДВС	Да
Уровень охлаждающей жидкости	Герметичность	Да
Давление масла в ГММ	Зазоры в КШМ	Да
Давление воздуха во впускном коллекторе	Производительность турбины	Да
Давление топлива в системе топливоподачи (давление в рампе)	Производительность насоса	Да
Температура отработавших газов (ОГ)	Зазоры в ЦПГ	Да
Напряжение аккумуляторной батареи	Плотность электролита	Да

Проанализировав методы и средства сбора информации о надежности установлено, что применительно к сельскохозяйственной технике, для повышения эффективности ее использования и обеспечения сохранности ее

эксплуатационных свойств на заданном уровне, целесообразно собирать данные о надежности, используя информацию об изменении ее текущего технического состояния, посредством непрерывного мониторинга ресурсных параметров технического состояния характеризующих износ деталей и сопряжений.

Для получения данных измерений, контролируемых диагностических и режимных параметров, целесообразно использовать данные с CAN-шины, а для недостающих применять аналого-цифровые преобразователи (датчики), которые передают эти сигналы на ПК, для последующей обработки их в программном обеспечении. На основании собранных статистических данных групп одноименных деталей и их анализа, представится возможным рассчитывать основные количественных показателей надежности (вероятность безотказной работы P(t) в допустимых пределах в течении время t, средний прогнозируемый ресурс деталей Tср, а также частоту отказов n), в условиях реальной эксплуатации сельскохозяйственных машин.

Выводы.

Таким образом, количественное значение показателей безотказности и долговечности системы (машины, механизма) может определяться на основе анализа отказов деталей/элементов машины в эксплуатационных условиях, с помощью современных вычислительных машин и программных комплексов. В результате рассчитанных показателей надежности представится возможным: скорректировать периодичность проведения операций по техническому обслуживанию и ремонту машин, сократить издержки на их эксплуатацию, наиболее полно использовать ресурс заменяемых деталей.

Библиографический список

1. Пучин, Е. А. Основы теории надежности и диагностики технических систем / Е. А. Пучин. М.: Росинформагротех», 2013. 182 с.

2. Рабинович, А.Ш. Методические указания по оценке, прогнозированию и нормированию ресурса и безотказности сельскохозяйственной техники / А.Ш. Рабинович, А. А. Сельцер, А. А. Шаровский. – М.: ГОСНИТИ, 1975. 272 с.

3. Михлин, В.М. Управление надежностью сельскохозяйственной техники М.: Колос, 1984. 335 с.

4. ГОСТ 27.301 95. Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения. Взамен ГОСТ 27.410-87; введ. 1997-01-01. – М.: Госстандарт РОССИИ: Изд-во стандартов, 1996. – 19 с.

5. Половко, А.М. Основы теории надежности / М.: Наука, 1964. 448 с.

6. Строгонов, А. Обзор программных комплексов по расчету надежности сложных технических систем / А. Строгонов, А. Жаднов, С. Полесский // Компоненты и технологии. – СПб.: Файнстрит, 2007. – № 5. – С. 183 – 190.

7. Костомахин, М. Н. Контроль параметров надежности сельскохозяйственной техники с использованием систем GPS/ГЛОНАСС / М.Н. Костомахин, А.Н. Воронов // Труды ГОСНИТИ, М. 2015.Т. 118.С. 26-31.

8. Разработать систему удаленного мониторинга технического состояния с/х машин, обеспечивающую передачу контролируемых параметров через ГЛОНАСС / Отчет о научно-исследовательской работе. – М.: ГОСНИТИ, 2012.

9. Алексеев, В.В. Новые OBD-Ⅱ GPS-трекеры серии Novatel MT3060] / В.В. Алексеев // Беспроводные технологии. СПб.: Файнстрит, 2014. №1. С. 64-69.

10. Соломашкин А.А. Способ определения вероятности отказа и среднего фактического ресурса детали машины при заданном законе распределения его ресурс

// Труды ГОСНИТИ. – М.: ГОСНИТИ, 2012, Т. 110. Ч 2. С. 114 – 119.

References

1. Puchin, EA Basics of the theory of reliability and diagnostics of technical systems / EA Puchin. - Moscow: FGBNU "Rosinformagrotekh", 2013. - 182 p.

2. Rabinovich, A.Sh. Methodical instructions for the assessment, forecasting and rationing of the resource and failure-free operation of agricultural machinery [Text] / A.Sh. Rabinovich, AA Seltzer, AA Sharovsky. - Moscow: GOSNITI, 1975. 272 p.

3. Mikhlin, V.M. Management of reliability of agricultural machinery Moscow: Kolos, 1984. 335 p.

4. GOST 27.301-95. Reliability in engineering. Reliability calculation. Basic provisionsIn exchange for GOST 27.410-87; Enter. 1997-01-01. Moscow: Gosstandart RUSSIA: Publishing Standards, 1996. 19 p.

5. Polovko, A.M. Fundamentals of the theory of reliability [Text] / AM Polovko. - Moscow: Nauka, 1964. 448 p.

6. Strogonov, A. Review of software complexes for calculating the reliability of complex technical systems. / A. Strogonov, A. Zhadnov, S. Polessky // Components and technologies. SPb .: Fainstrit, 2007. № 5. With. 183 - 190.

7. Kostomahin, MN Control of reliability parameters of agricultural machinery using GPS / GLONASS systems / M.N. Kostomahin, A.N. Voronov // Proceedings of GOSNITI, M. 2015. T. 118. P. 26-31.

8. Develop a system for remote monitoring of the technical condition of agricultural machines, ensuring the transfer of monitored parameters via GLONASS / Report on research. Moscow: GOSNITI, 2012.

9. Alekseev, V.V. New OBD-Ⅱ GPS-trackers series Novatel MT3060 / V.V. Alekseev // Wireless technologies. - SPb .: Fainstreet, 2014. №1. P. 64 - 69.

10. Solomashkin A.A. Method for determining the probability of failure and the average actual resource of a machine part for a given distribution law. Solomashkin // Proceedings of GOSNITI. Moscow: GOSNITI, 2012, T. 110. P 2. P. 114-119.

УДК 631.15

ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ В ТЕЧЕНИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА МАШИН

Зоя Николаевна Мишина, старший научный сотрудник,
e-mail: zoy4538@mail.ru;
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва,
Российская Федерация

Реферат. *Ремонтная база сельского хозяйства состоит из ремонтных служб и предприятий, обеспечивающих выполнение всего объема работ по поддержанию машинно-тракторного парка в работоспособном состоянии. Ремонтно-обслуживающая база предназначены для проведения технического обслуживания, как мелкого, так и крупного ремонта, проведения диагностирования и утилизации техники. Большинству сельскохозяйственным предприятиям закупать зарубежную сельхозтехнику дорого. Таким предприятиям нужна недорогая отечественная техника, приспособленная к восстановлению и ремонту своими средствами или своей системой обслуживания и ремонта, что значительно дешевле стоимости самой техники. Однако отказаться полностью от импортной сельскохозяйственной техники нецелесообразно, так как она имеет свои преимущества. Сельскохозяйственная техника требует постоянного обслуживания и ремонта из-за старения. Одна из основных шагов на пути подъема агропромышленного комплекса России является оснащение сельскохозяйственных предприятий современными машинами и механизмами, освоение инновационных технологий и достижений научно-технического прогресса в инженерно-техническом оснащении. Необходимо использовать весь комплекс ремонтно-обслуживающих воздействий, обеспечивающих высокоресурсный ремонт и обслуживание. Важными факторами при этом должны стать улучшение технического состояния машинно-тракторного парка, повышение качества ремонта узлов и агрегатов сельскохозяйственной техники и своевременное проведение ресурсосберегающей экологоориентированной утилизации сельскохозяйственной техники. Что позволит оперативно обеспечить сельскохозяйственных товаропроизводителей отремонтированной работоспособной техникой, повысит качество технической эксплуатации машинно-тракторных парков, а также повысит коэффициент технической готовности машин и агрегатов.*

Ключевые слова: *инновационные центры, высокоресурсный ремонт, восстановление, утилизация, инженерно-техническая система, сельскохозяйственные товаропроизводители.*

THE PROSPECTS OF IMPROVEMENT OF TECHNICAL ESCORT OF AGRICULTURAL MACHINERY DURING LIFE CYCLE OF CARS

Zoya Nikolaevna Mishina, senior research associate
«Federal State Budgetary Scientific Institution
«Federal Scientific Agroengineering Center VIM», Moscow

Abstract *Agriculture occupies a special role among branches of social production, being a considerable link of national economy in general. The repair base of agriculture is the system of the repair services and enterprises providing performance of all amount of works on maintenance of the machine and tractor park in operating state. The repair serving base are intended for carrying out maintenance, both a small, and heavy repair, carrying out diagnosing and utilization of the equipment. To the majority to the agricultural enterprises to buy foreign agricultural machinery expensively. Such enterprises need the inexpensive domestic equipment adapted for restoration and repair by the means or the system of service and repair that costs of the equipment are much cheaper. However it is inexpedient to refuse completely import agricultural machinery as it has the advantages. Agricultural machinery demands constant service and repair because of aging. One of the main steps on the way of growth of agro-industrial complex of Russia is equipment of the agricultural enterprises by modern cars and mechanisms, development of innovative technologies and achievements of scientific and technical progress in technical equipment. It is necessary to use all complex of the repair serving influences providing high-resource repair and service. Improvement of technical condition of the machine and tractor park, improvement of quality of repair of knots and units of agricultural machinery and timely carrying out resource-saving ekologooriyentirovanny utilization of agricultural machinery have to become important factors at the same time. What will allow to provide quickly agricultural producers with the repaired efficient equipment, will increase quality of technical operation of machine and tractor parks and also will increase coefficient of technical readiness of cars and units.*

Keywords: *innovative centers, high-resource repair, restoration, utilization, recycling, technical system, agricultural producers.*

Введение. Обеспечение техническим сервис на протяжении всего жизненного цикла селькохозяйственных машин, можно рассмотреть как экономически обоснованную и необходимую инженерную деятельность в агропромышленном комплексе. Для позитивного изменения ситуации предлагается создание инновационных центров высокоресурсного ремонта техники и ее компонентов. Приведены примеры планирования этих центров, в том числе предложения по соответственной ресурсосберегающей экологоориентированной утилизации сельскохозяйственной техники.

Для поддержания сельскохозяйственной техники в работоспособном состоянии и восстановления параметров ее технического состояния необходимо использовать весь комплекс ремонтно-обслуживающих воздействий, обеспечивающих высокоресурсный ремонт и обслуживание.

Цель исследования – инновационных центров – обеспечить сельскохозяйственным товаропроизводителям высокий уровень технической готовности сельскохозяйственной техники, а также высокоресурсный ремонт наиболее сложных и дорогостоящих агрегатов и узлов сельскохозяйствен-

ной техники: двигателей, топливных насосов, турбокомпрессоров, агрегатов трансмиссии, гидравлического оборудования и др.

Материалы и методы. Для обеспечения высокоресурсного ремонта в инновационных центрах (ИЦР) должны быть внедрены комплексы соответствующего оборудования с участками восстановления и упрочнения деталей, обеспечивающих совокупную экономическую эффективность ремонта сельскохозяйственным товаропроизводителям. На участке восстановления должны быть внедрены технологии восстановления головок блока двигателей, коленчатых валов, деталей турбокомпрессоров, золотников гидрораспределителей, клапанов двигателей и других деталей. На участке упрочнения должны быть внедрены, в первую очередь, технологии упрочнения часто заменяемых деталей почвообрабатываемой, посевной и кормозаготовительной техники.

Результаты и обсуждения. Одной из важнейших задач ИЦР является концентрация сельскохозяйственной техники, оборудования выведенных из эксплуатации в рамках технических, технологических и финансовых возможностях данного ИЦР с целью проведения утилизации этой техники с использованием прогрессивных технологий рециклинга, что обеспечит высокий уровень повторного использования компонентов утилизируемых машин.

Создание в ИЦР цеха (участка) по сбору и утилизации, выведенной из эксплуатации техники и оборудования позволит обеспечить:

- повышение уровня обновления сельскохозяйственной техники и оборудования;
- стабильное получение вторичных деталей и узлов, которые могут быть восстановлены на соответствующем участке ИЦР и быть эффективно используемым при проведении технического обслуживания и ремонта в ИЦР техники;
- улучшение экологической обстановки, за счет включения в процесс утилизации выведенной из эксплуатации техники и оборудования.

Инвестиционная составляющая создания центров может включать в себя:

- финансирование соучредителей в рамках планов НИОКР (разработка бизнес-плана, технологического проекта и др.);
- участие регионов в Госпрограмме развития сельского хозяйства на 2013-2020 гг. по линии льготного кредитования на основе кооперации с сельхозтоваропроизводителями;
- участие заводов-изготовителей и их дилеров;
- кредитная составляющая;
- участие частных партнеров-соинвесторов.

Исходная компоновочная схема размещения производственных участков в инновационном центре подготовленная с участием ОАО «Курскагропромтехника» приведена на рисунке 1.

Основной характеристикой инновационных центров является их производственная мощность. Производственная мощность центров, как и других ремонтных предприятий, отражает потенциальную возможность выполнить определенное количество ремонтов и других видов обслуживания. Эта возможность должна обеспечиваться соответствующей производственной площадью предприятия и основным оборудованием.

В регионах России мощность центров должна удовлетворять региональную потребность в полном техническом сопровождении техники на протяжении всего жизненного цикла машин, которая коррелирует с наличием машинно-тракторного парка.

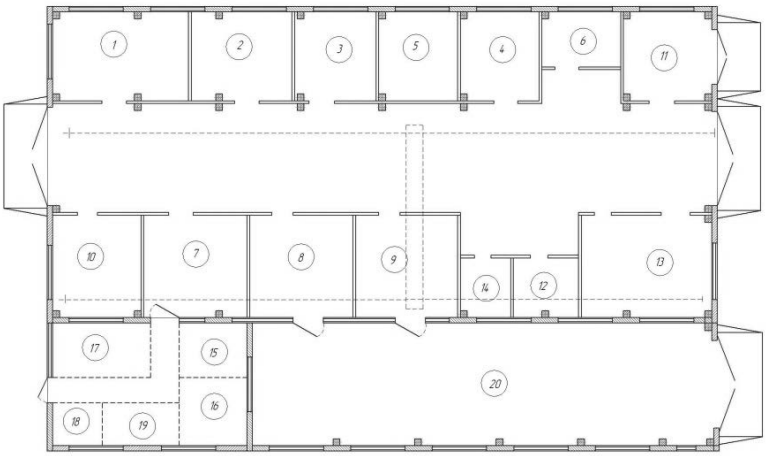


Рис. 1. Экспликация производственных участков инновационных центров высокоресурсного ремонта сельскохозяйственной техники:
1 - участок разборки и мойки узлов и агрегатов; 2 - участок ремонта и испытания двигателей; 3 - участок проверки и регулировки дизельной топливной аппаратуры; 4 - слесарно-механический участок; 5 - участок проверки, регулировки и ремонта агрегатов и узлов гидрооборудования; 6 – участок ремонта и изготовления РВД; 7 - участок ремонта КП и других узлов и агрегатов трансмиссии; 8 - участок восстановления изношенных деталей; 9 - участок упрочнения деталей почвообработки, посевных машин, кормоуборочной и другой техники; 10 - участок техсервиса оборудования животноводческих ферм и комплексов; 11 - участок ремонта турбокомпрессоров; 12 – склад запчастей и ремонтных материалов; 13 - склад готовой продукции; 14 - инструментальная; 15 - кабинет охраны труда; 16 - кабинет начальника центра; 17 - гардероб; 18 - туалет; 19 - аналитическая группа и административная служба; 20- цех (участок) по приемке и частичной переработки (рециклинга) деталей и узлов утилизируемой техники и оборудования с передачей их на участки восстановления и упрочнения (8, 9).

За удельный показатель наличия МТП в регионе примем наличие тракторов на 01.01.2018 г. по данным формы «1-рем» МСХ РФ. Статистическая выборка парка тракторов в регионах находится в интервале 500-20000 ед. Распределим регионы России на три группы:

- 1 группа – регионы с парком тракторов до 5,0 тыс. ед., (51 регион);
- 2 группа - регионы с парком тракторов 5,0 – 10,0 тыс. ед., (15 регионов);
- 3 группа - регионы с парком тракторов более 10,0 тыс. ед., (14 регионов).

Для расчета производственной мощности центров определим объемы работ, которые выразим суммарными годовыми трудозатратами на ремонт агрегатов и восстановление деталей и проведения утилизации техники. Суммарные трудозатраты для региона можно рассчитать по следующей формуле:

$$Q = \sum_{n}^{1} \cdot N_i \cdot K_i \cdot T_i \quad (1)$$

,

где Q – суммарная трудоемкость ремонта узлов и агрегатов в регионе с про-

ведением сбора и частичной переработки (рециклинга) деталей и узлов утилизируемой техники и оборудования, чел-час.;

n – количество наименований узлов (агрегатов), подлежащих ремонту и рециклинга в ИЦР;

Ni – количество узлов (агрегатов) i-го вида, в том числе от утилизируемой техники;

Ki – коэффициент охвата ремонтом i-го узла (агрегата);

Ti – трудоемкость ремонта i-го узла (агрегата).

Трудоемкости ремонта агрегатов и узлов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Трудоемкость ресурсного ремонта узлов и агрегатов тракторов в инновационных центрах

Ремонтный объект	Трудоемкость ресурсного ремонта узлов и агрегатов в инновационных центрах, по классам тракторов				
	0,9	1,4	3,0	4,0	5,0
Двигатель (без ТНВД, форсунок и элетрооборудования)	33,0	40,0	60,0	85,0	91,4
Турбокомпрессор (компрессор)	-	3,8	4,7	5,3	5,3
Насос гидросистемы	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Распределитель гидросистемы	2,3	2,8	2,8	2,8	3,7
ТНВД	6,2	7,0	7,0	8,5	16,6
Коробка передач	10,6 *)	8,6	17,2 *)	33,2 **)	52,**)
Мост ведущий	-	19,1	-	25,6	36,8
Гидроуселитель рулевого управления	-	2,4	3,6	3,6	4,6

**) в сборе с ведущим мостом*

***) в сборе с раздаточной коробкой*

Таблица 2

Коэффициенты сменяемости основных узлов и агрегатов при ремонте тракторов для периода 2012 – 2018 г.г.

Ремонтный объект	Значение коэффициентов сменяемости по классам тракторам				
	0,9	1,4	3,0	4,0	5,0
Двигатель (без ТНВД, форсунок и элетрооборудования)	0,73	0,86	0,73	0,79	0,83
Турбокомпрессор (компрессор)	-	0,38	0,46	0,46	0,56
Насос гидросистемы	0,67	0,71	0,25	0,71	0,71
Распределитель гидросистемы	0,73	0,86	0,86	0,79	0,86
ТНВД	0,27	0,19	0,25	0,24	0,23
Коробка передач	-	0,71	0,73	0,71	0,86
Мост ведущий	-	0,71	0,71	0,71	0,71
Гидроуселитель рулевого управления	-	0,71	0,71	0,71	0,79

При наличия плана ремонта полнокомплектной техники, который ежегодно составляется сельхозтоваропроизводителями и региональными структурами (форма «1-рем» ведомственной статистической отчетности), для расчета программы ремонта агрегатов можно применить коэффициенты сменяемости (таблица 2), рассчитаны на основе соотношения текущих и коэффициентов охвата ремонтом узлов и агрегатов.

Общую трудоемкость ремонта агрегатов можно рассчитывать и на основе суммарного долевого коэффициента трудозатрат агрегатов в общей трудоемкости ремонта всей машины. В таблице 3 приведены рассчитанные суммарные доли трудозатрат ремонта узлов и агрегатов тракторов в трудоемкости полнокомплектного ремонта.

Таблица 3

Доля суммарных трудозатрат ремонта узлов и агрегатов тракторов в общей трудоемкости полнокомплектного ремонта (для периода 2012-2018 г.г.)*

Показатель	Тракторы тягового класса							
Доля (%) трудоемкости ремонта узлов и агрегатов тракторов в общих трудозатратах полнокомплектного ремонта	0,6	0,9	1,4	2	3	4	5	6
	0,60	0,54	0,57	0,55	0,53	0,58	0,51	0,58

**) учтены: двигатель, турбокомпрессор, узлы гидросистемы, электрооборудование ГУР, агрегаты трансмиссии, ТНВД*

Далее для каждого типового предприятия необходимо рассчитать потребную производственную площадь. Для этого по данным типовых проектов агрегаторемонтных предприятий (разработчик проектов «Гипропромсельстрой») и действующих ремонтных мастерских, определим зависимость изменения общих площадей ИЦР от их мощности выраженной в усл. рем. и далее на этой основе рассчитаем типовой ряд мощностей и общих производственных площадей с учетом проведения в ИЦР частичной переработки (рециклинга) утилизируемой техники и оборудования.

Усредненные показатели производственной площади для смешанных программ ИЦР представлены в таблице 4.

Таблица 4

Производственные площади инновационных центров

Наименование показателей	Общая ($м^2$) площадь в зависимости от производственной мощности (усл. рем.)									
Производственная мощность	100	150	200	300	400	500	600	800	1000	1600
Общая площадь	760	1000	1200	1250	1300	1400	1550	1800	2000	2500

Выводы. Организационно-техническая структура ИЦР, определенная на основе современных тенденции развития инженерной сферы АПК, предусматривает следующие направления совершенствования:

- создание современных инновационных центров на региональном (районом) уровнях по техническому сопровождению сельскохозяйственной техники на протяжении всего жизненного цикла машин;

- использование в ИЦР прогрессивных технологий и других научных решений по обеспечению высокоресурсного ремонта и проведению ресурсосберегающей экологоориентированной утилизации сельскохозяйственной техники и оборудования;

- снижение финансовых затрат на приобретение новых запасных частей на 25-30% за счет годных и восстановленных деталей утилизируемой сельскохозяйственной техники;

- дополнительное получение 20-25 рабочих мест в ИЦР по цеху (участку) утилизации сельскохозяйственной техники;

- снижение экологической безопасности на 10-15%.

Библиографический список

1. Соловьев С.А. Инновационные направления развития ремонтно-эксплуатационной базы для сельскохозяйственной техники / С.А. Соловьев, В.П. Лялякин, С.А. Горячев, З.Н. Мишина и др. // ФГБНУ «Росинформагротех». – 2014. – 160 с.

2. Национальный доклад «О ходе и результатах реализации в 2016 году Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы»: науч. док. / Минсельхоза России // ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. – 208 с.

3. Бурак П.И. Роль технического и технологического перевооружения АПК в реализации государственной программы 2013-2020 годы. // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2013. – №6. – С.5-6.

4. Кузьмин В.Н. Разработка программ технического оснащения сельского хозяйства в рыночной экономике Росинформагротех, 2014 – 304 с.

5. Горячев С.А. Тенденции в организации ремонта сельскохозяйственной техники / С.А. Горячев, З.Н. Волкова // Труды ГОСНИТИ. – 2013. – Т.103. С.14-19.

6. Бурак П.И. Реализация инновационных технологий технического сервиса / П.И. Бурак, И.Г. Голубев // ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. 164 с.

7.Дорохов А.С. Роль качества в инженерно-техническом обеспечении АПК / А.С. Дорохов // Труды ГОСНИТИ. – 2016. – Т.125. – С. 62-69.

8. Герасимов В.С. Построение и функционирование ремонтно-обслуживающей базы сельскохозяйственных товаропроизводителей / В.С. Герасимов, С.А. Соловьев, В.И. Игнатов, С.А. Буряков, В.П. Миклуш // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конфкр. / Минск, БГАТУ. – 2017. – 396 с.

9. Герасимов В.С. Обоснование целесообразности создания системы утилизации сельскохозяйственной техники «Сельхозрециклинг» / В.С. Герасимов // Труды ГОСНИТИ. 2017. № 126. С. 102-111.

10.Мишина З.Н. Состояния инженерно-технического обеспечения сельскохозяйственного производства России / З.Н. Мишина, П.А. Табаков // Труды ГОСНИТИ. – 2018. – Т.130. С.12-19.

11. Лимарев В.Я. Семейкин В.А., Корнеев В.М., Терский С.А., Дорохов А.С. Положение по организации входного контроля качества машиностроительной продукции, поступающей агропромышленному комплексу. М.: ОАО «Росагроснаб», 2006. 30 с.

12. Дорохов А.С. Система входного контроля качества запасных частей //Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2011.№8.С. 27-29.

Reference

1. Solovyov S.A. The innovative directions of development of repair and operational

base for agricultural machinery / S.A. Solovyov, V.P. Lyalyakin, S.A. Goryachev, Z.N. Mishina, etc. // FSBSI «Rosinformagrotekh». – 2014 – 160 p.

2. The national report "About the course and results of realization in 2016 of the State program of development of agriculture and regulation of the markets of agricultural production, raw materials and food for 2013-2020": науч. dock. / Ministry of Agriculture of the Russian Federation // FSBSI «Rosinformagrotekh». – 2017. – 208 p.

3. Beet P.I. Rol of technical and technological modernization of agrarian and industrial complex in implementation of the state program 2013-2020. / P.I. Burak // Farm Machinery and Technologies. 2013. – No. 6. – P. 5-6.

4. Kuzmin V.N. Development of programs of hardware of agriculture in market economy / V.N. Kuzmin // FSBSI «Rosinformagrotekh». – 2014 – 304 p.

5. Goryachev S.A. Tendencies in the organization of repair of agricultural machinery / S.A. Goryachev, Z.N. Volkova // Proceedings GOSNITI. – 2013. – T.103. P. 14-19.

6. Beet P.I. Realization of innovative technologies of technical service / P. I. Burak, I.G. Golubev // FSBSI «Rosinformagrotekh». – 2014. – 164 p.

7. Dorokhov A.S. Rol of quality in technical providing agrarian and industrial complex / A.S. Dorokhov // Proceedings GOSNITI. – 2016. – T.125. – P. 62-69.

8. Gerasimov V.S. Construction and functioning of the repair serving base of agricultural producers / V.S. Gerasimov, S.A. Solovyov, V.I. Ignatov, S.A. Buryakov, V.P. Miklush // Modern problems of development of the new equipment, technologies, the organizations of technical service in agrarian and industrial complex: materials Mezhdunar. academic and research conference. / – Minsk, BGATU. – 2017. – 396 p.

9. Gerasimov V.S. Justification of expediency of creation of system of utilization of Selkhozretsikling agricultural machinery [Text] / V.S. Gerasimov // Proceedings GOSNITI. – 2017. - No. 126. – P. 102-111.

10. Mishina Z.N. Conditions of technical ensuring agricultural production of Russia / Z.N. Mishina, P.A. Tabakov // Proceedings GOSNITI. – 2018. – T.130. P. 12-19.

11. Limarev J. V. semeykin V. A., Korneev, V. M., Terskikh, A. S., Dorokhov A. S. position in the organization of the quality inspection of engineering products supplied to the agricultural sector. M.: JSC "Rosagrosnab", 2006. 30 PP.

12. Dorokhov A. S. System for incoming quality control spare parts //Repairs. Recovery. Modernization. 2011.No. 8.27-29.

УДК 636.32/38

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ НАЖИМНОГО АППАРАТА СТРИГАЛЬНОЙ МАШИНКИ

Александр Николаевич Русаков, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, e-mail: rusakov54@bk.ru;
Малик Сейсенбаевич Тургенбаев, кандидат технических наук, заведующий лабораторией, e-mail: trv1000@mail.ru;
Астемир Валерьевич Амшоков, инженер-программист,e-mail: amshokov.a@yandex.ru;
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ
Москва, Российская Федерация

Реферат. *В настоящей работе обоснованы параметры усовершенствованного вертикального нажимного аппарата стригальной машинки. Сопоставлены два устройства: наклонный нажимной механизма и вертикальный, что обусловлено повышением эффективности и надёжности процесса стрижки овец. Дана оценка показателей равномерности и усилий прижатия ножа к гребёнке. На основании исследований надёжности стригальных машинок установлено, что в наклонном нажимном механизме при эксплуатации из-за переточек ножа и износа шарнирных соединений создаётся неравномерность прижатия ножа к гребёнке равная 135,5 Н (разница между максимальными и минимальными усилиями). Равномерность обеспечивается лишь в том случае, если верхняя головка нажимного стержня и шаровая головка центра вращения рычага лежат на одной оси, перпендикулярной плоскости гребёнки. Изменение геометрии изношенных деталей, а тем самым кинематики прижима, создаёт неравномерность, вследствие чего нарушается технологический процесс резания (шерсть мнётся, а не режется). В конструкции машинки с вертикальным нажимным механизмом, равномерность прижатия ножа к гребёнке достигается тем, что нажимной стержень имеет коленчатую форму, а его верхняя головка и центр вращения рычага всегда лежат на одной оси, перпендикулярной к плоскости гребёнки. Величина неравномерности прижатия ножа к гребенке, в границах создаваемых усилий, составляет в среднем не более 40 Н, что в 3 раза меньше чем в машинке с наклонным нажимным механизмом. Выявлено, что вертикальный нажимной механизм для передачи одинакового давления на нож посредством нажимной гайки через коленчатый упорный стержень тратит на 13,5 % меньше усилий, чем наклонный. Исходя из этого, облегчается труд стригаля. Рекомендованы значения степени неравномерности прижатия ножа к гребёнке для стригальных машинок в пределах δ = 0,25 - 0,28.*

Ключевые слова: *стригальная машинка, наклонный и вертикальный нажимной аппарат, усилия и равномерность прижатия, надёжность, нож, гребёнка.*

JUSTIFICATION OF PARAMETERS OF THE PRESSURE APPARATUS OF SHEARING MACHINES

Rusakov A. N., Turgenbaev M. S., Amshokov A. V.
Federal state budgetary scientific institution
The Federal agricultural research centre VIM
Russia, Moscow

Abstract. *In this paper, the parameters of the improved vertical pressing device of the shearing machine are justified. Correlated two devices: an inclined push mechanism and a vertical, which is due to increased efficiency and reliability of the shearing process. The estimation of uniformities and efforts of pressing the knife to the comb is given. On the basis of studies on the reliability of shearing machines, it is established that in an inclined pressure mechanism, due to knife rewinds and wear of the hinge joints, the knife is pressed unevenly to the comb equal to 135.5 N (the difference between the maximum and minimum forces). Uniformity is provided only if the upper head of the pressure rod and the ball head of the center of rotation of the lever lie on the same axis perpendicular to the plane of the comb. Changing the geometry of worn parts, and thus the kinematics of the clamping, creates unevenness, as a result of which the technological process of cutting is broken (the wool is creased, and not cut). In the design of the machine with a vertical push mechanism, the uniformity of pressing the knife against the comb is achieved by the fact that the pressure rod has a cranked shape, and its upper head and the center of rotation of the lever always lie on one axis perpendicular to the plane of the comb. The magnitude of the unevenness of pressing the knife against the comb, within the limits of the forces created, is on the average no more than 40 N, which is 3 times less than in the machine with an inclined push mechanism. It was revealed that the vertical pressure mechanism for transferring the same pressure to the knife by means of a pressure nut through the crank thrust rod spends 13.5% less effort than the inclined one. Proceeding from this, the work of the shearer is facilitated. Recommended values of the degree of unevenness of pressing the knife to the comb for shearing machines within the range* δ *= 0,25 - 0,28.*

Keywords: *shearing machine, inclined and vertical pressing device, effort and uniformity of pressing, reliability, knife, comb.*

Введение. Для вынесения суждений о стригальной машинке, по конструкции нажимного аппарата, нами обоснованы перспективы совершенствования технического состояния данного узла.

Работа имеет целью повысить эффективность стрижки овец путём правильного построения нажимного механизма стригальной машинки, выбора рациональных форм и размеров, исследуя усилия и равномерность прижатия ножа к гребёнке [1]. Приведён цифровой и графический материал, полученный в результате проведенных авторами ФГБНУ ФНАЦ ВИМ исследований нажимного механизма. Равномерность прижатия ножа к гребёнке. В стригальных машинках с наклонным нажимным механизмом нормальная работа возможна тогда, когда нож прижат к гребёнке равномерно на протяжении всего его хода. Это условие обеспечивается лишь в том случае, если верхняя головка нажимного стержня «а» и шаровая головка центра вращения «d» рычага лежат на одной оси I-I, перпендикулярной плоскости

гребёнки [2]. При эксплуатации машинки, из-за переточек ножа и износа шарнирных соединений, это условие нарушается (точка «а» смещается в положение «а1» на оси II-II), создаётся неравномерность прижатия ножа к гребёнке, что нарушает технологический процесс резания шерсти (шерсть мнётся, а не режется), усиливаются износы кинематических пар (рис. 1 а). В конструкции машинки с вертикальным нажимным механизмом (авторское свидетельство №1279818), равномерность прижатия ножа к гребёнке достигается тем, что нажимной стержень имеет коленчатую форму [3, 4, 6]. В этом случае верхняя головка коленчатого стержня «а» и центр вращения «d» всегда лежат на одной оси I-I, перпендикулярной плоскости гребёнки в соответствии с (рис. 1 б).

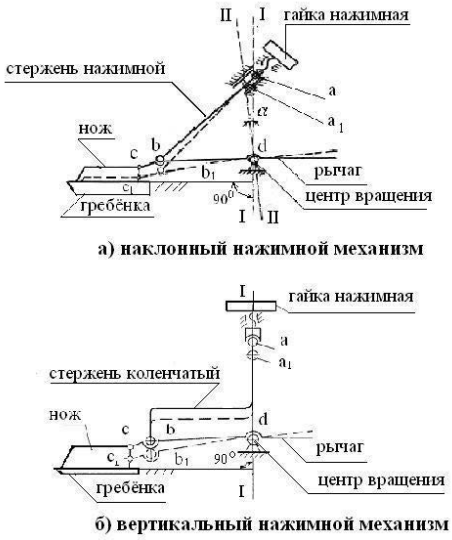


Рис. 1. Схема наклонного (а) и вертикального (б) нажимных механизмов машинки

Результаты лабораторных исследований, определения неравномерности прижатия ножа к гребенке с помощью тензорычагов, с приложением усилий в 50 Н, 100 Н и 150 Н показали следующие результаты.

При электромеханическом приводе, было выявлено, что величина неравномерности прижатия ножа (высотой 2,5 мм) к гребенке в машинке с вертикальным нажимным механизмом в границах создаваемых усилий, составляет в среднем не более 40 Н (разница между максимальными и минимальными усилиями).

В машинке с наклонным нажимным механизмом - 135,5 Н, т.е. в 3 раза больше. Неравномерность прижатия ножа к гребёнке можно охарактеризовать степенью неравномерности δ:

$$\delta = \frac{P_{мак} - P_{мин}}{P_{ср}}, \quad (1)$$

где $P_{мак}$ и $P_{мин}$ – максимальная и минимальная силы прижатия ножа к гребёнке, Н;

$P_{ср}$ – среднее арифметическое сил прижатия ножа к гребёнке, Н.

Степень неравномерности прижатия соответственно составили: для вертикального механизма δ = 0,28 и для наклонного механизма δ = 0,88. что позволило повысить эффективность стрижки овец за счёт увеличения вре-

мени между переточками режущих пар.

Сила прижатия ножа к гребёнке. В наклонном нажимном механизме стержень стригальной машинки наклонён относительно плоскости гребёнки на 60°. Верхний его конец находится на оси I-I, проходящей через точку вращения рычага, а нижний упирается в подпятник на рычаге [5].

Прижатие ножа к гребёнке осуществляется нажимной гайкой с резьбой и передаётся через упорный стержень на рычаг.

Исследователем В.А. Зябловым в своё время была установлена зависимость силы прижатия ножа к гребенке, от силы, создаваемой наклонным нажимным механизмом и от положения опор рычага.

Расчёт устройства стригальной машинки с наклонным нажимным механизмом сводится к следующему: сила P, направленная по оси нажимного стержня, может быть разложена на составляющую P_1 перпендикулярную плоскости гребёнки и горизонтальную P_2, которая, будучи параллельна плоскости гребёнки, не влияет на прижатие ножа, т.к. погашается противодействием шарнира рычага (рисунок 2).

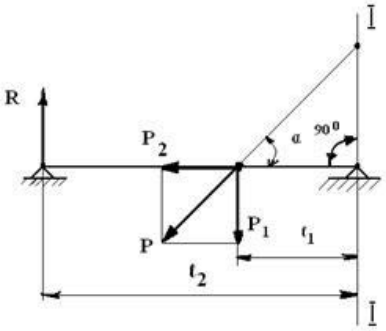


Рис. 2. Схема распределения сил наклонного нажимного механизма машинки

Если известна реактивная сила R, равная необходимой для среза силе прижатия ножа к гребёнке, то направленное по оси нажимного стержня усилие P определяется из следующего равенства:

$$P = \frac{R\ell_2}{\ell_1 \sin a}, \qquad (2)$$

где P – сила направленная по оси стержня, Н;

R – сила прижатия ножа к гребёнке, 200 Н (для расчётов);

ℓ_1 и ℓ_2 расстояние от центра вращения рычага до точки упора нижней головки стержня и до упора нажимных лапок на нож, равное 32 мм и 78 мм;

α – угол наклона стержня нажимного к плоскости гребёнки.

Эффективность нажимного механизма зависит от соотношения сил P/R, в нашем расчёте при максимальном значение R принятой равной 200 Н сила P составит 563 Н, а соотношение P/R равно 2,82.

Для сравнения рассмотрим вертикальный нажимной механизм (рисунок 3). В этой конструкции направление усилия P перпендикулярно гребёнке и параллельно R. Из равенства моментов относительно центра вращения рычага следует, что давление P коленчатого нажимного стержня на рычаг будет [7,8]:

$$P = \frac{R\ell_2}{\ell_1}, \qquad (3)$$

Обозначения параметров в формулах (2) и (3) оставлены без изменения.

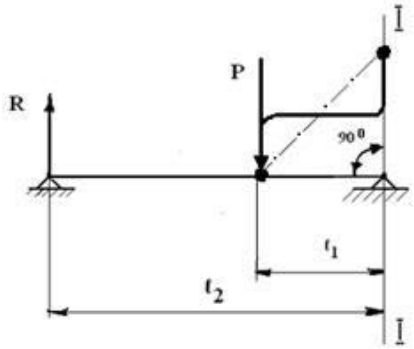


Рис. 3. Схема распределения сил вертикального нажимного механизма машинки

Величина усилия P создаваемая вертикальным нажимным механизмом выполненным в виде коленчатого нажимного стержня определяется по заданной величине реакции R равной 200 Н, тогда сила будет равна 487 Н, а соотношение P/R составит 2,43.

Совмещённый график изменения усилий P наклонного (1) и вертикального (2) нажимных механизмов по величинам нагрузки на нож с усилиями R равными 50, 100, 150 и 200 Н приведен на (рисунок 4).

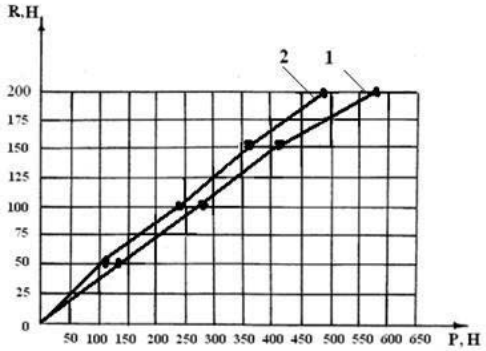


Рис. 4. Совмещённый график изменения сил создаваемых наклонным (1) и вертикальным (2) нажимными механизмами

Как видно из графика эффективность вертикального нажимного механизма машинки на 13,5% выше: для передачи одинакового давления на нож тратится меньше усилий на нажимном механизме, тем самым сокращается давление на все трущиеся кинематические пары конструкции. Главное, облегчается труд стригаля, снижается усилие, создаваемое кистью руки, при завинчивании нажимной гайки при работе [9, 10].

Выводы.

1. Вертикальный нажимной механизм технически более рациональный, чем наклонный, так как для передачи одинакового давления на нож тратит-

ся меньше усилий, что снижает давление на все трущиеся кинематические пары, повышается его надёжность и долговечность.

2. Рекомендованы значения степени неравномерности прижатия ножа к гребёнке в машинке с вертикальным нажимным механизмом в пределах δ =0,25-0,28, что позволяет повысить эффективность стрижки овец за счёт увеличения времени между переточками режущих пар в процессе стрижки.

Библиографический список

1. Тургенбаев М. С., Русаков А. Н. Перспективные технологии и технические средства электромеханической стрижки овец // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. 2018. №1-2. С. 36-44.

2. Русаков А.Н. Техническое обслуживание стригальных машинок в крестьянских фермерских хозяйствах// Труды ГОСНИТИ. 2018. Т.130. С. 68-73.

3. Русаков А. Н., Тургенбаев М.С. Мониторинг режущего аппарата стригальных машинок для овец // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. 2018. №4. С. 20-23.

4. Русаков А. Н., Суюнчалиев Р. С. К вопросу надёжности и эффективности импортных стригальных машинок для овец // Труды ГОСНИТИ. 2016. Т.123. С. 102-107.

5. Суюнчалиев Р. С., Тургенбаев М. С. Концепция совершенствования стригальных агрегатов с высокочастотным электроприводом // Вестник ВИЭСХ. 2016. №1 (22). С. 79-83.

6. Русаков А. Н., Герасимов В. С. Модернизированная стригальная машинка для овец // Сельский механизатор. 2014. № 5 (63). С. 26 - 27.

7. Русаков А. Н. Методика определения усилия прижатия ножа к гребёнке в стригальных машинках // В сборнике: Научно-технический прогресс в АПК: проблемы и перспективы Международная научно-практическая конференция, в рамках XVIII Международной агропромышленной выставки «Агроуниверсал – 2016». 2016. С. 99-102.

8. Фириченков В. Е., Мирзоянц Ю. А., Русаков А. Н. Закономерности изменения эффективности производства продукции овцеводства // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2016. №2 (22). С 178-185.

9. Алексенко Н. П., Пономаренко Н. В., Шишина И. А. Повышение надёжности и перспективы производства стригальных машинок в России // Вестник АПК Ставрополья. 2014. № 2 (14). С. 12-14.

10. Алексенко Н. П., Пономаренко Н. В., Шишина И. А. Обеспечение надёжности биотехнической системы «человек – машина – животное» в технологическом процессе стрижки // Вестник АПК Ставрополья. 2014. №2 (14). С. 15-18.

References

1. Turgenbaev M. S., Rusakov A. N. Advanced technologies and technical means of electro-mechanical sheep shearing // Agricultural engineering: maintenance and repair. 2018. N. 1-2. P. 36-44.

2. Rusakov A. N. Maintenance of shearing machines in peasant farms // Proceedings of GOSNITI. 2018. T. 130. P. 68-73.

3. Rusakov A. N., Turgenbaev M. S. Monitoring of the cutting apparatus of shearing machines for sheep / Agricultural engineering: maintenance and repair. 2018. N4. P. 20-23.

4. Rusakov A.N., Suyunchaliev R.S. the reliability and efficiency of imported shearing machines for sheep // Proceedings of GOSNITI. 2016. T. 123. P. 102- 107.

5. Suyunchaliev R. S., M. S. Turgenbaev the Concept of improving the shearing units with high-frequency electric drive // Bulletin of viesh. 2016. No. 1 (22). P. 79-83.

6. Rusakov A. N., Gerasimov V. S. Upgraded the shearing machine for sheep // Rural machine operator. 2014. No. 5 (63). P. 26-27.

7. Rusakov A. N. Method of determination of contact pressure of the knife to the comb in shearing machines // In the book: Scientific and technical progress in agriculture: problems and prospects international scientific-practical conference in the framework of the XVIII International agricultural exhibition "Agrouniversal – 2016". 2016. S. 99-102.

8. Filchenkov V.E., Mirzoyan J. A., Rusakov A. N. Regularities of change of efficiency of production of sheep breeding // Bulletin of all-Russian scientific research Institute of mechanization of animal husbandry. 2016. No. 2 (22). 178-185.

9. Aleksenko N. P., Ponomarenko N. V., Shishina I. A Improving the reliability and prospects of production of shearing machines in Russia // Bulletin AIC Stavropol. 2014. N2 (14). P. 12-14.

10. Aleksenko N. P., Ponomarenko N. V., Shishina I. A. Reliability biotechnical systems "man – machine – animal" in the process of cutting // Vestnik APK Stavropol. 2014. No. 2 (14). P. 15-18.

УДК 62-791.2

ИЗМЕРЕНИЕ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Алексей Зиновьевич Аксенов, заведующий лабораторией, e-mail: axalex77@yandex.ru.;
Николай Николаевич Сергеев, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва

Реферат. *Одним из важнейших параметров, позволяющих судить о состоянии двигателя внутреннего сгорания, является развиваемый им крутящий момент. Существует большое количество методов и устройств для измерения крутящего момента. Однако в большинстве своем все эти устройства достаточно сложны и дороги. Целью работы является разработка малозатратной методики измерения крутящего момента, развиваемого двигателем внутреннего сгорания при его обкатке и испытаниях, реализуемой на легкодоступной элементной базе. Для измерения крутящего момента наиболее часто используется торсионный способ, основанный на измерении угла закручивания соединительного вала. Одним из распространенных методов измерения торсионной деформации вала является метод основанный на применении измерительного тензометрического моста, тензорезисторы которого наклеены по линии деформации на поверхности скручиваемого вала и направ¬лены под углом 45° к его оси. Измерительный мост питают через токосъемное устройство, от надежной работы которого зависит точность рассматриваемых измерений. Наличие скользя¬щих контактов в измерительной цепи прибора служит источником случайных погрешностей в измерениях. Принцип действия предложенного измерителя крутящего момента основан на использовании тензометрического моста, наклеенного на поверхность вала, испытывающего торсионную нагрузку, миниатюрных модулей специализированного усилителя сигнала с тензодатчиков HX711, микроконтроллера ATMEGA 328, передатчика сигналов по радиоканалу HC12, отличающихся малыми габаритами, и низкой стоимостью. Эти модули вместе с малогабаритным источником питания также закрепляются на вращающемся соединительном валу. На приемной стороне информация передается приемником сигнала по радиоканалу HC12, предварительно обрабатывается микроконтроллером ATMEGA 328 и, в виде удобном для передачи, поступает на регистрирующий компьютер. Таким образом, устраняется основной недостаток измерения крутящего момента с помощью тензодатчиков – необходимость размещения токосъемного устройства на соединительном валу. В качестве соединительного вала, испытывающего торсионные нагрузки можно применить обычный карданный вал. Устройство калибруется по стандартной для обкаточных стендов методике с помощью тарированных рычагов и грузов. Общая стоимость покупных комплектующих изделий (модулей) и материалов, необходимых для реализации такого устройства, не превышает 2 тысяч рублей.*

Ключевые слова: *дизельный двигатель, испытания, измерение крутящего момента*

THE TORQUE MEASUREMENT FOR THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE

Aksenov A. Z., Sergeev N. N.
Federal scientific Agroengineering center VIM, Moscow

Abstract. *One of the most important parameters to estimate the state of the internal combustion engine is its torque. There are a large number of methods and devices for measuring torque. However, most of these devices are quite complex and expensive. The aim of the work is to develop a low-cost method for measuring the torque developed by the internal combustion engine during its running-in and testing, implemented on an easily affordable hardware components. The most used method for the torque measurement is the torsional analysis, which is based on the twist angle measurement of the connecting shaft. One of the common methods for the shaft torsional deformation measuring is a method based on the strain gauge bridge usage, which resistive strain sensors are glued along the deformation line on the twisted shaft surface and aligned at an angle of 45° to its axle. The measuring bridge is fed through a current collecting device and the measurements accuracy depends on its reliability. Sliding contacts present in the device measuring circuit are the source of random errors in the measurements. The operating principle of the proposed torque meter is based on the use of the strain gauge bridge, glued to the surface of the shaft under torsional load, miniature modules of the specialized signal amplifier for the strain-gauge sensors HX711, ATMEGA 328 microcontroller, and HC12 radio signal transmitter, characterized by small dimensions and low cost. These modules, together with a small-scale power source, are also attached to the rotating connecting shaft. On the receiving side, the information is accepted by the HC12 radio signal receiver, pre-processed by the ATMEGA 328 microcontroller and then transmitted to the recording computer in a form convenient for transfer. Thus, the described method obviates the main limitation of the torque measurement method based on the strain-gauge sensors use – the need to place a current collector on the connecting shaft. A conventional propeller shaft could be used as a connecting shaft under torsional load. The device is calibrated according to the standard method for the running test stands by means of calibrated levers and weights. The total cost of the purchased components (modules) and materials required for the device implementation does not exceed 2 thousand rubles.*

Keywords: *diesel engine, tests, torque measurement.*

Введение. Крутящий момент двигателя внутреннего сгорания (ДВС) является одним из важнейших его параметров, позволяющих судить о его работоспособности, развиваемой мощности, качестве проведенного капитального ремонта [1-3].

Средства для измерения крутящего момента являются важнейшей неотъемлемой частью всех обкаточно-тормозных и испытательных стендов ДВС.

Момент на валу работающего двигателя определяют либо путем измерения равного ему момента реакции статора тормоза, либо путем измерения угла закручивания соединительного вала под действием передаваемого момента.

В любом случае, испытатели сталкиваются с определенными трудностями в получении достоверных результатов измерений в связи с тем, что

динамометры тормозных установок действуют в условиях повышенной вибрации и резко изменяющихся нагрузок, граничащих иногда с ударными, особенно на неустановившихся режимах работы двигателя внутреннего сгорания [4-6].

Цель исследования – разработка малозатратной методики измерения крутящего момента, развиваемого двигателем внутреннего сгорания при его обкатке и испытаниях, реализуемой на легко доступной элементной базе.

Материалы и методы. Для определения величины крутящего момента, развиваемого испытуемым двигателем, используют различные механические, гидравлические и электрические динамометры.

Механические динамометры находят самое широкое применение. Выполняют их в виде рычажных систем с маятниковыми, реже с пружинными весами.

На всех, ранее выпускавшихся серийно обкаточно-тормозных стендах ГОСНИТИ с балансирными электромашинами, применялся маятниковый механизм измерения крутящего момента [6].

Маятниковые динамометры отличаются компактностью, нагляд¬ностью, простотой в эксплуатации и позволяют автоматически, не перемещая гирю-груз, уравновешивать действующую силу.

Маятниковые весы не искажают показаний под влиянием остаточных деформаций, как, например, пружинные, и, будучи реверсивными, позволяют измерять нагрузку при любом направлении вращения ротора тормоза.

Обладая свойствами поглощать незначительные колебания, маятник не затрудняет отсчета при случайных колебаниях нагрузки, что присуще рычажным весам.

Но так же, как и для других аналогичных приборов, для них важно уменьшение трения в сочленениях и уравновешивание собственного веса тяг маятникаю.

Чаще других используют способ, связанный с измерением угла закручивания соединительного вала.

Динамометры этого типа называют также торсионными [7-9]. Торсионные динамометры базируются на известной закономерности между углом закручивания вала, т. е. углом относительного поворота двух его сечений, взятых на расстоянии *l* одно от другого, и действующим крутящим моментом Мкр (Н•м):

$$\varphi = \left[\frac{l}{(GJ_p)}\right] M_{\text{кр}}, \qquad (1)$$

где G – модуль сдвига материала вала, Н/м^2; Jp – полярный момент инерции сечения вала, м^4.

Для вала круглого сечения диаметром *d* эта зависимость приобретает вид:

$$\varphi = \left[\frac{32l}{(\pi d^4 G)}\right] M_{\text{кр}} \approx \left[\frac{10l}{(d^4 G)}\right] M_{\text{кр}}, \qquad (2)$$

откуда следует, что угол закручивания вала в пределах упругих деформаций пропорционален прилагаемому к валу крутящему моменту.

Так как величина касательного напряжения τ в наружных слоях вала

предопределяется крутящим моментом $M_{кр}$ и связана с ним зависимостью:

$$\tau = \frac{16M_{кр}}{(\pi d^3)}, \tag{3}$$

то максимально допускаемый угол закручивания вала:

$$\varphi_{\max} = \left(\frac{2\tau_{доп}}{G}\right)\left(\frac{l}{d}\right) \tag{4}$$

В зависимости от способа измерения угла закручивания вала различают торсионные динамометры, механические, оптико-механические и электрические. Наиболее широкое применение для этих целей находят электрические измерения с помощью различных тензодатчиков [10-12].

Особенности применения тензодатчиков для измерения крутящего момента с помощью торсионных динамометров обусловливаются тем, что деформации на поверхности скручиваемого вала направлены под углом 45° к его оси. Поэтому на соединительный вал следует наклеивать как минимум два тензорезистора, ориентированные соответствующим образом относительно вала и друг друга.

Деформацию кручения вала можно измерить и с помощью одного лишь тензодатчика. Но такая простейшая схема отличается малой чувствительностью, восприимчива к деформациям вала в осевом направлении (изгиб, сжатие, растяжение), затрудняет компенсацию температурных влияний. По сравнению с этим два датчика, наклеенные на одной стороне вала под углом 45° по отношению к его образующим и под прямым углом друг к другу, удваивают чувствительность, компенсируют действия побочных деформаций и температурных колебаний, но не устраняют вредного влияния скользящих контактов токосъемника.

Поэтому на соединительный вал тормозной установки наклеивают обычно сразу четыре тензорезистора, как показано на рис.1а. Будучи к тому же наклеены попарно, но с двух сторон вала, они образуют измерительный мост, через скользящие токосъемные устройства соединенный с усилителем измерительного прибора. При такой схеме резко повышается общая чувствительность преобразователя и практически устраняется влияние колебаний сопротивления в скользящих контактах.

Измерительный мост питают или постоянным, или переменным током, но стабилизированным по напряжению. Иначе нельзя гаран¬тировать правильность действия измерительного прибора.

Точность рассматриваемых измерений во многом зависит от на¬дежной работы токосъемного устройства, скользящие контакты которого вызывают опасные колебания величины переходного сопротивления. Эти помехи сводятся к минимуму, если все четыре датчика расположены на валу по схеме, приведенной на рис. 1. Тем не менее, токосъемные устройства требуют тщательной обработки и внимательного ухода. Контактные кольца изготовляют из материала с высокой теплопро-водностью, например из серебра или латуни, а щетки применяют графитовые или серебряно-графитовые с малой массой и достаточно высокой собственной частотой колебаний.

Более надежны в работе ртутные контактные устройства, но они слож-

нее обычных механических, а главное, не безопасны, поскольку приходится иметь дело с ртутью [6]. Наличие скользящих контактов в измерительной цепи прибора служит источником случайных погрешностей в измерениях.

Наиболее простой и надежный способ измерения крутящего момента основывается на непосредственном измерении деформации на поверхности крутильного вала. Главные напряжения на поверхности крутильного элемента, испытывающей чистый сдвиг, как известно, направлены под углом 45° к образующей и численно равны напряжению сдвига (кручения), т. е.

$$\sigma_1 = \sigma_1^{'} = \frac{M_k}{W_k}, \tag{5}$$

где $M_к$ – крутящий момент, $W_к$ – момент сопротивления тензоэлемента на кручение, σ_1 напряжение растяжения, σ_1 – напряжение сжатия.

Главные же деформации равны:

деформация растяжения $\varepsilon_1^{'} = -\varepsilon_1$

$$\varepsilon_1 = \frac{\sigma_1}{E} - \mu\frac{\sigma_1^{'}}{E} = \frac{1+\mu}{E}\cdot\frac{M_k}{W_k}, \tag{6}$$

Деформация сжатия

где E – модуль упругости (Юнга),

На рисунке 1а представлен крутильный тензоэлемент, скручиваемый моментом M_k. На его поверхности наклеены две пары тензорезисторов под углом 45° к образующей. Тензорезисторы R_1 и R_2 подвержены растяжению, а тензорезисторы R_1 и R_2 и – сжатию. Составляя из этих датчиков полумост (рис. 1 б), получим напряжение на измерительной диагонали:

$$U = \frac{\vartheta}{4}\cdot\frac{\Delta R_0 - \Delta R_0^{'}}{R_0} = \frac{\vartheta S}{2}(\varepsilon_1 - \varepsilon_1^{'}) = \frac{\vartheta S}{2}\cdot\frac{1+\mu}{EW_k}M_k, \tag{7}$$

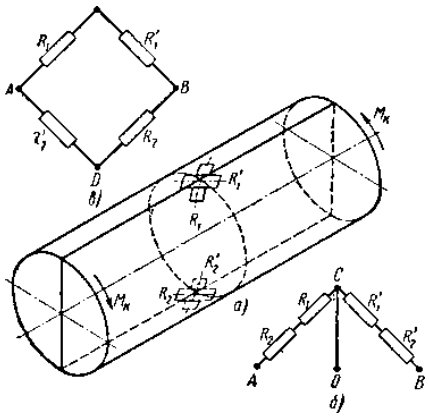


Рис. 1. Схема крутильного тензометрического элемента для измерения крутящего момента M_k: а – схема наклейки тензодатчика сопротивления на приводной вал; б – полумостовая схема; в – выносной мост

Если из этих четырех тензорезисторов составляют выносной мост (рис. 1в), то чувствительность его увеличивается вдвое и в выражении (7) следует заменить в знаменателе 2 на 1. Применение двух пар тензорезисторов в этом случае позволяет компенсировать влияние деформаций изгиба и растя-

жения (сжатия) тензоэлемента на результат измерения крутящего момента.

Результаты и обсуждение. Сегодня в арсенале разработчика достаточно много технических средств для реализации тензометрического способа измерения крутящего момента на валу работающего ДВС. Это специализированные усилители сигнала с тензодатчиков, микроконтроллеры, модули приема-передачи сигналов по радиоканалу и др., отличающиеся миниатюрными габаритами, малой массой и низкой стоимостью [10].

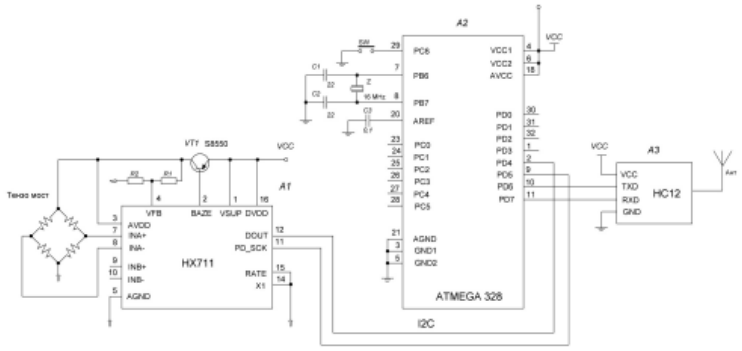


Рис. 2. Схема передающей части измерителя крутящего момента

В связи с этим появилась возможность разместить на валу, соединяющем коленчатый вал ДВС с нагрузочным устройством обкаточно-тормозного стенда, кроме тензорезисторов, тензометрический усилитель *A1*, микроконтроллер *A2* для первичной обработки информации и миниатюрный маломощный радиопередатчик *A3*. Питание этих устройств может осуществляться от миниатюрного аккумулятора или батарейки. Принципиальная схема такого устройства приведена на рис. 2. На приемной стороне информация принимается приемником сигнала по радиоканалу *A1*, предварительно обрабатывается микроконтроллером *A2* и, в виде удобном для передачи, передается на регистрирующий компьютер (рис. 3).

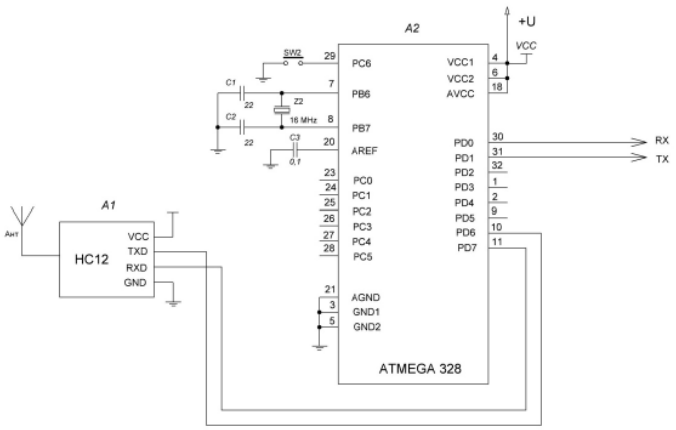


Рис.3. Схема приемной части измерителя крутящего момента

Работа в разрешенном диапазоне радиочастот (433 МГц) и малая мощность передатчика дают возможность использования подобных устройств без получения специального разрешения. Практически измеритель позволяет измерять малейшие изменения крутящего момента на валу двигателя вплоть до моментов кратно превышающих его паспортные значения.

Выводы. Таким образом, устраняется основной недостаток измерения крутящего момента с помощью тензодатчиков – необходимость размещения токосъемного устройства на соединительном валу. В качестве соединительного вала, испытывающего торсионные нагрузки можно применить обычный карданный вал. Устройство калибруется по стандартной для обкаточных стендов методике с помощью тарированных рычагов и грузов. Общая стоимость покупных комплектующих изделий (модулей) и материалов, необходимых для реализации такого устройства, не превышает 2 тыс. рублей.

Библиографический список

1. С Тойгамбаев С.К. Стенд для обкатки и испытания двигателей // Актуальные проблемы современной науки. 2014. № 5 (79). С. 146-149.

2. Тойгамбаев С.К. Испытания двигателей на специальных стендах // Актуальные проблемы современной науки. 2015. №5 (84). С. 163-167.

3. Васькович А.Н. Обкатка дизельных двигателей // В сборнике: Будущее науки - 2015 Сборник научных статей 3-й Международной молодежной научной конференции в 2-х томах. Ответственный редактор: Горохов А.А.. 2015. С. 241-244.

4. Сергеев Н.Н., Петрищев Н.А., Саяпин С.А. Использование систем регистрации и обработки данных при диагностировании узлов, агрегатов // В сборнике: Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции. 2014. С. 355-358.

5. Тимохин С.В., Спицын И.А., Голубев И.Г. Тенденции развития технологий и средств обкатки двигателей автотракторной техники //Труды ГОСНИТИ. 2017. Т. 127. С. 91-96

6. Тимошенко В.Я., Жданко Д.А., Новиков А.В., Ловкис В.Б., Загородских И.В. Обоснование необходимости модернизации существующих обкаточно-тормозных стендов моторемонтных предприятий //Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. №2. С. 144-149.

7. Химченко А.В., Мищенко Н.И. К вопросу об измерении крутящего момента двигателя внутреннего сгорания с помощью торсионной муфты // Вести Автомобильно-дорожного института. 2017. №1 (20). С. 3-15.

8. Горожанкин С.А., Бабанин А.Я., Савенков Н.В., Понякин В.В. Измерение крутящего момента поршневого двс колесной машины при его работе на неустановившемся режиме с помощью торсионного крутильного динамометра // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2018. №1. С. 138-147.

9. Горожанкин С.А., Бабанин А.Я., Савенков Н.В., Понякин В.В. Измерение крутящего момента поршневого двс колесной машины при его работе на неустановившемся режиме с помощью торсионного крутильного динамометра // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2018. №1. С. 138-147.

10. Гапонов В.Л., Гуринов А.С., Дудник В.В. Измерение крутящего момента на вращающихся валах // Вестник Донского государственного технического университета. 2012. Т. 12. №1-2 (62). С. 25-32.

11. Николаенко А.А. Преобразование крутящего момента для динамических измерений // В сборнике: Новое слово в науке и практике : гипотезы и апробация результатов исследований сборник материалов XXXIII Международной научно-практической конференции. 2017. С. 94-98.

12. Иншаков А.П., Байков Д.В., Курбаков И.И., Кувшинов А.Н. К вопросу модернизации и разработки стендов для обкатки и испытаний автотракторных двигателей // Техника и оборудование для села. 2015. №6 (216). С. 45-48.

References

1. Toigonbaev S. K. Stand for running and testing engines // actual problems of modern science. 2014. №5 (79). p. 146-149.

2. Toigonbaev S. K. engine tests on special stands // Actual problems of modern science. 2015. No. 5 (84). p. 163-167.

3. Vaskovich A. N. Run-in of diesel engines / / in the collection: the Future of science - 2015 Collection of scientific articles of the 3rd international youth scientific conference in 2 volumes. responsible editor: Gorokhov A.A.. 2015. P. 241-244.

4. Sergeev N. N... Petrishchev N. A.H. Sayapin S. A. The use of data recording and processing systems in the diagnosis of units, aggregates // in the Collection: innovative development of agriculture in russia on the basis of intelligent machine technologies collection of scientific reports of the international scientific and technical conference. 2014. s. from counter 355 to 358.

5. Timokhin S. V., Spitsyn I. A., Golubev I. G. Trends in the development of technologies and means of running motor vehicles // proceedings of the state. 2017. VOL. 127. P. 91-96

6. Tymoshenko V. YA., Zhdanko D. A., Novikov A.V., Lovkis V. B., Zagorodskikh I.V. Justification of the need to modernize the existing rolling-brake stands of motor-repair enterprises // bulletin of the Belarusian state agricultural academy. 2013. N2. P. 144-149.

7. Himchenko A.V., Mishchenko N.S. On the measurement of the torque of the internal combustion engine using a torsion clutch // Vesti automobile and road institute. 2017. N1 (20). S. 3-15.

8. Gorozhankin S. A., Babanin A. I., Savenkov N. IN. Pinakin V. V. Measurement of the torque of piston combustion engine of a wheeled vehicle during its operation in transient mode using a torsion dynamometer torsion // Proceedings of NSTU them. R. E. Alekseeva. 2018. N1. P. 138-147.

9. Gorozhankin S. A., Babanin A. I., Savenkov N. I., Pinakin V. V. Measurement of the torque of piston combustion engine of a wheeled vehicle during its operation in transient mode using a torsion dynamometer torsion // 2018. N1. P. 138-147.

10. Gaponov V.L., Gurinov A.S., Dudnik V.V. Torque measurement on rotating shafts // Bulletin of the Don state technical university. 2012. 12. №1-2 (62). P. 25-32.

11. Nikolayenko A. A. Torque conversion for dynamic measurements / / in the collection: a new word in science and practice : hypotheses and testing of research results collection of materials of the xxxiii international scientific-practical conference. 2017. P. 94-98.

12. Inshakov A.P., Baikov D.V., Kurbakov I.I., Kuvshinov A.N. On the issue of modernization and development of stands for running and testing of motor engines // machinery and equipment for the village. 2015. № 6 (216). P. 45-48.

УДК 629.33.063.6

ДВУХТОПЛИВНАЯ АККУМУЛЯТОРНАЯ СИСТЕМА ПИТАНИЯ ДЛЯ АВТОМОБИЛЯ УАЗ ПАТРИОТ

Сергей Викторович Тимохин, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Тракторы, автомобили и теплоэнергетика», e-mail: timohinsv@gmail.com;
Иван Алексеевич Спицын, доктор технических наук, профессор кафедры «Основы конструирования механизмов и машин»;
Павел Владимирович Богатырёв, аспирант
Пензенский государственный аграрный университет, г. Пенза, Российская Федерация

Реферат. *Обоснована актуальность использования в двигателях внутреннего сгорания смесевых растительно-минеральных топлив, в том числе на автомобильных дизелях с аккумуляторной системой питания типа Common Rail. К преимуществам смесевого топлива относится простая технология его приготовления, которая может быть реализована как в стационарных условиях, так и на борту мобильных машин. Приготовление на борту машин имеет ряд преимуществ эксплуатационного и экономического характера, в частности имеется возможность коррекции состава топлива в зависимости от нагрузочного режима и других факторов. Однако известные системы обладают существенными недостатками, такими как нестабильность процентного соотношения и качества смешивания компонентов, изменение штатной схемы и условий работы линий слива, повышенное энергопотребление и др., затрудняющими их практическое использование. Разработана двухтопливная система питания, включающая в себя штатную систему питания дизеля, два электрических подкачивающих насоса, фильтр грубой очистки растительного топлива, смеситель-дозатор периодического действия с датчиком уровня топлива, переключатель рода топлива и блок управления. Исследованиями установлено, что встречное движение потоков топлив в смесителе-дозаторе обеспечивает их быстрое и качественное смешивание. Наличие датчика уровня топлива обеспечивает точность процентного соотношения компонентов ±3%. Периодичность работы электрических подкачивающих насосов способствует увеличению срока их службы и снижению расхода электроэнергии до 20 раз по сравнению с аналогами с постоянно включенными электронасосами подачи компонентов смесевого топлива.*

Ключевые слова: *двухтопливная система питания, дизель, смеситель-дозатор, топливо, датчик уровня, блок управления.*

TWO-FUEL RECHARGEABLE POWER SUPPLY SYSTEM FOR UAZ PATRIOT CAR

S.V. Timokhin, I.A. Spitsyn, P.V. Bogatyrev
Penza State Agrarian University

Abstract. *The actuality of the use of mixed vegetable and mineral fuels in*

internal combustion engines, including on automobile diesel engines with a common rail battery system, is substantiated. The advantages of blended fuel include a simple technology for its preparation, which can be realized both in stationary conditions and on board mobile machines. Preparation on board the machines has a number of operating and economic advantages, in particular, it is possible to correct the composition of the fuel depending on the loading regime and other factors. However, the known systems have significant drawbacks, such as the instability of the percentage ratio and the quality of mixing components, the change in the staffing scheme and the operating conditions of the drain lines, increased energy consumption, etc., making them difficult to use. A two-fuel power system was developed, including a regular diesel power supply system, two electric pumping pumps, a vegetable fuel coarse filter, a batch mixer with a fuel level sensor, a fuel switch and a control unit. Studies have established that the counter-flow of fuel flows in the mixer-dosing device ensures their rapid and qualitative mixing. The presence of a fuel level sensor provides an accuracy of a percentage of components of ± 3%. The frequency of operation of electric pumping pumps contributes to an increase in their service life and to a reduction of electric power consumption by up to 20 times in comparison with analogues with constantly switched-on electric pumps feeding mixed-fuel components.

Keywords: bi-fuel power system, diesel, mixer-metering device, fuel, level sensor, control unit.

Введение. В связи с сокращением запасов нефти и газа увеличивается интерес к биологическим (растительным) видам топлива, получаемым из семян масличных культур, – рапса, рыжика, подсолнечника, сафлора и др. [1-4]. Непосредственное использование такого топлива вместо минерального дизельного без существенных изменений в системе питания дизеля практически невозможно в связи с большой его вязкостью, затрудняющей прохождение через фильтрующие элементы и ухудшающей качество распыливания топлива форсунками. Плохой распыл топлива ухудшает смесеобразование и, как следствие, ведет к неполноте сгорания, снижению мощности и экономичности дизелей, закоксовыванию распылителей форсунок.

Для предприятий АПК целесообразным является использование смесевых растительно-минеральных топлив, состоящих из чистого растительного масла (покупного или собственного производства) и дизельного топлива, смешанных в требуемой пропорции. К преимуществам смесевого топлива следует отнести простую технологию его приготовления, а к недостаткам – несколько худшие по сравнению с минеральным и биодизелем показатели (в основном по вязкости), а также некоторое снижение номинальной мощности дизеля (до 8-10%) по мере увеличения доли растительного топлива. Приготовление смесевых топлив может осуществляться как в стационарных условиях, так и на борту мобильных машин. Приготовление смесевых топлив на борту машин имеет ряд преимуществ эксплуатационного и экономического характера, однако требует существенной доработки систем питания дизелей. Известны примеры таких систем для тракторных дизелей [1, 5, 6], но для автомобильных, с аккумуляторной системой питания, таких систем не выявлено.

Цель исследования. Разработка и исследование двухтопливной аккумуляторной системы питания для автомобиля УАЗ Патриот, обеспечивающей возможность оперативной коррекции состава смесевого топлива в зависимости от нагрузочного режима, качественное дозирование и смешивание компонентов.

Материалы и методы. При проведении теоретических исследований использовались патентно-информационный анализ состояния вопроса, основные положения теории ДВС, электротехники и электроники, гидравлики и конструкции автомобилей.

При проведении экспериментальных исследований использовались методы макетирования и физического моделирования объектов, прямые и косвенные методы измерений контролируемых параметров. В качестве растительного компонента смесевого топлива использовалось сафлоровое масло (СафМ). Точность процентного соотношения компонентов смесевого топлива определялось путём взвешивания технологических топливных баков в последовательных циклах работы системы. Качество смешивания компонентов определялось путём последовательного отбора элементарных, фиксированных по объёму, проб смесевого топлива с линии слива из головки ТНВД с последующим их взвешиванием и расчётом процентного содержания компонентов. В качестве рабочей гипотезы выдвинуто предположение о возможности и целесообразности работы дизелей с аккумуляторной системой питания на смесевом растительно-минеральном топливе, поскольку высокое давление впрыска данной системы обеспечит хорошее распыливание вязкого смесевого топлива, оптимальное протекание рабочего процесса дизеля и паспортное значение номинальной мощности.

Электронное управление углами и величиной цикловой подачи топлива решает проблему обеспечения паспортных значений мощности дизеля при различном соотношении компонентов смесевого топлива. Кроме этого повышенная вязкость такого топлива может продлить срок службы дорогостоящих элементов этой системы (ТНВД и форсунок) в связи с лучшей смазывающей способностью и меньшими утечками через зазоры.

Возможность получения паспортного значения номинальной мощности дизелей при их работе на смесевом топливе теоретически обосновывается тем, что энергетическая ценность одной и той же объемной дозы (цикловой подачи) чистого СафМ всего на 3,4% меньше аналогичного показателя минерального (ДТ), а у смесевого топлива с объемным соотношением компонентов 50% СафМ+50% ДТ эта разница составляет только 2% [1].

Проведенный патентно-информационный анализ двухтопливных систем питания дизелей показал наличие систем, использующих как готовое смесевое топливо, так и приготовленное на борту машин [7-9]. Системы с приготовлением смесевого топлива на борту имеют возможность коррекции ее состава в зависимости от нагрузочного режима и других факторов и более удобны в эксплуатации. Вместе с тем известные системы такого типа, содержащие дозаторы и смесители растительного и минерального компонентов непрерывного действия [8], обладают существенными недостатками, такими как нестабильность процентного соотношения и качества смешивания компонентов, изменение штатной схемы и условий работы линий слива, повышенное энергопотребление и др.,затрудняющими их практическое использование. Для устранения указанных выше недостатков нами ранее была разработана двухтопливная система питания со смесителем-дозатором периодического действия, прошедшая стендовые и полевые испытания на тракторном дизеле [9]. Положительные результаты испытаний, обоснованная выше перспективность использования растительно-минеральных смесевых топлив, а также конструктивные особенности системы питания автомобиля УАЗ Патриот с дизельными двигателями IVECO F1A

и ЗМЗ 51432 (наличие двух топливных баков, подкачивающего электронасоса, подогревателя топлива, современная аккумуляторная система впрыска топлива высокого давления типа Common Rail) явились основанием разработки аналогичной системы для данного автомобиля. Структурная гидравлическая схема системы (рис. 1) содержит баки минерального (дизельного) и растительного топлив (БМТ и БРТ), первый (ФГО1) и второй (ФГО2) фильтры грубой очистки топлива, первый (ЭПН1), второй (ЭПН2) и третий (ЭПН3) электрические подкачивающие насосы, смеситель-дозатор (СД) периодического действия, двухсекционный переключатель рода топлива (ПРТ), штатные подогреватель топлива (ПТ), фильтр тонкой очистки топлива (ФТО), топливный насос высокого давления (ТНВД), топливную рампу (ТР), электроуправляемые форсунки (ЭФ), а также линии подачи растительного 1, минерального 2 и смесевого 3 топлив, линию слива топлив 4 и воздушную линию 5. В штатном режиме работы на дизельном топливе оно из БМТ через ФГО2 и ПРТ1 поступает на вход ЭПН3, с него через подогреватель ПТ и ФТО – на ТНВД. С выхода ТНВД, топливо под высоким (до 200 МПа) давлением поступает в топливную рампу ТР (гидроаккумулятор) и с нее на форсунки Ф и далее в камеры сгорания ДВС. Топливо с форсунок, ТНВД и ФТО (при прокачке системы) по линии слива 4 через ПРТ2 подается в БМТ. При работе на смесевом топливе ЭПН1 и ЭПН2 поочередно, по сигналам датчика уровня 1 СД (рис. 2) и блока управления, подается топливо в СД, где оно дозируется и смешивается. Смесевое топливо из СД через ПРТ1 подается к входу в ЭПН3 и далее, по штатной схеме в ДВС. Сливаемое смесевое топливо в этом режиме переключателем рода топлива ПРТ 2 направляется в СД. Слив подогретого смесевого топлива в СД повышает его температуру и снижает вязкость, улучшая работу ТНВД и качество его распыла в камере сгорания.

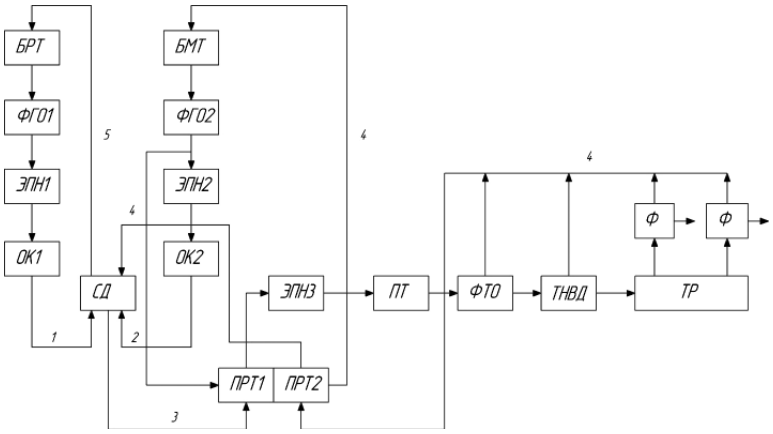


Рис. 1. Структурная гидравлическая схема двухтопливной системы питания автомобиля УАЗ Патриот

Fig. 1. Structural hydraulic circuit of the bi-fuel power system of the UAZ Patriot car

При работе на смесевом топливе ЭПН1 и ЭПН2 поочередно, по сигналам датчика уровня 1 СД (рис. 2) и блока управления, подается топливо в СД, где оно дозируется и смешивается. Смесевое топливо из СД через ПРТ1 подается к входу в ЭПН3 и далее, по штатной схеме в ДВС. Сливаемое смесевое топливо в этом режиме переключателем рода топлива ПРТ 2 направляется

в СД. Слив подогретого смесевого топлива в СД повышает его температуру и снижает вязкость, улучшая работу ТНВД и качество его распыла в камере сгорания. Структурная электрическая схема блока управления (БУ) двухтопливной системы питания дизеля приведена в описании патента № 153246 РФ [10]. Основными элементами БУ являются задатчик состава смесевого топлива (ЗСТ), два электронных инвертирующих ключа, три ключа-защелки и генератор пускового импульса. Входы БУ связаны с многопозиционным датчиком уровня топлива в СД, а выходы – с электронасосами ЭПН1 и ЭПН2. Смеситель-дозатор периодического действия (рис. 2) с многопозиционным (трехпозиционным) датчиком уровня топлива 1 содержит корпус 2 цилиндрической формы, на внутренней стороне нижней крышки которого (в ее периферийной части) диаметрально противоположно установлены первая 4 и вторая 5 форсунки с направленными в одну сторону (встречно) и тангенциально к диаметру сосуда выходными отверстиями. Оси отверстий расположены в горизонтальной плоскости, на высоте, меньшей высоты минимального (нижнего) уровня топлива в смесителе-дозаторе. Входы форсунок 4 и 5 подключены к входным штуцерам 6 и 7, расположенным на внешней стороне нижней крышки 3, на которой также размещен выходной штуцер 8. На верхней крышке 9 размещены штуцеры 10 и 11, и штыревой разъем и элементы многопозиционного датчика уровня топлива 1.

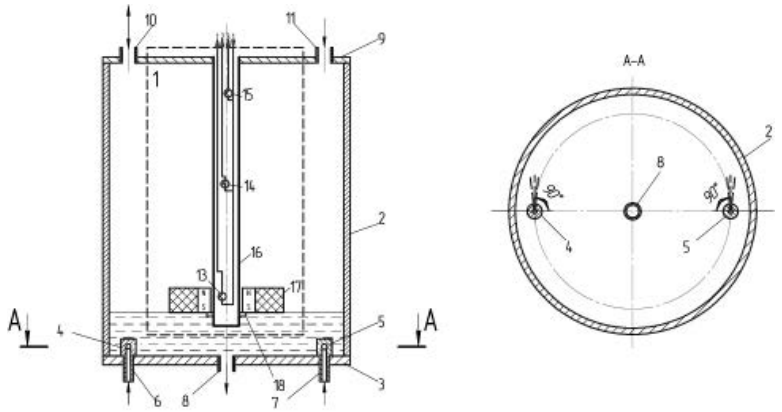


Рис. 2. Смеситель-дозатор накопительного типа с многопозиционным датчиком уровня топлива

Fig. 2. Mixer-metering device with a multi-position fuel level sensor

Поплавковый герконовый датчик уровня топлива 1 содержит три магнито управляемых контакта (геркона) 13-15, расположенных внутри вертикальной немагнитной трубки 16 соответственно на нижнем, промежуточном и верхнем уровнях. Трубка 16 заглушена снизу и имеет немагнитное кольцо-упор 18, ограничивающее перемещение поплавка-магнита 17 на нижнем уровне, соответствующем минимальному объёму топлива в смесителе-дозаторе.

Состав формируемой смеси определяется положением промежуточных герконов (14) и не зависит от режима работы дизеля, что обеспечивает точность заданного процентного соотношения компонентов. Для получения нескольких значений процентных соотношений смесевого топлива в трубку датчика устанавливают нужное количество промежуточных герконов на требуемых уровнях и подключают их выходы к штыревому разъему датчика.

Качество смешивания компонентов обеспечивается за счет высокой ско-

рости впрыска растительного топлива во вращающийся столб минерального во встречном направлении. Рукоятка ЗСТ располагается на передней панели БУ, размещаемого в удобном для водителя месте.

Двухсекционный двухходовой переключатель рода топлива может быть как с ручным, так и с электромагнитным управлением. Во втором случае уменьшается длина трубопроводов и повышается удобство управления системой, но несколько возрастает энергопотребление. В этом случае задавать род топлива и процентное соотношение смесевого топлива можно одной рукояткой ЗСТ исходя из нагрузочного и температурного режимов дизеля, количества топлива в баках и т.п. После изготовления макетного образца системы были проведены экспериментальные исследования с целью определения фактических значений ее основных параметров.

Результаты исследований. В результате проведенных исследований установлено, что для процентного состава смесевого топлива 50% на 50% время заполнения рабочего объема смесителя (1 л) дизельным топливом и сафлоровым маслом составляет 20 секунд (при стабилизированном напряжении питания электронасосов 14В). При скорости движения УАЗ – 3163, равной 90 км/час, путевом расходе 10 л/час и часовом 9 л/час система включится 9 раз за один час работы, при этом суммарное время работы электронасосов составит 180 секунд. Коэффициент рабочего времени составит 5%, а расход электроэнергии 2,1 Ватта в час. По сравнению с аналогами с постоянно включенными электронасосами подачи топлив время их работы и расход электроэнергии будет в 20 раз меньше. При меньших скоростях и расходах топлива эта разница будет еще больше. Качество смешивания компонентов, оцениваемое по отклонению их процентного содержания в последовательных элементарных пробах смесевого топлива от заданного, составило не более ±3%.

Выводы. Разработанная двухтопливная система питания дизеля автомобиля УАЗ Патриот обеспечивает возможность оперативной коррекции его состава в зависимости от нагрузочного режима качественное дозирование и смешивание компонентов. Периодичность работы электрических подкачивающих насосов способствует увеличению их срока службы и снижению расхода электроэнергии до 20 раз по сравнению с аналогами с постоянно включенными электронасосами подачи компонентов смесевого топлива.

Библиографический список

1. Васильев И.П. Влияние топлив растительного происхождения на экологичесике и экономические показатели дизеля. Восточноукраинский национальный университет им. Владимира Даля. Луганск, 2009. 240 с.

2. Walker D. A. Biofuels, facts, fantasy, and feasibility. J. Appl. Phycol. V. 21. 2009. P. 509-517.

3. Марков В. А., Иващенко Н. А., Девянин С.Н., Нагорнов С. А. Использование биотоплива на основе растительных масел в дизельных двигателях // Инженерный журнал: наука и инновации. 2012. №10 (10). С. 8.

4. Марков В. А., Нагорнов С. А., Девянин С. Н. Использование смесей нефтяного дизельного топлива с растительными маслами и их эфирами в дизелях // Грузовик. 2011. N7. С. 36-46.

5. Тимохин С.В., Богатырев П.В., Кашавин В.А., Пеликов В.В., Епифанов В.В. Анализ методов и средств диагностики системы питания дизелей типа Common Rail // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса России: сб. мат. всерос. науч.-прак. конф. 2017. Т 3. Пенза: ПГАУ, 2017. С. 26-28.

6. Федоренко В.Ф., Буклагин Д.С., Нагорнов С.А., Зазуля А.Н., Голубев И.Г. Ис-

пользование биологических добавок в дизельное топливо: науч. аналит. обзор. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. 20 с.

7. Патент №2443887 РФ. Система питания автотракторного дизеля // Савельев Г.С., Кочетков М. Н. 2012, Бюл. N 6.

8. Патент № 2387867 РФ. Двухтопливная система тракторного дизеля / Уханов А.П., Уханов Д.А., Рачкин В.А., Иванов В.А. 2010. Бюл. N12.

9. Тимохин С.В., Адгамов И.Ф. Двухтопливная система питания дизеля со смесителем-дозатором периодического действия // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса России: сб. ст. Междунар. науч.-прак. конф. молодых ученых 2016. Т 3. Пенза: РИО ПГСХА, 2016. С. 21-24.

10. Патент № 153246 РФ. Двухтопливная система питания дизеля / Тимохин С.В., Адгамов И.Ф., Шаронов Г.И., Тимохин А.С. 2015. Бюл. N19.

11. Измайлов А.Ю., Евтюшенков Н.Е. Дзоценидзе Т.Д., Левшин А.Г., Галкин С.Н. Инновационное развитие транспортной сферы агропромышленного комплекса М.: ВИМ. 2011. 230 с.

12. Галкин С.Н., Дзоценидзе Т.Д., Левшин А.Г., Евтюшенков Н.Е., Измайлов А.Ю. Агротехнологические и технологические параметры автомобилей сельскохозяйственного назначения //Тракторы и сельхозмашины. 2011.N5 С. 3-6.

References

1. Vasiliev I.P. The influence of vegetable fuels on the environmental and economic performance of diesel. East Ukrainian National University. Vladimir Dal. Lugansk, 2009: 240. (In Russian)

2. Walker D. A. Biofuels, facts, fantasy, and feasibility. J. Appl. Phycol. V. 21. 2009: 509-517.

3. Markov V.A, Ivashchenko N.A., Devyanin S.N., Nagornov S.A. Use of biofuel based on vegetable oils in diesel engines // Engineering Journal: Science and Innovation. 2012; 10: 8. (In Russian)

4. Markov V.A., Nagornov S.A., Devyanin S.N. Use of mixtures of petroleum diesel fuel with vegetable oils and their esters in diesel engines // Truck. 2011; 7: 36-46. (In Russian)

5. Timokhin S.V., Bogatyrev P.V., Kashavin V.A., Pelikov V.V., Epifanov V.V. Analysis of methods and means of diagnostics of the power supply system for diesel engines of the Common Rail type // Innovative ideas of young researchers for the Russian agro-industrial complex: coll. mat. all-Russia. scientific-prak. Conf. March 23-24, 2017. Penza: RIO of PGAU, 2017; 3: 26-28. (In Russian)

6. Fedorenko V.F., Buklagin D.S., Nagornov S.A., Zazulya A.N., Golubev I.G. Use of biological additives in diesel fuel: scientific. analyte. overview. Moscow: FGNU "Rosinformagrotekh", 2007: 20 (In Russian)

7. Patent N2443887 of the Russian Federation. Power supply system of an autotractor diesel engine / Saveliev G.S., Kochetkov M.N. 2012, Byul. N 6. (In Russian)

8. Patent N2387867 of the Russian Federation. Two-fuel system of a tractor diesel engine / Ukhanov A.P., Ukhanov D.A., Rachkin V.A., Ivanov V.A. 2010. Byul. N12.

9. Timokhin S.V., Adgamov I.F. Two-fuel diesel power system with a mixer-batcher of periodic action // Innovative ideas of young researchers for the Russian agro-industrial complex: Sat. Art. Intern. scientific-practical. Conf. Young Scientists March 17-18, 2016. Penza: RIO of PSA, 2016; 3: 21-24.

10. Patent N153246 of the Russian Federation. Two-fuel diesel power supply system / Timokhin S.V., Adgamov I.F., Sharonov G.I., Timokhin A.S. 2015. Byul. N19. (In Russian)

11. Izmailov A. Yu., Evtushenko N. E. Dzotsenidze T. D., Levshin A. G., Galkin S. N. Innovative development of transport sphere of agro-industrial complex M.: VIM. 2011. 230 p.

12. Galkin S. N., Dzotsenidze T. D., Levshin A. G., Evtushenkov N. E. Izmailov, A. Yu., agro-technological and technological parameters of vehicles for agricultural purposes //Tractors and agricultural cars. 2011.N5 P. 3-6.

УДК 62-93

АНАЛИЗ УПРАВЛЯЮЩИХ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Тимур Анверович Кильдеев, младший научный сотрудник,
e-mail: kildeevt@mail.ru;
Алексей Алексеевич Соломашкин, инженер;
e-mail: gosniti-lab4@mail.ru,
Константин Геннадьевич Совин, ведущий научный сотрудник,
кандидат технических наук, e-mail: gosniti-lab4@mail.ru;
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,
Москва, Российская Федерация

Реферат. *Качество и объем выполняемых сельскохозяйственной машиной работ зависят от технического состояния этой машины, которое поддерживается операциями технического обслуживания и ремонта (ТОР). Отмечено, что на эффективность данных мероприятий значительное влияние оказывает стратегия ТОР, основой которой является система допусков для ряда параметров. Известно, что надежность деталей определяется некоторыми основными пока-зателями – безотказностью и долговечностью деталей. (Цель исследования) Определить управляющие факторы, влияющие на основные показатели надежности деталей машин, получить аналитические зависимости. (Материалы и методы) Привели связи основных показателей надежности с допускаемым значением параметра и периодичностью его проверки. Определили локальные и интегральные показатели надежности и их связь между собой. Выявили ряд факторов, влияющих на основные показатели надежности деталей машин – это вид уравнения изнашивания, закон распределения ресурса этих деталей, формат системы допусков, коэффициент вариации ресурса, коэффициент доверительной вероятности безотказной работы и периодичность проведения диагностических работ. Отметили, что в существующей системе, включающей один допуск, безотказность и долговечность зависят от этого допуска и некоторых дополнительных параметров. Перспективные системы допусков, в отличие от существующих, позволяют корректировать значение допуска в зависимости от вида кривой изнашивания, что обеспечивает улучшенные по-казатели надежности деталей машин. (Результаты и обсуждение) Для сравне-ния эффективности существующей и перспективной систем контроля состояния машин, рассчитали основные показатели надежности для топливного насоса высокого давления. Получили, что при контроле технического состояния насоса по перспективной системе допусков, ресурс этого насоса используется более эффективно. (Выводы) Выявили, что применение систем допусков с корректируемым допуском позволит уменьшить число отказов и повысить средний срок службы агрегатов.*

Ключевые слова: *надежность, безотказность, система допусков, кривая изнашивания, техническое обслуживание и ремонт.*

ANALYSIS OF GOVERNING FACTORS THAT AFFECT THE MAIN INDICATORS OF RELIABILITY OF AGRICULTURAL MACHINE PARTS

Kildeev T.A., Solomashkin A.A., Sovin K.G.,
Federal Scientific Agro-Engineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The quality and volume of the work performed by the agricultural machine depend on the technical condition of this machine, which is supported by maintenance and repair operations. It was noted that the effectiveness of these activities is significantly influenced by the strategy of maintenance, which is based on the system of tolerances for some parameters. It is known that the reliability of machine parts is determined by some key parameters – reliability and durability. (Purpose of research) To determine the analytical dependencies of control factors which effect on the main reliability indicators of machine parts. (Materials and methods) The links of the main reliability indicators with the allowed value of the parameter and the frequency of its verification are given. The definition of local and integral indicators of reliability and their relationship with each other are given. Some factors that affect the main indicators of reliability of machine parts are determined. It is the form of the wear equation, the law of resource allocation of these parts, the format of the tolerance system, the coefficient of variation of the resource, the coefficient of confidence in failure-free operation, and the frequency of diagnostic work. We have noted that in the existing system, including one tolerance, reliability and durability depend on this tolerance and some additional parameters. Perspective tolerance systems, unlike existing ones, allow you to adjust the tolerance value depending on the type of wear curve, which provides improved reliability of machine parts. (Results and discussion) To compare the effectiveness of existing and prospective tolerance systems, we calculated the main reliability indicators for a high-pressure fuel pump. We obtained that when monitoring of the technical state of the pump is done by a tolerance system with an adjustable tolerance, the resource of this pump is used more efficiently. (Conclusions) It was found that the use of tolerance systems with an adjustable tolerance would help to reduce the number of failures and increase the average service life of the machine units.*

Keywords: *reliability, non-failure, tolerance system, wear curve, maintenance and repair.*

Введение. Система допусков это – сердце ремонта, её основой является наличие в ней допускаемого значения контролируемого параметра – допуска D. Существующая система допусков основана на использовании одного допуска, постоянного на весть срок службы машины. Для группы одноименных деталей, имеющих различные скорости изнашивания, постоянный допуск не эффективен.

Вероятность отказа для деталей с относительно высокой скоростью изнашивания будет завышена, а вероятность отказа деталей с относительно низ-кой скоростью изнашивания – занижена. В итоге детали с высокой скоростью изнашивания будут выходить из строя чаще обычного, а детали с малой скоро-стью изнашивания будут выведены из эксплуатации раньше установленного срока, не выработав свой ресурс до конца.

Для устранений указанных недостатков разработана математическая мо-

дель системы допусков, основанная на использовании одного допуска, корректируемого в течение срока службы машины.

Особенность данной системы состоит в том, что для больших скоростей изнашивания значение допуска более жесткое, чем для малых.

В первую очередь, при ресурсном диагностировании выбраковываются детали, имеющие скорость изнашивания такую, что они предположительно откажут в следующий межконтрольный период. Для деталей же с малой скоростью изнашивания, значения допуска устанавливаются выше обычного, для того, чтобы деталь проработала дольше, т.е. с бóльшим ресурсом. Такой допуск для группы одноименных деталей, с большим коэффици-ентом вариации ресурса (он достигает 10-20%), позволяет снизить для неё вероятность отказа, теоретически, в 2-4 раз, при этом увеличив ресурс на 10-15%.

Цель исследования. Определить управляющие факторы, влияющие на основные показатели надежности деталей машин, получить аналитические за-висимости и предложить эффективную математическую модель системы тех-нического обслуживания и ремонта машин и агрегатов.

Материалы и методы. Известно, что одним из показателей качества продукции является его надежность. Под надежностью, в основном, понимается долговечность, безотказность, сохраняемость, ремонтопригодность и другие показатели.

Для решения поставленной задачи требуется определить управляющие факторы, влияющие на основные показатели надежности, а также разработать математическую модель, объясняющую механизм их влияния на надежность деталей машин.

Для системы допусков важны два интегральных показателя – безотказность и долговечность, так как они наиболее полно характеризуют надежность деталей машин, применяемых в сельском хозяйстве [1-3].

Согласно ГОСТ 27.002-2009, вероятность безотказной работы – вероятность выполнить требуемую функцию, при данных условиях, в заданный ин-тервал времени, а долговечность – способность изделия выполнять требуемую функцию, до достижения предельного состояния, при данных условиях использования и технического обслуживания.

Под данными условиями могут рассматриваться технические, климатические, экономические показатели, условия работы деталей.

Показателем долговечности для группы одноименных деталей, в данном случае, является их средний срок службы [4].

Поскольку в процессе эксплуа-тации машины формируются два потока деталей, подлежащих изъятию из экс-плуатации – отказавшие и предварительно замененные, то соответственно, этот интегральный показатель надежности следует рассматривать в первую очередь.

Срок службы рассчитывается как сумма локальных сроков службы отказавших деталей и предварительно замененных деталей:

$$T = t_{отк} + t_{зам}, \quad (1)$$

где $t_{отк}$ – локальный срок службы отказавших деталей, мото-час;

$t_{зам}$ – локальный срок службы предварительно замененных деталей, мото-час;

T – суммарный срок службы деталей, мото-час.

Сроки службы t_{otk} и t_{zam}, так же, как и вероятности отказов, являются локальными показателями, зависящие от t_i [5]:

$$t_{отк} = \int_0^{tk1} t \cdot \varphi(t)dt \qquad (2)$$

$$t_{зам} = tk_i \int_{tk_i}^{tk_{i+1}} t \cdot \varphi(t)dt \qquad (3)$$

где tk_i – наработка на момент контроля, мото-час;

$\varphi(t)$ – закон распределения ресурса деталей машин.

Вероятность безотказной работы это – сумма локальных вероятностей безотказной работы отказавших деталей и локальной вероятности безотказной работы предварительно замененных деталей:

$$Q=q_{отк}+q_{зам}, \qquad 4)$$

где $q_{отк}$ – локальная вероятность безотказной работы отказавших деталей;

$q_{зам}$ – локальная вероятность безотказной работы предварительно замененных деталей;

Q – суммарная вероятность безотказной работы деталей.

В частности, локальная вероятность q_i определяется по следующей формуле:

$$q_i = \int_{tk_i}^{tk_{i+1}} \varphi(t)dt\,, \qquad (5)$$

где q_i – вероятность i-го отказа/замены.

Допуск также зависит от графика проверки параметров. Вероятность отказа и локальные сроки службы также зависят от данного показателя, следовательно, связаны с одним допуском [6].

$$D = U_{пр}\left(\frac{tk}{tk + tm}\right)^{\alpha}, \qquad (6)$$

где $U_{пр}$ – предельное значение параметра;

D – допускаемое значение параметра;

tm – межконтрольная наработка, мото-час;

α – показатель степени кривой изнашивания.

Таким образом, и локальные и интегральные показатели надежности, зависят от значений допуска и межконтрольной наработки.

При этом, при определении интегральных показателях надежности, сначала определяются локальные показатели надежности, а затем – интегральные, как сумма локальных показателей. В зависимости от математической модели системы контроля (допуск постоянный или корректируемый), используемой в данной стратегии технического обслуживания и ремонта, значения показателей могут изменяться.

Можно утверждать, что на безотказность и долговечность существенное влияние оказывают такие управляющие факторы, как скорость изнашивания деталей машин, система допусков, формирующая потоки отказавших и предварительно замененных деталей, графики контроля параметров, а также закон распределения ресурса контролируемых деталей, коэффициент доверительной вероятности безотказной работы и коэффициент вариации ресурса [7,8].

Рассмотрим состав основных и дополнительных параметров, определя-

ющих основные показатели надежности *Q* и *T*.

В существующей методике (с постоянным допуском на весь срок службы машины/ агрегата), включающей один некорректируемый допуск, безот-казность и долговечность зависят от этого допуска и некоторых дополнительных параметров. Перспективные системы допусков, в отличие от существующих, вклю-чают в себя несколько допусков (или один корректируемый допуск), что обес-печивает улучшенные показатели надежности деталей машин. Формула для определения нескольких допусков:

$$D(i) = U_{ном} + \left(U_{пр} - U_{ном}\right) \cdot \left(\frac{(tm_0 + (i-1)) \cdot \sigma}{tm_0 + 1 \cdot \sigma} \right)^{\alpha}, \qquad (7)$$

где i – номер проверки;

tm_0 – наработка до начала активного участка контроля;

σ – среднеквадратическое отклонение фактического изменения параметра;

$U_{ном}$ – номинальное значение параметра;

$U_{пр}$ – предельное значение параметра;

α – показатель степени кривой изнашивания.

Поэтому здесь на показатели надежности влияют система допусков D(i) и дополнительные параметры:

– вид кривой изнашивания;

– периодичность проверки параметров;

– закон распределения ресурса деталей машин;

– вероятность безотказной работы;

Коэффициент вариации ресурса. Можно утверждать, что безотказность и долговечность зависят, в первую очередь, от номинального, допускаемого и предельного значения параметра, а также от периодичности проверки [9].

Результаты и обсуждение. Для определения эффективности предлагае-мой математической модели системы допусков с корректируемым допуском необходимо рассчитать по существующей (рис. 1) и предлагаемой (рис. 2) системам допусков показатели надежности для одного и того же агрегата. Сравнение показателей надежности проводили для топливного насоса высокого давления УТН-5 [5]. В качестве основного показателя надежности была вы-брана пропускная способность насоса за один цикл (мм^3/цикл). В качестве предела пропускной способности насоса выбрано значение 90 мм^3/цикл – при достижении этой отметки устройство считается вышедшим из строя. Номинальное значение пропускной способности составляет 140 мм^3/цикл.Математическое моделирование проводилось в среде Mathcad 2015 [10-12].

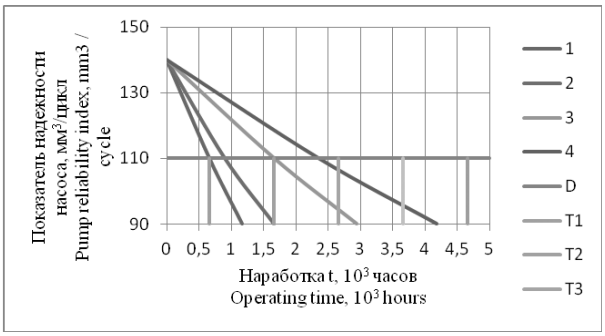


Рис.1. Кривые изнашивания для существующей системы допусков – модель N1
Fig.1. Wear curves for the existing tolerance system – model N 1

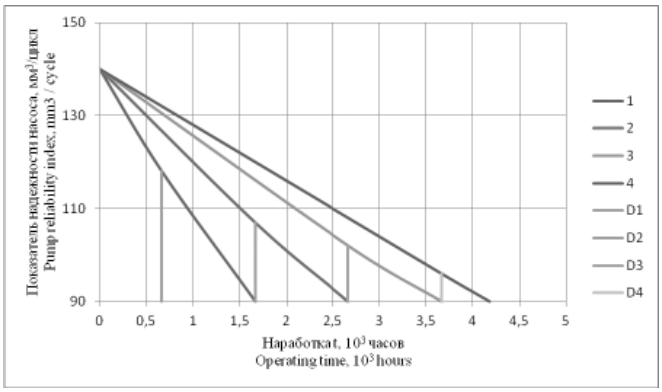


Рис.2. Кривые изнашивания для новой системы допусков – модель N2
Fig.2. Wear curves for the new tolerance system – model N 2

Для всей группы одноименных агрегатов построены, исходя из изменения основного показателя надежности в течение срока испытаний, предельные веерные кривые изнашивания 1…4. Результаты построения для существующей и новой систем допусков приведены соответственно на рисунке 1 и рисунке 2. Следует отметить, что линии Т1…Т4 на рисунке 1 – это моменты времени, в которые проводится контроль показателей надёжности (контрольные точки), а на графике 2 линии D1…D4 совпадают с контрольными точками для данной модели. Допуска D1…D4 для модели 2 определяются по формуле (7). Получаем допускаемые значения: D1 = 118 мм^3/цикл; D2 = 110 мм^3/цикл; D3 = 105 мм^3/цикл; D4 = 101 мм^3/цикл. Допускаемое значение пропускной способности наноса для модели 1 составляет 110 мм3/цикл. По вышеприведенным формулам определяются фактические суммарные показатели надёжности насоса.

По результатам расчетов, значения безотказности и долговечности агрегата, рассчитанные по моделям 1 и 2 соответственно равны 45,4% и 84,1% (безотказность) и 1842 и 1917 мото-часов (долговечность).

Выводы. Рассмотрены и проанализированы управляющие факторы, влияющие на показатели надежности. Главным образом – это сама система допусков и гра-фики проведения диагностических работ и, кроме того, коэффициент вариации ресурса, коэффициент доверительной вероятности безотказной работы и вид уравнения изнашивания, закон распределения ресурса этих деталей – дополни-тельные параметры.

Ожидается, что применение систем допусков с корректируемым значе-нием допуска позволит уменьшить число отказов в 2 и более раза и повысить средний срок службы детали/агрегата/машины на 25% [11-13].

Библиографический список

1. Соломашкин А.А. Методы контроля новых и изношенных деталей. М.: // Труды ГОСНИТИ, 2017; Т.126: С. 175-178.

2. Селиванов А.И, Артемьев Ю.Н. Теоретические основы ремонта и надежности сельскохозяйственной техники. М.: Колос, 1978, 248 с.

3. Соломашкин А.А., Михлин В.М. Метод определения динамики изнашивания, изменения параметра элементов машин по результатам их диагностирования. Ремонт, восстановление, модернизация, 2008; N4: С. 41-45.

4. Совин К.Г., Соломашкин А.А. Рекомендации по применению измерительной техники при дефектации деталей двигателя внутреннего сгорания // Сельскохозяйствен-

ная техника: обслуживание и ремонт. М.: ИД Панорама, 2016; N 11: С. 33-38.

5. Соломашкин А.А. Дифферинтегральные функции // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. М.: ИД Панорама, 2016; N 12: С. 33-42.

6. Соломашкин А.А. Состояние объекта. М.: Труды ГОСНИТИ, 2014; Т.122: С. 114-119.

7. Соломашкин А.А. Обоснование параметров и размеров деталей при ремонте двигателя внутреннего сгорания // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. М.: ИД Панорама, 2016; N 8: С. 27-31.

8. Соломашкин А. А. Определение допускаемых значений параметра машины. Механизация и электрификация сельского хозяйства, 2012; N5: С.38-39.

9. Иванов В.П. Ремонт автомобилей: Учебное пособие / В.П. Иванов. Минск: Вышэйшая школа, 2009, 383 с.

10. Краскевич В. Е. и др. Численные методы в инженерных исследованиях: Учебное пособие / Выш. шк. 1986. 263 с.

11. Корчагин В.А., Птицын Д.В. Расчет экономической эффективности внедрения новой техники на автотранспортных предприятиях. Киев: Техника. 1980.289 с.

12. Дорохов А.С. Система входного контроля качества запасных частей // Ремонт. Восстановление. Модернизация. Издательство «Наука и Технология». 2011.N8. С. 27-29.

13. Дорохов А.С. Совершенствование входного контроля качества сельскохозяйственной техники и обоснование методов оценки его эффективности: Дисс.... канд. техн. наук: М.: 2007. 228 с.

References

1. Solomashkin A.A. Methods for monitoring new and worn parts. Moscow:

Trudy GOSNITI, 2017; No 126: 175-178. (In Russian)

2. Selivanov A.I., Artemiev Yu.N. Theoretical bases of repair and reliability of agricultural machinery. Moscow: Kolos, 1978: 248. (In Russian)

3. Solomashkin A.A., Mikhlin V.M. The method of determining the dynamics of machines from the results of their diagnosis. Vosstanovlenie, remont, modernizatsia, 2008; No 4: 41-45. (In Russian)

4. Sovin K.G., Solomashkin A.A. Recommendations on the use of measuring equipment for defective parts of the internal combustion engine // Sel'skohozyajstvennaya tekhnika: obsluzhivanie i remont. Moscow: Panorama. 2016; No 11: 33-38. (In Russian)

5. Solomashkin A.A. The state of the object. Moscow: Trudy GOSNITI, 2014; No 122: 114-119. (In Russian)

6. Solomashkin A.A. Justification of the parameters and dimensions of parts during the repair of the internal combustion engine // Sel'skohozyajstvennaya tekhnika: obsluzhivanie i remont. Moscow: Panorama, 2016; No 8: 27-31. (In Russian)

7. Solomashkin A.A. Differential functions // Sel'skohozyajstvennaya tekhnika: obsluzhivanie i remont. Moscow: Panorama, 2016; No 12: 33-42. (In Russian)

8. Solomashkin A.A. Determination of the permissible values of the estimation of machines. Mechanizatsia I electrificatsia sel'skhogo khozyaistva, 2012; No 5: 38-39.

9. Ivanov V.P. Repair of cars: Textbook / V.P. Ivanov. Minsk: The Higher School, 2009: 383

10. Kraskevich V.E. Numerical Methods in Engineering Research: Textbook / V.E. Kraskevich, K. Kh. Zelensky, V.I. Grechko. Kiev The Higher School, 1986: 263.

11. Korchagin V.A., Ptitsyn D.V. Calculation of economic efficiency of the introduction of new technology in motor transport enterprises. Kiev: Engineering, 1980, 289.

12. Dorokhov A.S. System for incoming quality control spare parts // Repairs. Recovery. Modernization. Publishing house "Science and Technology". 2011.N8. P. 27-29.

13. Dorokhov A.S. Improvement of input quality control of agricultural machinery and methods of evaluation of its effectiveness...kand. tech. of Sciences, Moscow: 2007. 228 p.

УДК 658.562.012.7

ПРИЕМЛЕМОСТЬ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ К ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ ПРОЦЕССАМ В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА В АПК

Александр Андреевич Пчелкин, аспирант,
pchelkin.alex@gmail.com;
Российский государственный аграрный университет - МСХ им. К.А. Тимирязева, Москва, Российская Федерация

Реферат. *Статистический контроль производственного процесса основан на комплексе мероприятий, обеспечивающих пригодность процесса стабильно выполнять требования к качеству в условиях производства. Здесь важны два ключевых аспекта. Первый аспект – это статистическая управляемость, стабильность, а значит, прогнозируемость процесса. Второй аспект — это способность процесса выполнять требования к качеству, обеспечиваемая значительно меньшим естественным рассеиванием контролируемого размера автомобильного компонента по сравнению с диапазоном допустимых значений. Путем совместного анализа индекса воспроизводимости производственного процесса, сходимости результатов и воспроизводимости процесса измерения, основываясь на современных представлениях о приемлемости измерительных и производственных процессов, определили технологические требования к статистическим характеристикам измерительных процессов. Показали, что сходимость результатов и воспроизводимость процесса измерения не должны превышать среднеквадратического отклонения контролируемого размера автомобильного компонента. Современные подходы к обеспечению качества предполагают применение статистических методов контроля производственных и измерительных процессов. Между тем, при разработке планов контроля, выборе применяемых методов и средств контроля, по-прежнему, превалируют детерминированные методы. В частности, при определении пригодности средства измерения, а значит, и измерительного процесса в целом исходят из необходимого и достаточного условия, что цена деления средства измерения должна быть не более одной десятой от диапазона технологически допустимых значений, установленных для измеряемого параметра. Такой подход не учитывает реальной изменчивости как измерительного процесса, так и производственного. Следствием такого подхода могут быть ошибочные выводы по результатам измерений.*

Ключевые слова: *измерительный процесс, статистические методы, методы и средства, контроля, технический сервис, сельское хозяйство.*

ACCEPTABILITY OF STATISTICAL METHODS TO MEASURING PROCESSES IN ORDER TO ENSURE THE QUALITY OF TECHNICAL SERVICES IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

A.A. Pchelkin
Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy

Abstract. *Statistical control of the production process is a complex of measures ensuring the process ability to consistently fulfill requirements for quality in the manufacturing environment. In statistical process control are two key aspects. First aspect - a static control, stability, and hence the predictability of the process. The second aspect - the ability of the process to fulfill quality requirements, provides a much less natural dispersion of controlled size automotive component compared with the range of permissible values of controlled automotive component size. Through a joint analysis of the reproducibility of the production process of the index, repeatability and reproducibility of the measurement process, based on the current understanding of the acceptability of measurement and production processes, technological requirements are defined in the statistical characteristics of measurement processes. It is shown that the convergence and reproducibility of the measurement process should not exceed the standard deviation of a controlled automotive component size. Modern approaches to quality assurance involve the application of statistical methods for monitoring and measuring of production processes. Meanwhile, the development of monitoring plans, the choice of the methods and means of control, is still dominated by deterministic methods. In particular, when determining the suitability of measuring instruments, and hence the measurement process as a whole are based on the necessary and sufficient condition that the means of measuring the division the price should be no more than one-tenth of a range of technologically values stated for the parameter being measured. This approach does not take into account the variability of the real as the measuring process and the production process. The consequence of this approach is the possibility of erroneous conclusions based on the results of measurements.*

Keywords*. Process, measuring process, statistics, methods, techniques, measurements, quality, control, technical service, agriculture*

Введение. Современные концепции и стандарты по обеспечению качества измерительного оборудования рассматривают измерительный процесс как совокупность взаимосвязанных средств, операций и воздействий, результатом которых служит измерение [1]. Особенно очевидны преимущества такого подхода при оценке качества измерительного оборудования для повышения качества измерительных процессов с использованием этого оборудования [2]. Как правило, задачи качества существенно усложняются при разработке измерительных процессов, в которых значима вариация входных характеристик продукции, например при контроле шеек коленчатого вала после обработки под ремонтный размер на изношенном оборудовании ремонтных предприятий, где брак – объективное явление [3].

В соответствии с концепциями статистического управления качеством в измерительном процессе технического сервиса вначале должна быть статистическая стабильность в получении характеристик результатов измерения, что

является предпосылкой предсказуемости и управляемости этого измерительного процесса в дальнейшем. В измерительном процессе технического сервиса управляемость может быть доказана статистическими методами посредством использования данных контрольного листка экспериментов и ведения контрольных карт анализа характеристик измерительного процесса, обнаружения особых точек на этих картах, выявления причин изменчивости измерительного процесса и последовательного и систематического устранения этих причин.

Кроме того, анализ статистических данных измерительных процессов станет основой для сравнения и согласования с заинтересованными сторонами допусков и отклонений как в технологическом процессе, так и в характеристиках самого измерительного процесса оценки эффективности этой подготовки. В каждой серии опытов измерительный процесс должен быть доведен до статистически управляемого состояния по образцам как исходного материала, так и обработанного. Управляемость измерительного процесса подтверждается контрольными картами его анализа согласно требованиям. При обнаружении особых точек выявляют и устраняют причины особой изменчивости.

Наиболее частыми причинами особой изменчивости считаются скрытые дефекты образцов. Несоответствующие образцы заменяют резервными. Общие причины изменчивости входных и выходных показателей процесса контроля качества определяют вариацией контрольных образцов, измерительного и вспомогательного оборудования, операций калибровки, регулировки, измерения, а также вариацией управляемых и неуправляемых сторонних воздействий на измерительный процесс и вариацией сотрудников лаборатории, выполняющих функции исследователей-измерителей. Для улучшения воспроизводимости измерительного процесса следует уменьшить изменчивость образцов путем увеличения объема единицы выборки контрольного образца.

Дополнительно должны быть четко определены: методы контроля качества; состав контрольно-измерительного оборудования; условия и режимы проведения измерительных операций по оценке качества; требования к процедуре контроля качества; требования к персоналу.

Данные, полученные при статистическом анализе измерительного процесса, позволят решить следующие задачи: провести оценку на заданном доверительном уровне пригодности процесса для контроля качества; определить возможность субъективного влияния персонала на результаты контроля качества; сопоставить варианты новых, наиболее подходящих методов контроля при их выборе, который основан на анализе составляющих вариаций, связанных со способами контроля качества; сопоставить варианты измерительного оборудования при выборе технических средств, основанном на анализе составляющих вариаций, связанных с измерительным оборудованием; разработать методику оценки точности измерительного процесса для контроля данной технологии; разработать методику определения составляющих показателей погрешности измерений, необходимую для выявления изменчивостей, критических для технологической операции и процесса контроля качества в целом.

Тенденцией последних лет является контроль изменчивости измерительных процессов. При этом обеспечивается стабильность измерительных процессов во времени, сходимость результатов измерений, и их воспроизводимость. Актуальным вопросом, требующим решения, остается фактическое отсутствие привязки критериев приемлемости измерительного процесса к статистическим показателям производственного процесса.

Цель исследований – формулировка статистически обоснованных технологических требований к характеристикам процесса измерения на основе совместного анализа показателей приемлемости технологического процесса технического обслуживания сельскохозяйственной техники и автомобилей.

Материалы и методы. Решение поставленной задачи способствует внедрению современных комплексных методов обеспечения качества в техническом сервисе АПК, процессному подходу, применению статистических методов к контролю технологического процесса ремонта машин и анализу измерительных систем [4-6].

Для достижения поставленной цели следует проанализировать составляющие качества ремонта определить, какие изделия подлежат контролю, использовать общепринятые подходы к определению технологических нормативных требований по обслуживанию сельскохозяйственной техники, статистические показатели приемлемости технологического процесса и процесса измерения [7-9]. Затраты на контроль составляют достаточно большую часть общих затрат по обеспечению, качества поэтому важность данных исследований подтверждается анализом экономики качества ремонтных предприятий [10]. Для оценки пригодности процесса выполнять требования к качеству определяют его стабильность, то есть статистическую управляемость (рис. 1.), центр настройки и среднеквадратическое отклонение – как статистические характеристики процесса по контролируемому размеру изучаемого объекта. Этот параметр оценивают значению индекса воспроизводимости процесса [11].

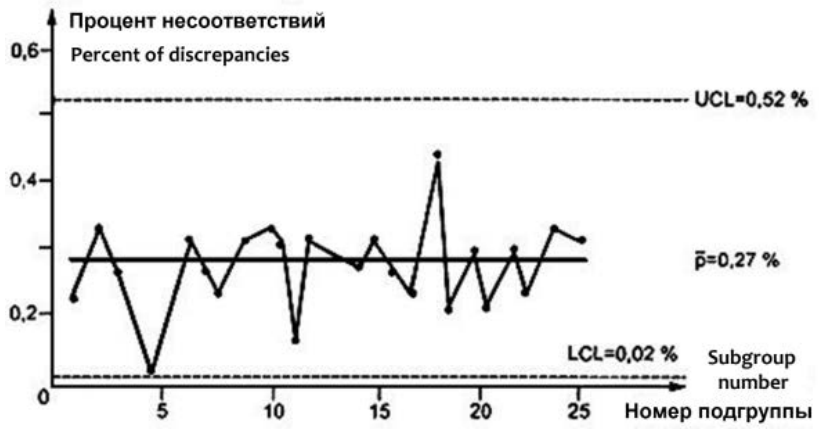


Рис. 1. Статистическая управляемость процесса согласно ГОСТ Р 50779.42-99
Fig. 1. Statistical controllability of the process in accordance with GOST R 50779.42-99

Современные стандарты качества устанавливают минимально приемлемое значение индекса воспроизводимости производственного процесса – 1,66:

$$C_p = \frac{\mathrm{UCL} - \mathrm{LCL}}{6\Sigma} \geq 1{,}66, \qquad (1)$$

где *Ср* – значение индекса;

UCL – верхнее допустимое значение;

LCL – нижнее допустимое;

Σ – среднеквадратическое отклонение, характеризующее процесс статистически управляемых условиях.

Меньшие значения индекса воспроизводимости производственного процесса не дают достаточных гарантий выполнения требований.

Приемлемость процесса измерения для использования в целях контроля выполнения нормативных требований оценивают по относительной сходимости и воспроизводимости процесса измерения.

Сходимость и воспроизводимость результатов измерений *R&R* может быть определена по методу размахов:

$$\mathrm{R\ \&\ R} = K_a S_m \tag{2}$$

где K_a – коэффициент, используемый при построе¬нии доверительного интервала для истинного значения измеряемого параметра образца при уровне значимости a; S_m – оценка среднеквадратического отклонения сходимости (повторяемости) и воспроизводимости измерительного процесса.

Современные стандарты качества, устанавливают максимально приемлемое значение относительной сходимости и воспроизводимости процес-са измерения на уровне 10%:

Рис. 2. Сходимость результатов измерений согласно ГОСТ Р 51814.5-2005
Fig. 2. Convergence of measurement results in accordance with GOST R 51814.5-2005

$$\%\mathrm{R\ \&\ R_{CL}} = \frac{\mathrm{R\ \&\ R}}{UCL - LCL} \cdot 100\% \le 10\% \tag{3}$$

Следовательно, измерительный процесс можно считать приемлемым для контроля выполнения нормативных требований, если диапазон допустимых значений контролируемого размера исследуемого объекта превышает десятикратное значение сходимости и воспроизводимости результатов измерений.

Откуда следует вывод, что измерительный процесс может быть использован для производственного контроля выполнения требований к размерам исследуемого объекта только при условии, если сходимость и воспроизводимость результатов измерений не превышает среднеквадратического отклонения контролируемого размера исследуемого объекта в производстве:

$$\mathrm{R\ \&\ R} \le 0{,}996 \cdot \Sigma.$$

Изменчивость измерительного процесса не должна превосходить изменчивость производственного процесса по контролируемому размеру исследуемого объекта. При этом, если производственный процесс выполняет требование (1), то измерительный процесс гарантированно выполняет требование (3). Следовательно, в про¬изводстве обеспечивается соответствие размеров исследуемого объекта нормативным требованиям.

Предлагаемая оценка приемлемости измерительного процесса, основанная на сравнении его сходимости и воспроизводимости со среднеквадратическими отклонением контролируемого размера исследуемого автомобильного компонента в производстве учитывает естественную изменчивость измерительного процесса. Это служит несомненным преимуществом по сравнению с детерминированными подходами, основанными на сравнении цены деления средства измерений с диапазоном допустимых значений контролируемого размера. Предлагаемый подход фактически устанавливает технологические требования к процессу измерения автомобильного компонента.

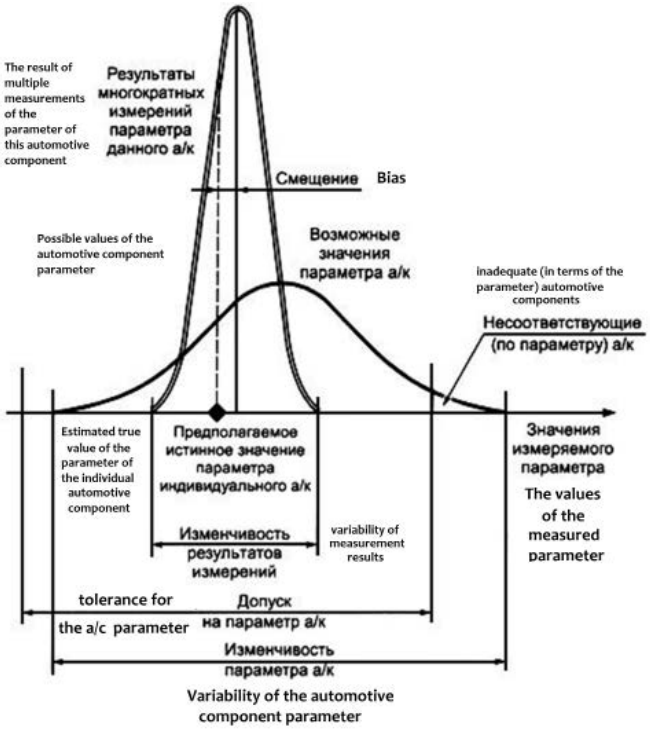


Рис. 3. Изменчивость параметра автомобильного компонента (а/к) и измерительного процесса согласно ГОСТ Р 51814.5-2005
Fig. 3. Variability of the parameter of the automotive component (a/k) and the measuring process in accordance with GOST R 51814.5-2005

Результаты и обсуждение. Для определения оценочного значения сходимости и воспроизводимости измерительного процесса по методу размахов, к примеру, можно отобрать 5 образцов автомобильных компонентов, наиболее полно представляющих диапазон фактически наблюдаемых в исследуемых условиях значений. Если учесть, что оценочное значение сходимости и воспроизводимости процесса измерения R&R=0,294 мм в 1,5 раза превысит оценочное значение среднеквадратичного отклонения, вызванно-

го изменчивостью процесса, то условие преемственности измерительного процесса не выполнится. Следовательно, в существующем варианте реализации такой процесс не может быть использован для контроля исследуемого объекта в существующих условиях производства. В сложившейся ситуации необходимо определить и устранить причины повышенной изменчивости измерительного процесса, после чего повторно проверить выполнение условия. В случае, если вновь будут получены разные результаты оценки приемлемости измерительного процесса по цене деления и по сходимости/воспроизводимости, это будет объясняться тем, что тради¬ционная оценка по цене деления не учитывает реальной изменчивости процессов и измерения размеров.

Распространение этого технологического требования на иные контролируемые характеристики качества исследуемого объекта требует дополнительных теоретических и экспериментальных исследований. После этого можно проводить экономическую оптимизацию выбора средств измерений при контроле качества технологических процессов в ремонтном производстве по методике [12, 13].

Выводы.

1. Цена деления средства измерения не должна превышать одной десятой ширины диапазона допустимых значений. Такое требование следует считать необходимым, но не достаточным для обеспечения приемлемости процесса измерений.

2. В условиях технического обслуживания при оценке приемлемости процесса измерения для контроля размера автомобильного компонента следует учитывать изменчивость как измерительного процесса, так и производственного. Сходимость результатов и воспроизводимость измерительного процесса не должны превосходить среднеквадратического отклонения производственного процесса по контролируемому размеру.

Библиографический список

1. Леонов О.А., Карпузов В.В., Шкаруба Н.Ж., Кисенков Н.Е. Метрология, стандартизация и сертификаци. М.: КолосС, 2009. 568 с.

2. Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж. Управление качеством метрологического обеспечения предприятий // Модернизация сельскохозяйственного производства на базе инновационных машинных технологий и автоматизированных систем. Сборник научных докладов ВИМ. Т.2. 2012. С. 412-420.

3. Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж. Исследование затрат и потерь при контроле шеек коленчатого вала в условиях ремонтного производства // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2013. N2. С. 71-74.

4. Леонов О.А. и др. Разработка системы менеджмента качества для предприятий технического сервиса. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2016. 161 с.

5. Леонов О.А., Темасова Г.Н. Процессный подход при расчете затрат на качество для ремонтных предприятий // Вестник МГАУ. 2007. N2. С. 94-98.

6. Леонов О.А., Темасова Г.Н. Статистические методы контроля и управления качеством. М., 2014. 140 с.

7. Бондарева Г.И. и др. Составляющие качества ремонта // Сельский механ затор. 2016. N7. С. 2-4.

8. Леонов О.А., Бондарева Г.И., Шкаруба Н.Ж., Вергазова Ю.Г. Качество сельскохозяйственной техники и контроль при ее производстве и ремонте // Тракторы и сельхозмашины. 2016. N3. С.30-32.

9. Леонов О.А., Темасова Г.Н., Вергазова Ю.Г. Управление качеством. М. 2015. С. 132-136

10. Бондарева Г.И., Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж., Вергазова Ю.Г. Эффективность внедрения системы качества на предприятиях технического сервиса АПК // Сельский механизатор. 2016. N4. С. 34-35.

11. Гаевский О.А., Зворыкин К.О., Стреленко Н.М., Коваленко В.Л. Определение требований к сходимости и воспроизводимости процесса измерения сварного шва // Технологиеские системы. N2 (67). 2014. С. 85-89.

12. Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж. Результаты экономической оптимизации выбора средств измерений при контроле качества технологических процессов в ремонтном производстве // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2007. N5. С. 109-112.

13. Дорохов А.С. Совершенствование входного контроля качества сельскохозяйственной техники и обоснование методов оценки его эффективности: Дисс.... канд. техн. наук: М.:, 2007. 228 с.

References

1. Leonov O.A., Karpuzov V.V., Shkaruba N.J., Kisenkov N.E. Metrology, standardization and certification. - M .: KolosS Publishing, 2009. 568 p. (in Russ.)

2. Leonov O.A., Shkaruba N.J. Quality management of metrological provision of companies // Collection of scientific reports VIM. no.2. 2012. pp.412-420. (in Russ.)

3. Leonov O.A., Shkaruba N.J. Research costs and losses under the control of the crankshaft journals under repair production // Vestnik FGOU VPO MGAU,. 2013. no 2. pp. 71-74. (in Russ.)

4. Leonov O.A. and others. Development of a quality management system for technical service companies. M .: Publishing office - RGAU MSHA, 2016. 161 p. (in Russ.)

5. Leonov O.A., Temasova G.N. The process approach when calculating the cost of quality for the repair enterprises // Vestnik FGOU VPO MGAU. 2007. N 2. pp. 94-98.

6. Leonov O.A., Temasova G.N. Statistical methods of control and quality management. M., 2014. 140 p.

7. Bondareva G.I. and others. The components of the quality of repair // Rural mechanic. 2016. no 7. pp. 2-4. (in Russ.)

8. Leonov O.A., Bondarev G.I., Shkaruba N.J., Vergazova Y.G. Quality of agricultural machinery and control in its production and repair // Tractors and farm machinery. 2016. no 3. pp.30-32. (in Russ.)

9. Leonov O.A., Temasova G.N., Vergazova Y.G. Quality control. M. 2015. (in Russ.)

10. Bondareva G.I., Leonov O.A., Shkaruba N.J., Vergazova Y.G. The effectiveness of the quality system implementation at the enterprises of technical service of agrarian and industrial complex // Rural mechanic. 2016. no 4. pp. 34-35. (in Russ.)

11. Gajewski O.A., Zworykin K.O., Strelenko N.M., Kovalenko V.L. Determination of requirements for repeatability and reproducibility of the process weld measurement // Tehnologieskie systemy. no 2 (67). 2014. (in Russ.)

12. Leonov O.A., Shkaruba N.J. The results of the economic optimization of the choice of measuring instruments for quality control of technological processes in the manufacture of repair // Vestnik FGOU VPO MGAU. 2007. no 5. pp 109-112. (in Russ.)

13. Dorokhov, A. S. Improvement of input quality control of agricultural machinery and methods of evaluation of its effectiveness.... kand. tech. of Sciences, Moscow: 2007. 228 p.

УДК 631.3.01

СООТВЕТСТВИЕ ОЧИСТКИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ КАТАЛИТИЧЕСКИМИ НЕЙТРАЛИЗАТОРАМИ УСТАНОВЛЕННЫМ НОРМАТИВАМ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА

Елизавета Юрьевна Кудряшова, младший научный сотрудник;
Софья Васильевна Горбунова, инженер, e-mail: gosniti8@mail.ru.
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *Проблема регулирования выбросов загрязняющих веществ от автотранспортных средств рассматривается на международном уровне. Страны Европы, Азии и Северной Америки разработали и успешно применяют стандарты, регламентирующие количеств загрязняющих веществ в отработавших газах бензиновых и дизельных двигателей. Европейские страны обратили внимание на проблему загрязнений значительно раньше, в отличие от России. Экономическая миссия ООН приняла стандарт Euro, направленный на снижение количества загрязнений еще в 1992 году. С того времени стандарт Euro пересматривается. Новые требования стандарта с каждым разом более и более ужесточает требования к количеству и качеству выбрасываемых автотранспортом отработавших газов. В России требования стандарта Euro вводятся с задержкой, по сравнению со странами Европы. В странах Европы для автомобильного транспорта разработан и вступил в силу стандарт Euro, а для двигателей внедорожной техники (для сельскохозяйственных машин, карьерной, дорожной, строительной техники, машин специального назначения и дизельных генераторов) принят к действию стандарт Stage. В Российской Федерации стандарт Euro распространяется на бензиновые и дизельные двигатели автомобилей. Для внедорожной дизельной техники, в том числе и для дизельных сельскохозяйственных машин действуют стандарты ГОСТ Р 41.96-2005.*

Ключевые слова: *Стандарт, законодательство, требования к очистке воздуха, бензиновые двигатели, дизельные двигатели, сельскохозяйственная техника.*

COMPLIANCE OF EXHAUST GAS PURIFICATION WITH CATALYTIC CONVERTERS TO ESTABLISHED AIR POLLUTION STANDARDS

Federal Scientific Agroengineering Center VIM"

Abstract. *The problem of controlling emissions of pollutants from vehicles is considered at the international level. The countries of Europe, Asia and the USA have developed and successfully apply standards regulating the amounts of pollutants in exhaust gases of petrol and diesel engines. European countries drew attention to the problem of pollution much earlier, unlike Russia. The UN Economic Commission adopted the Euro standard, aimed at reducing the amount of pollution in 1992. Since then, the Euro standard has been revised. The new*

requirements of the standard each time more and more tightens the requirements for the quantity and quality of exhaust gases emitted by vehicles. In Russia, the requirements of the Euro standard are introduced with a delay, compared with the countries of Europe [1, 4]. In Europe, for road transport, the Euro standard has been developed and entered into force, and the Stage standard has been adopted for off-road machinery (for agricultural machinery, quarry, road, construction equipment, special purpose vehicles and diesel generators) [6, 9, 10]. In the Russian Federation, the Euro standard applies to petrol and diesel car engines. For off-road diesel equipment, including for diesel agricultural machines, the standards of GOST R 41 96-2005 apply.

Keywords: *Standard, legislation, requirements for air purification, gasoline engines, diesel engines, agricultural machinery.*

Введение. Важно то обстоятельство, что стандарт качества отработавших газов Tier распространяется на двигатели морских судов, при том, что стандарт Stage данные двигатели не регламентирует. То есть, в европейских странах для двигателей морских судов нет ограничений в количестве выбрасываемых с отработавшими газами загрязняющих веществ. Стандарт Tier распространяется на все группы дизельных двигателей (на двигатели различных мощностей).

Стандарт Stage ограничивает выбросы только дизельные двигатели с мощностью от 56 кВт до 560 кВт. Таким образом, дизельные двигатели малой мощности не регламентируются данным стандартом. Страны Азии применяют все три экологических стандарта. Стандарт Tier применяется для дизельных двигателей малой мощности.

Стандарты Euro и Stage применяются, но в крупных городах, где уровень загрязнения намного выше, приняты более строгие экологические требования к выхлопным газам двигателей. Япония разработала нормы выбросов для отработавших газов, которые являются общенациональными. Данные стандарты не основываются на европейские и американские стандарты, но по показателям они мало от них отличаются [4, 5, 8].

Материалы и методы. Американский стандарт Tier 4 final и европейский стандарт Stage IV соответствуют друг другу. В Российской Федерации для дизельных сельскохозяйственных машин действуют нормы ГОСТ Р 41.96-2005. Согласно данному ГОСТ для загрязняющих веществ в отработавших газах допустимы следующие концентрации (таблица 1).

Количественные показатели выбросов ограничиваемые ГОСТом сопоставимы с ранними версиями стандарта Stage (а именно соответствует Stage I). По данному экологическому стандарту количественные показатели отстают от стран Европы и Азии, где выбросы от дизельных двигателей внедорожных машин соответствуют стандартам Stage II – III. [5, 8].

Все технические мероприятия, направленные на снижение вредных выбросов отработавших газов дизелей можно разделить на группы:

- совершенствование конструкциидизеля и точная регулировка параметров;
- применение каталитических нейтрализаторов ид ругих средств очистки;
- улучшение состава топлива.

Нормирование концентраций антропогенных выбросов существенно снижает нагрузку на окружающую природную среду.

Таблица

Показатели допустимого содержания загрязняющих веществ в соответствии с ГОСТ Р 41.96-2005

Наименование веществ	Допустимое количество (г/кВт/ч)		
Оксид азота * (NOx)	9,2	9,2	9,2
Углеводороды (CH)	1,3	1,3	1,3
Оксид углерода (CO)	5	5	6,5
Взвешенные вещества (PM)	0,54	0,70	0,85
ПРИМЕЧАНИЕ: * - для двигателей, выпущенных серийно до введения в действие данного стандарта, (т.е. до 1999 года)	P≥ 130	75 ≤ P< 130	37 ≤ P < 75
	Полезная мощность P, кВт		

Необходимо интенсивное внедрение и жесткий контроль уже имеющихся экологических стандартов, разработка новых путей снижения загрязнений от дизельных двигателей в сельскохозяйственной деятельности [2, 3, 7].

Результаты и обсуждение. Нейтрализация газов путем удаления токсичных составляющих с помощью химических реакций в нейтрализаторе является эффективным способом решения проблемы комплексной очистки отработавших газов, нашедшим широкое применение на автотракторной технике с двигателем внутреннего сгорания. «Нано-центр» ФНАЦ ВИМ ведет разработки направленные на очистку отработавших газов дизелей. Разработаны металооксидные каталитические нейтрализаторы на основе оксидов металлов. Основным конструктивным материалом нейтрализатора является блочная сотовая высокопористая и термостойкая керамика.

В рамках испытаний производились измерения газовых выбросов, определение рабочих параметров нейтрализатора. Эксплуатационные испытания проводились на базе организаций, внедривших разработанные бесплатиновые нейтрализаторы отработавших газов. Несмотря на то, что бесплатиновые каталитические нейтрализаторы применялись на дизельной технике, работающей в помещениях с ограниченным воздухообменом, испытания проводились на открытом воздухе, то есть в условиях интенсивного воздухообмена, так как это требование техники безопасности. Аттестация технического состояния дизельного двигателя и контрольно-измерительных приборов осуществлялась в соответствии с нормативными требованиями.

Испытания проводились на тракторах серии МТЗ-82, находящихся в эксплуатации. Марка дизельного топлива, на котором проводились испытания: Л (летнее). При проведении испытаний измерения состава отработавших газов производилось следующими приборами: газоанализатор «ОПТОГАЗ – 500.1 П»; портативный дымомер «Мета – 01 МП 0.1». Измерения проводятся согласно нормативной документации. Технические показатели параметров работы двигателей находились в пределах нормы во время проведения всех экспериментов [3]. Испытания бесплатиновых каталитических нейтрализаторов проводились параллельно с работой автотракторных единиц, не оснащенных опытными приборами. То есть, проводились измерения состава отработавших газов тракторов, у которых выхлопной тракт оснащен только стандартным глушителем. Такие испытания проводились для сравнительного анализа состава отработавших газов. При испытании бесплатинового нейтрализатора и стандартного глушителя проводились следующие измерения: оксид углерода (CO), %; дымность, %. Производились ежегодные замеры состава отработавших газов дизельных двигателей, установленных на

тракторах серии МТЗ-82. Контроль проводился на тракторах, эксплуатируемых в организациях, внедривших в работу бесплатиновые каталитические нейтрализаторы. Температурное окно работы нейтрализатора 250…450 °С без существенного ухудшения газодинамического сопротивления. Эксплуатационные испытания нейтрализаторов показали, что он позволяет снижать концентрацию загрязняющих веществ до 90%. Данные контрольных измерений состава отработавших газов представлены на рисунке .

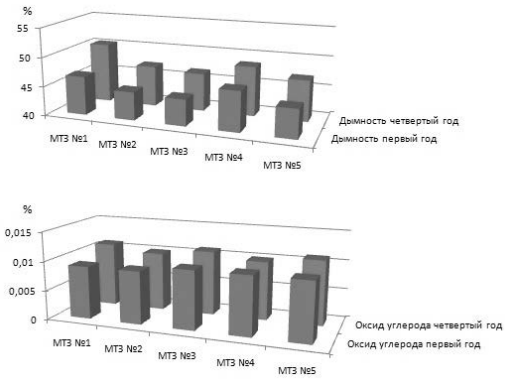


Рис. 1. Снижение степени очистки отработавших газов

Из таблицы видно, что эффективность каталитической очистки снижается в течение четырех лет. Изменение степени очистки отработавших газов бесплатиновым каталитическим нейтрализатором ежегодно снижается порядком 2…4 %. По полученным результатам, можно сделать предположение о ресурсе работы бесплатиновой системы очистки – через 10 лет эффективность работы системы очистки снизится до 40%. Сравнительная оценка результатов испытаний нейтрализатора и штатного глушителя, установленных на двигатель трактора МТЗ-82 позволяет сделать вывод о соответствии эффективности каталитического бесплатинового состава нейтрализатора всем экологическим и техническим требованиям, как по отдельным составляющим удельных выбросов вредных веществ, так и по дымности.

Выводы.

1. Производились испытания каталитических нейтрализаторов отработавших газов дизельных двигателей, установленных на 5-ти тракторах серии МТЗ-82. Изменение степени очистки отработавших газов бесплатиновым каталитическим нейтрализатором ежегодно снижается на 2…4 %. По полученным результатам, можно сделать вывод о ресурсе работы бесплатиновой системы очистки – через 10 лет эффективность работы системы очистки снизится до 40%. И при этом будет соответствовать требованиям ГОСТ Р 41.96-2005.

2. Сравнительная оценка результатов испытаний нейтрализаторов и штатных глушителей, установленных на двигатели тракторов МТЗ-82 показывает снижение выбросов оксида углерода до 0,01%, дымность снизилась до 50%.

Библиографический список

1. Агеев, Е.В. Особые условия технологической эксплуатации и экологическая безопасность автомобилей / Агеев Е.В., Щербаков А.В., Пикалов С.В. // Курск, 2015.

2. Азаров, В.К. Может ли автомобиль быть экологически чистым? / Азаров В.К., Кутенёв В.Ф. // Журнал автомобильных инженеров. 2014. № 4. - С. 58-61.

3. Алханова, Р.Р. Эколого-экономические аспекты воздействия и инновационные инструменты снижения техногенной нагрузки автотранспортного комплекса на качество жизни населения / Алханова Р.Р., Шайхутдинова Ф.Н., Райская М.В. // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. №6. С. 307-311.

4. Гатауллин, Н.А. Двигатели, соответствующие ЕВРО-1// Грузовик. 1996. № 5. С. 30-31.

5. Демидов А.А., Панчишный В.И., Макаров Н.А. Достижение требований Евро-4 дизельными двигателями транспортных средств массой более 3,5 т путем применения системы нейтрализации // Журнал автомобильных инженеров. 2014. Т. 85.№ 2. С. 26-31.

6. Кисуленко Б.В. Аникеев С.А Нормирование выбросов вредных веществ // Стандарты и качество. 2014. № 2 (919). С. 32-35.

7. Куприн, Н.П., Бащев А.А., Камбур А.Ю. Влияние некоторых параметров на токсичность отработанных газов ДВС // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Высокие технологии. Экология.2014. № 1.С. 7-12

8. Левков В.Г., Бруенков И.Ф. и др. Тракторы „Беларусь" МТЗ-80, МТЗ-82 и их модификации. Инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию Мн.: Ураджай, 1990. 174 с.

9. Подзадаева, А.А. Отработавшие газы автомобилей – источники выбросов загрязняющих веществ / Перзадаева А.А. // В сборнике: Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства IV Международная научная экологическая конференция 2015. С. 660-664.

10. Стопорева Т.А. Медведев Г.В., Новоселов А.Л. Отработавшие газы дизелей и условия безопасности труда в сельскохозяйственном производстве // Ползуновский альманах.2011.№2. С. 107-110.

References

1. Ageev, E.V. Special conditions of technological operation and environmental safety of cars / Ageev EV, Shcherbakov AV, Pikalov SV // Kursk, 2015.

2. Azarov, V.K. Can the car be environmentally friendly? / Azarov V.K., Kutenev V.F. // Journal of Automotive Engineers. - 2014.- No. 4. - P. 58-61.

3. Alkhanova, R.R. Ecological and economic aspects of impact and innovative tools to reduce the technogenic load of the motor transport complex on the quality of life of the population / Alkhanova RR, Shaikhutdinova FN, Rayskaya MV // Bulletin of Kazan Technological University. - 2014.- T. 17.-N 6. - P. 307-311.

4. Gataullin,N.A. Motors corresponding to EURO-1// Truck. -1996. - № 5. - P.30-31.

5. Demidov, A.A. Achievement of Euro-4 requirements by diesel engines of vehicles weighing more than 3.5 tons by using a neutralization system / AA Demidov, VI Panchishny, NA Makarov // Journal of Automotive Engineers . - 2014. - T. 85. - № 2. - P. 26-31.

6. Kisulenko, B.V. Normalization of emissions of harmful substances / Kisulenko BV, Anikeev SA // Standards and quality. - 2014. - No. 2 (919). - P. 32-35.

7. Kuprin, N.P. Influence of some parameters on the toxicity of exhaust gases of ICE / Kuprin NP, Bashchev AA, Kambur A.Yu. // Scientific herald of Voronezh State Architectural and Construction University. Series: High technologies. Ecology. - 2014. - No. 1. - P. 7-12

8. Levkov, V.G. Tractors "Belarus" MTZ-80, MTZ-82 and their modifications. The instruction on operation and maintenance Mn .: Uradzhai, 1990.174 p.

9. Podzadaeva, A.A. The exhausted gases of cars - sources of emissions of polluting substances // In the collection: Problems of reclamation of household waste, industrial and agricultural production. IV International Scientific Ecological Conference.2015. P. 660-664.

10. Stoporeva, T.A. Apractical gases of diesel engines and labor safety conditions in agricultural production / Stoporeva TA, Medvedev GV, Novoselov AL // Polzunovsky almanac. 2011. N2. P. 107-110.

УДК 62-93

СУЩЕСТВУЮЩИЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ДОПУСКОВ

Роман Радикович Хаббатуллин, младший научный сотрудник, e-mail: gosniti-lab4@mail.ru;
Алексей Алексеевич Соломашкин, инженер, e-mail: gosniti-lab4@mail.ru;
Константин Геннадьевич Совин, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: gosniti-lab4@mail.ru;
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *Основная потребительская, полезная для человека функция, машины, в том числе и сельскохозяйственной, является выполнение ею полезной работы вместо человека (вместе с человеком). Качество и объем выполня-емых работ зависят от технического состояния этой машины. При этом техническое состояние машины может быть исправное или неисправное, работоспо-собным или нет, и определяется потерями механической энергии в этой машине. Исправность и работоспособность поддерживаются операциями технического обслуживания и ремонта. Техническое обслуживание поддерживает работоспособность машины на заданном уровне, а ремонт полностью восста-навливает ресурс машины до его первоначального уровня. (Цель исследования) Проведение анализа существующих систем допусков и разработка ре-сурсосберегающей системы допусков, для деталей сельскохозяйственных машин, учитывающую их фактическую скорость изнашивания, с целью умень-шения вероятности их отказов и увеличения срока службы. Необходимо рассмотреть основные стратегии технического обслуживания и ремонта. Выявить основные система допусков, которые отвечают за формирование минимального потока отказов деталей в эксплуатации, следовательно, минимальными за-тратами, в том числе, и на запчасти. Установили, что в настоящий момент ши-роко распространена система допусков, использующая один допуск. Определили, что использование диагностических систем в процессах ТОР, позволяет формировать потоки отказавших/замененных деталей. Выявили, что наиболее эффективная система допусков – система нескольких допусков, отличающаяся минимальным потоком отказов и минимальными материальными затратами.*

Ключевые слова: *Системы допусков, Ремонт, Техническое обслуживание, Система допусков с одним допуском, Система допуском с множеством допусков, Система допусков с интегральными параметрами.*

EXISTING AND PERSPECTIVE TOLERANCES

R.R. Khabbatullin, Solomashkin A.A., Sovin K.G., Federal Scientific Agro-Engineering Center VIM, Moscow, Russian Federation (Eng.)

Abstract. *The main consumer, useful function for a person, a machine,*

including an agricultural one, is the fulfillment of its useful work instead of a person (together with a person). The quality and amount of work performed depends on the technical condition of this machine. In this case, the technical condition of the machine can be serviceable or faulty, workable or not, and is determined by the losses of mechanical energy in this machine. Serviceability and operability are supported by maintenance and repair operations. Maintenance maintains the machine at the specified level, and repair completely restores the life of the machine to its original level. The information basis for any strategy of TOP is a system of pre-launches, which solves the following main tasks. First, it is the formation of two streams of parts taken out of service, namely, parts of the failed and parts that were previously replaced during diagnosis, if they have already reached their tolerance. And the second - the definition of the norm of the consumption of spare parts, formed by these flows. To reduce failures and their consequences, there are techniques that can improve the reliability of machines, i.e. Reduce the failure rate, and also extend the life of their parts. (The purpose of the study) Proanalyze the existing system of tolerances and develop a resource-saving system of add-ons, for details of agricultural machines, taking into account their actual wear rate, in order to reduce the probability of their failure and increase the service life . (Materials and Methods) In order to understand the problem, it is necessary to consider the basic strategies of technical maintenance and repair. Identify the main system of pre-launches, which are responsible for the formation of a minimum flow of failure of parts in operation, hence, minimum costs, including spare parts. (Results and Discussion) It was found that at present a tolerance system is widely used, using one tolerance. Determined that the use of diagnostic systems in the process of TOP, allows you to form the flow of failed / replaced parts. (Conclusions) It was revealed that the most effective system of tolerances is a system of several tolerances, characterized by a minimum flow of failures and minimal material costs.

Keywords: *Tolerance systems, Repair, Maintenance, Toler¬ance system with one tolerance, Tolerance system with multiple tolerances, Tolerance system with integral parameters.*

Введение. Существующая методика определения допуска (износа детали, отклонений параметра) при техническом обслуживании (ТО) и/или ремонте, осуществляется по среднестатистическому, значению контролируемого параметра, и характеризуется применением одного допускаемого износа (отклонения параметра) для группы одноименных деталей, при заданной периодичности ТО и/или ремонте.

Такая методика не позволяет учитывать реальные скорости изнашивания каждой конкретной детали. Поэтому, при работе в условиях интенсивного из-нашивания, возможен непредвиденный отказ детали в межконтрольный период. Кроме того, методика не учитывает того факта, что плановая периодичность ТО или ремонта на ремонтном предприятии, не всегда может соблюдаться, исходя из реальной загрузки предприятия и сроков сельскохозяйственых работ. Разработанная система допусков позволяет контролировать фактическую скорость изнашивания каждой конкретной детали в отдельности, определять время выхода управляющего параметра за пределы допуска, то есть определять оптимальный момент замены данной детали. Зная срок службы детали и ее остаточный ресурс, можно определить количество и номенклатуру требуемых запасных частей. Система основана на

использовании нескольких допусков и индивидуального графика проведения проверок деталей (параметров). Это позволяет сократить число отказов при эксплуатации машин, и, следовательно, простои при их устранении.

Вместе с этим, учет скоростей изнашивания деталей по фактическому значению управляющего параметра, позволяет принимать во внимание зональные природно-климатические особенности работы машин, что сможет по-ложительно влиять на соблюдение сроков сельскохозяйственых работ.

Новая методика позволит разработать для ремонтных предприятий, новые технические требования на ТО, текущий/капитальный ремонт деталей сельскохозяйственных машин, с учетом использования нескольких допусков и индивидуального графика их проверок.

Чтобы разобраться в проблеме, необходимо рассмотреть основные стратегии технического обслуживания и ремонта. Первоначально, критерием замены изношенной детали при ремонте и техническом обслуживании был отказ детали. Но при использовании данного критерия деталь выходит из строя, как правило, в самый неподходящий момент, что влечет за собой неудобство при эксплуатации и существенные материальные потери. Данные наглядно пока-заны на рисунке 1.

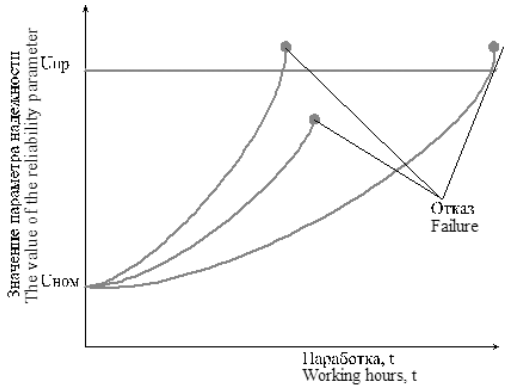


Рис.1. График замены изношенной детали по потребности
Fig.1. Replacement schedule for worn parts as required

В дальнейшем, при диагностировании стали применять планово-предупредительную систему стратегии технического обслуживания и ремонта. Замену производят при достижении наработки детали 80% от допустимого значения. Это позволило уменьшить количество отказов деталей, что снизило материальные затраты.

Данные показаны на рисунке 2. Однако стал явно виден недостаток такой системы технического контроля и ремонта – большинство деталей не вырабатывали свой ресурс и заменялись новыми [8].

Диагностику деталей начали выполнять по состоянию во время технического контроля с учетом наработки t и одного параметра – одного допуска $U_{доп}$. Данные показаны на рисунке 3. Допускаемое значение (допуск), это – значение параметра, которое не выходит за пределы разрешенной области, после которой, продолжение эксплуатация детали экономически неэффективно инебезопасно, т.к. в дальнейшем прогнозируется отказ или поломка детали. Допускаемые значения параметра (допуска) обязательно приводятся во всех технических требованиях на различные виды ремонта. Без этих значений невозможно правильно и качественно произвести ремонт детали,

поступившей в ремонт [9]. При оценке параметра во время технического обслуживания и диагно-стирования его сравнивают с допуском.

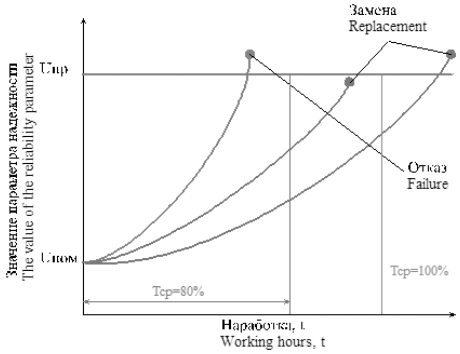


Рис.2. График замены изношенной детали после определенной наработки
Fig.2. Replacement schedule for worn parts after a certain amount of work

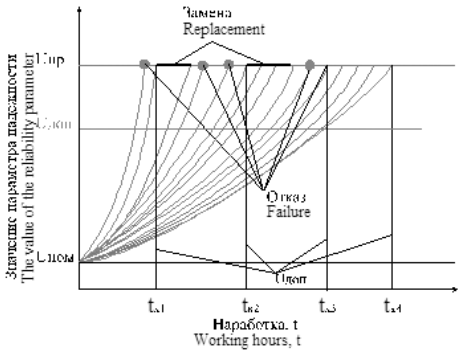


Рис. 3. График замены изношенной детали с учетом наработки и одного допуска
Fig.3. A replacement schedule for a worn out part taking into account the operating time and one tolerance

Если в ходе диагностических мероприятий выявится, что текущее значение контролируемого параметра износа больше допуска, то деталь подлежит выбраковки и снимается с эксплуатации, поскольку она не сможет доработать до следующей проверки, и выйдет из строя в следующем межконтрольном периоде.

Выход детали из строя во время эксплуатации машины может повлечь за собой поломки узла, в котором работает контролируемая деталь, поломки узлов, работающих смежно с вышедшей из строя деталью, или же материальные потери из-за незапланированного выхода детали из строя.

Система с одним допуском, постоянным за весь срок службы, действует по настоящее время. Значения допуска используется в технической документации на текущий и капитальный ремонт, при ресурсном, регламентном и заявочном диагностировании, при поиске неисправности, при оценке текущего технического состояния и определении остаточного ресурса [1-3]. Данные приведены на рисунке 4. Применение одного допуска упрощает процесс контроля, но имеет ряд недостатков:

1. Значительно рассеивание скорости изнашивания не позволяет применять один допуск, поскольку он был бы эффективен только для какой-то усредненной скорости изнашивания.

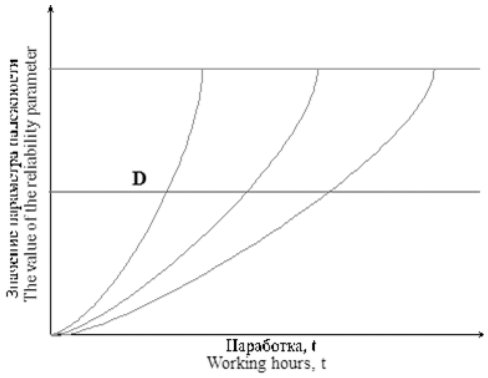


Рис.4. График отказа детали в системе с одним допуском
Fig.4. Part failure diagram in a system with one tolerance

Учесть крайние значения скорости изнашивания было бы невозможно, использование одного и того же значения допуска для больших и малых скоростей изнашивания, не представляется возможным. Таким образом, быстро изнашиваемые детали будут выходить из строя чаще и раньше срока, а медленно изнашиваемые – реже. Их снимают с эксплуатации раньше положенного срока, не дав им полностью выработать свой ресурс, что влечет за собой материальные потери, которых можно было бы избежать.

2. Нет учета зональных условий работы техники. Так как допуск один для всех регионов России, то он не учитывает зональные условия при сельскохо-зяйственых работах. В разных зонах разные условия эксплуатации, следовательно, различные скорости изнашивания деталей машин.

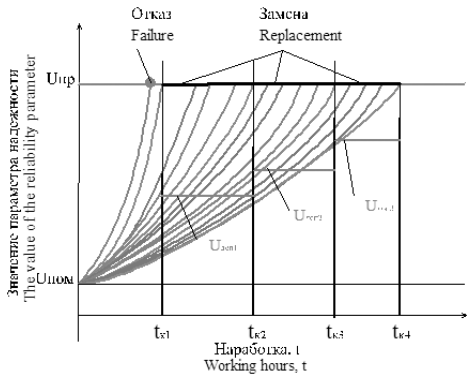


Рис.5. График выбраковки деталей с учетом наработки и нескольких допусков
Fig.5. The schedule of culling of parts taking into account the operating time and several tolerances

Устранить указанные недостатки позволяет применение нескольких допусков, учитывающих конкретную скорость изнашивания каждой отдельной детали. Данные наглядно показаны на рисунках 5, 6.

Разработка этого способа осуществлялась в ГОСНИТИ. Основоположником по данной тематике считается Михлин В.М., много лет проработавший в ГОСНИТИ и разработавший методы, средства и технологии диагностирования машин.

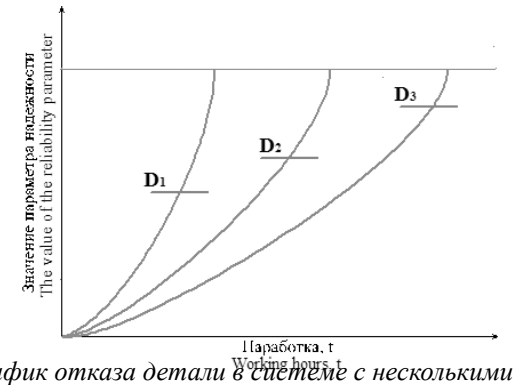


Рис. 6. График отказа детали в системе с несколькими допусками
Fig.6. Part failure schedule in a system with multiple tolerances

Под его руководством разработан ряд уникального диагностического оборудования, подготовлено много специалистов по техническому диагностированию машин [4]. Наряду с ним, проводились работы по оптимизации предельных и допускаемых значений структурных параметров технического состояния элементов машин, например, [5]. Авторы разработали методику определения предельных и допускаемых величин параметров элементов с заданным показателем безотказности, обосновали критерий и методику оптимизации, предназначенную для уточнения предельных и допускаемых значений параметров элементов. Создали программное обеспечение для системы автоматизированной разработки технических требований на ремонт дизеля и т.д. [5, 6]. Рассмотрим перспективные системы допусков. Системы допусков, с то-чечной оценкой параметров технического состояния, является эффективным средством для управления надежностью деталей машин, т.к. позволяет выбраковывать ненадежные детали, достигших допускаемое значение ресурсного параметра [7]. Однако, такая оценка (в которой используется один или несколько допусков) является точечной оценкой процессов, происходящих в деталях ма-шин при их эксплуатации. Известно, что основной причиной отказов, является наличие необрати-мых процессов, идущих в деталях машин во время их функционирования/работы. Это в первую очередь износ деталей. Контролировать износ можно по величине скорости изнашивания, которая возрастает с увеличением механических потерь, ее диссипативной составляющей, идущей в основном на трение. Эти потери сопровождаются ростом энтропии в самой механической системе. Рост энтропии сопровождается ростом температуры в зонах трения и снижением КПД механизмов машины. Следовательно, контроль скорости изнашивания, потери механической энергии и рост энтропии системы, являются интегральными показателями технического состояния машины и могут быть использованы в новых, перспективных системах допусков, при управлении надежностью машин.

Результаты и обсуждение. В итоге данного исследования установлено, что:

1. В настоящий время широко используется система допусков, использующая один допуск.

2. Допуск *D* может влиять на срок службы детали, увеличивая его. Это достигается за счет своевременного применения специальных операций ТО, уменьшающих скорость изнашивания детали и увеличивающих ее ресурс.

3.Выявлено, что внедрение диагностических систем в процессы ТОР, с

использованием выбранной системы допусков, позволяет формировать потоки отказавших/замененных деталей. Экономическая обоснованность разработки и внедрения системы допусков, позволяющей устанавливать допускаемое значение параметра – допуск *D*, обусловлена поддержкой, с одной стороны, работоспособности машин на заданном уровне, и, с другой – возможностью проводить выбраковку деталей, формируя тем самым поток предварительно заме-ненных деталей, поступающих в ремонт или на восстановление. Применение такой системы допусков, позволяет существенно увеличить срок службы деталей, сделав его максимальным, а вероятность отказа – минимальной.

4.Получено, что и вероятность отказа, и срок службы, как интегральные показатели надежности, являются суммами локальных показателей надежно-сти, определяющих их, в зависимость от допуска D.

5. Приведены факторы, влияющие на показатели надежности. Во-первых, это – скорость изнашивания деталей машин. Во-вторых – действующая система допусков. В-третьих – закон распределения ресурса для группы одноименных деталей, для которой определяют показатели надежности.

В системе допусков кроме нормативов, важную роль играет график проведения проверок ресурсных параметров, точнее, его начало и конец, и время проведения проверок внутри этого интервала, т.е. геометрия активного участка контроля – геометрия АУК.

Выводы. В результате проделанной работы был произведен анализ существующих систем допусков, приведены новые, перспективные системы, приведены их преимущества и недостатки. Выбрана наиболее эффективная система допусков - система нескольких допусков, отличающаяся минимальным потоком отказов и минимальными материальными затратами.

Произведен анализ перспективных интегральных систем технического обслуживания и ремонта.

Библиографический список

1. Соломашкин А.А. Дифферинтегральные функции // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. М: ИД Панорама, 2016. N12. С. 33-42.

2. Соломашкин А.А. Методы контроля новых и изношенных деталей. – М.: Труды ГОСНИТИ. 2017, Т.126. С. 175-178.

3. Совин К.Г., Соломашкин А.А. Рекомендации по применению измерительной техники при дефектации деталей двигателя внутреннего сгорания // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. М: ИД Панорама, 2016. N11. С. 33-38.

4. Соломашкин А.А. Состояние объекта. Труды ГОСНИТИ. 2014. Т.122. С. 114-119

5. Аринин И.Н. Диагностирование технического состояния автомобиля. М.:Транспорт, 1978. 176 с.

6. Кривенко П.М., Челпан Л.М. РТМ: предельные и допускаемые параметры дизелей, их деталей и соединений при ремонтеМ.: ГОСНИТИ, 1989. 100 с.

7. Соломашкин А. А. Определение допускаемых значений параметра ма-шины. – Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2012. – N5. С. 38-39.

8. Соломашкин А.А. Обоснование параметров и размеров деталей при ремонте двигателя внутреннего сгорания // Сельскохозяйственная техника: об-служивание и ремонт. М: ИД Панорама, 2016. N8. С. 27-31.

9. Иванов, В.П. Ремонт автомобилей: Учебное пособие. Минск: Вышэйшая школа, 2009. 383 с.

10. Краскевич В.Е., Зеленский К.Х., Гречко В.И. и др. Численные методы в инже-

нерных исследованиях: Учебное пособие. Киев: Выш. шк. 1986. 263 с.

11. Корчагин В. А., Птицын Д. В. Расчет экономической эффективности внедрения новой техники на автотранспортных предприятиях. Киев: Техника, 1980. 289 с.

12. Семейкин В.А. Дорохов А.С. Зависимость ресурсодеталей по контролируемому от ее размера в поле допуска //Труды Госнити. 20111. Т.108. С 118-120.

References

1. Solomashkin A.A. Differintegral'nye funkcii [Differential-integral functions] // Sel'skohozyajstvennaya tekhnika: obsluzhivanie i remont. Moscow: Panorama, 2016; 12: 33-42. (In Russian)

2. Solomashkin A.A. Metody kontrolya novyh i iznoshennyh detalej [Methods for monitoring new and worn parts]. Moscow: Trudy GOSNITI, 2017; 126: 175-178.

3. Sovin K.G., Solomashkin A.A. Rekomendacii po primeneniyu izmeritel'noj tekhniki pri defektacii detalej dvigatelya vnutrennego sgoraniya [Recommendations on the use of measuring equipment for defective parts of an internal combustion engine] // Sel'skohozyajstvennaya tekhnika: obsluzhivanie i remont. Moscow: Panorama, 2016; 11: 33-38. (In Russian)

4. Solomashkin AA Sostoyanie ob"ekta. [The state of the object]. Trudy GOSNITI, 2014; 122: 114-119 (In Russian)

5. Arinin I.N. Diagnostirovanie tekhnicheskogo sostoyaniya avtomobilya [Diagnosis of the technical condition of the car]. Moscow: Transport, 1978: 176. (In Russian)

6. Krivenko P.M., Chelpan LM RTM: predel'nye i dopuskaemye parametry dizelej, ih detalej i soedinenij pri remonte [RTM: limiting and permissible parameters of diesels, their parts and connections during repair] Moscow: GOSNITI, 1989: 100. (In Russian)

7. Solomashkin A.A. Opredelenie dopuskaemyh znachenij parametra mashiny. [Determination of admissible values of the machine parameter]. Mekhanizaciya i ehlektrifikaciya sel'skogo hozyajstva, 2012; 5: 38-39. (In Russian)

8. Solomashkin A.A. Obosnovanie parametrov i razmerov detalej pri remonte dvigatelya vnutrennego sgoraniya [Justification of the parameters and dimensions of parts during the repair of the internal combustion engine] // Sel'skohozyajstvennaya tekhnika: obsluzhivanie i remont. Moscow: Panorama, 2016; 8: 27-31. (In Russian)

9. Ivanov V.P. Repair of cars: Textbook / V.P. Ivanov. Minsk: The Higher School, 2009: 383 (In Belarusian)

10. Kraskevich V.E. Numerical Methods in Engineering Research: Text-book / V.E. Kraskevich, K. Kh. Zelensky, V.I. Grechko. Kiev The Higher School, 1986: 263 (In Ukrainian)

11. Korchagin V.A., Ptitsyn D.V. Calculation of economic efficiency of the introduction of new technology in motor transport enterprises. Kiev: Engi-neering, 1980, 289 (In Ukrainian)

12. Semeykin, V. A., Dorokhov A. S. Dependence of resourcedata controlled by the size tolerance in the field //Proceedings of Gosniti. 20111. Vol. 108. pp 118-120.

УДК 631.316.272

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДИНАМИЧНЫХ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

[1]Галина Андреевна Семенова, аспирант научно-исследовательского отдела технологий и механизации работ в растениеводстве, e-mail: g-semenova@rambler.ru;
[2]Нозим Исмоилович Джабборов, доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, e-mail: nozimjon-59@mail.ru
[1]Федеральный агроинженерный центр ВИМ
[2]Санкт-Петербург, Российская Федерация

Реферат. *Вероятностный характер нагрузки является основной причиной ухудшения эксплуатационных качеств почвообрабатывающих агрегатов. Вероятностные условия функционирования машинно-тракторных агрегатов (МТА) должны быть учтены при разработке и проектировании почвообрабатывающих машин, при прогнозировании показателей оценки их эффективности с высокой степенью достоверности. При вероятностном характере нагрузки происходит потеря мощности, растет тяговое сопротивление почвообрабатывающих машин, соответственно и потребная мощность и затраты энергии на технологический процесс обработки почвы. Обоснование рациональных конструктивно-технологических параметров с учетом условий функционирования рабочих органов и машин и возможности снижения тягового их сопротивления обеспечит улучшение эксплуатационных качеств почвообрабатывающих агрегатов, и в целом снижению энергоемкости технологического процесса обработки почвы.*

(Целью исследований) является обоснование конструктивных параметров новых динамичных (адаптивных, автоматически настраивающихся к почвенным условиям) рабочих органов для поверхностной обработки почвы, обеспечивающих повышение тягово-динамических качеств почвообрабатывающих агрегатов. Новизна исследований заключается в обосновании рациональных конструктивных параметров динамичных почвообрабатывающих рабочих органов на основе комбинации известных и применении новых математических моделей. В статье приведены краткий анализ исследований по повышению эффективности технологии обработки почвы, показатели эксплуатационных качеств почвообрабатывающих агрегатов, схема к определению степени влияния динамичного почвообрабатывающего рабочего органа с изменяемой геометрией на тяговое сопротивление и меру его рассеяния. Изложено краткое описание полезной модели - рабочего органа для рыхления почвы. Установлены рациональные значения конструктивных параметров, такие как максимальная высота вспушенного слоя почвы, минимальная высота стойки динамичного рабочего органа от опорной поверхности до нижней плоскости рамы, угол крошения и межследия рабочих органов, а также другие параметры. Обоснованные рациональные параметры позволяют создать динамичные рабочие органы, обеспечивающие снижение влияния вероятностного характера нагруз-

ки на энергетические параметры почвообрабатывающих агрегатов и тем самым улучшить их эксплуатационные качества при выполнении технологических процессов.

Ключевые слова: *обработка почвы, динамичные рабочие органы, конструктивные параметры, почвообрабатывающий агрегат.*

Введение. Эксплуатационные качества почвообрабатывающих агрегатов существенно влияют на энергоэффективность технологии обработки почвы. Эксплуатационные качества МТА характеризуются их производительностью, топливной экономичностью и проходимостью (рисунок 1).

Рис. 1. Эксплуатационные качества почвообрабатывающих агрегатов

Эксплуатационные качества МТА зависят от конструкторско-технологических параметров рабочих органов, машин и динамических процессов, происходящих в процессе выполнения технологических процессов. Динамические процессы, происходящие в процессе работы почвообрабатывающих агрегатов на повышенных скоростных и нагрузочных режимах, имеют сложный характер и зависят от физико-механических характеристик почвы и других факторов. Для повышения эффективности технологии обработки почвы и улучшения эксплуатационных качеств почвообрабатывающих агрегатов необходимо создать новые динамичные почвообрабатывающие рабочие органы с улучшенными динамическими показателями, обеспечивающими высокое качество работы. Динамичные почвообрабатывающие рабочие органы могут легко адаптироваться к удельному сопротивлению почвы благодаря автоматическому изменению углов атаки и крошения, ширины захвата, а также площади фронтальной проекции при заданной глубине обработки почвы [1]. Расчеты показывают, что использование динамичных почвообрабатывающих рабочих органов позволяет уменьшить значение дисперсии тягового сопротивления на 10-20 %, повысить степень рыхления почвы на 10-15% и снизить энергоемкость процесса обработки почвы в целом на 10-20% по сравнению со стандартными рабочими органами.

Цель исследования. Обоснование конструктивных параметров новых динамичных (адаптивных, автоматически настраивающихся к почвенным условиям) рабочих органов для поверхностной обработки почвы, обеспечивающих повышение тягово-динамических показателей почвообрабатывающих агрегатов.

Материалы и методы. При проведении исследований применялись методы математического моделирования, основанные на изучении физических закономерностей, протекающих в процессе обработки почвы; анализ и обобщение экспериментальных данных.

Результаты и обсуждение. Анализ исследований показывает, что учеными разработаны различные методы улучшения тягово-динамических по-

казателей МТА на основе совершенствования конструкции, обоснования рациональных параметров и режимов их работы [2-4, 6-10]. Например, в работе отмечена важность управления качеством обработки деформируемого слоя почвы с применением метода конечных элементов, приведены наиболее вероятные значения геометрических параметров зоны разрушения и степени рыхления почвенных фрагментов суглинистой почвы [6].

Вопрос поддержания заданной глубины обработки почвы обеспечением стабильности хода рабочих органов путем совершенствования их конструктивно-технологических параметров посвящена работа [7].

Для исключения нестабильности хода рабочих органов авторы работы рекомендуют использовать на культиваторе КПС-4 двухъярусные стрельчатые лапы, состоящие из двух лемехов (верхней и нижней), закрепленные на одной стойки. Предложенная им стрельчатая лапа обеспечивает высокое качество крошения почвы и высокую стабильность глубины хода рабочих органов.

Для повышения эффективности обработки почвы различной твердости разработан пропашной культиватор с возможностью автоматической настройки стойки с разными рабочими органами для поддержания глубины обработки [8]. Предложенный способ обеспечивает снижение тягового сопротивления на 30-35% по сравнению с жестким вариантом крепления стоек. Совместными исследованиями ВИМ и Брянского ГАУ установлено, что изменение формы лемеха обеспечивает снижение энергоемкости обработки почвы [8]. Установлено, что наивысший показатель степени заделки растительных остатков соответствует углу отбортовки лезвия лемеха 4 градуса, а наилучшее качество рыхления суглинистых почвы обеспечивается работой лемеха с углом отбортовки его лезвия 2° [8].

При обработке почвы различными рабочими органами на верхней рабочей поверхности клина и на нижней затылочной фаске лезвия образуется почвенный нарост, что повышает затраты энергии на обработку почвы [3, 10]. Установлено, что рациональная заточка и повышение износостойкости лезвия, уменьшает энергозатраты на обработку почвы до 10 МДж на 1 га. Применение обтекаемых форм рабочих поверхностей может предотвратить появление зоны с почвенным наростом, что снижает тяговое сопротивление рабочего органа [10].

Известные методы, хотя и обеспечивают повышение эффективности обработки почвы, недостаточны для существенного улучшения тягово-динамических показателей почвообрабатывающих агрегатов. На основе исследований работы рабочих органов и машин для обработки почвы нами предложен новый способ улучшения динамических показателей, на основе разработки и применения динамичных рабочих органов, то есть с изменяемой геометрией.

При встрече динамичного почвообрабатывающего рабочего органа с твердым слоем почвы происходит автоматическое (мгновенное) уменьшение площади его фронтальной проекции в определенных ограниченных пределах, что позволяет ему с меньшим сопротивлением $\overline{P}_2$ (рис. 2) проходить твердый слой по сравнению с сопротивлением $\overline{P}_1$ стандартных рабочих органов с постоянной площадью фронтальной проекции. Использование динамичных рабочих органов обеспечивает уменьшение среднего значения тягового сопротивления от почвы $\overline{P}_1$ до $\overline{P}_2$, на величину $\Delta\overline{P} = \overline{P}_1 - \overline{P}_2$ среднего квадратического отклонения тягового сопротивления от σ_{P1} до σ_{P2}.

При этом размах колебаний тягового сопротивления уменьшается от $\pm 3\sigma_{P1}$ до $\pm 3\sigma_{P2}$.

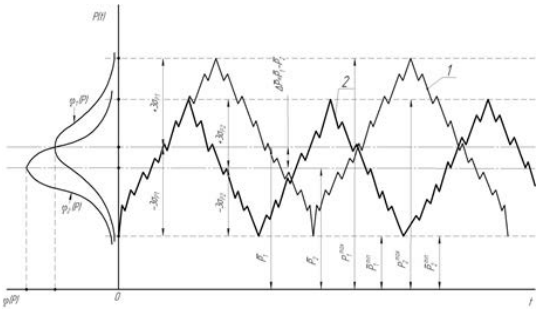


Рис. 2. Схема к определению степени влияния динамичного почвообрабатывающего рабочего органа на среднее значение и коэффициента вариации тягового сопротивления

Автоматическое кратковременное уменьшение площади фронтальной проекции в определенных пределах позволяет снизить коэффициент вариации v_p тягового сопротивления рабочего органа и в целом почвообрабатывающей машины, а также среднеквадратического отклонения σ_p .

Нами разработан рабочий орган для рыхления почвы [5], который содержит стойку с долотом, жестко закрепленным на башмаке, с которым жестко связан демпфирующий элемент. На демпфирующем элементе жестко закреплены крылья стрельчатой лапы, которые разнесены друг относительно друга: одно крыло закреплено за башмаком, а другое - в конце демпфирующего элемента, выполненного в виде полосы из пружинной стали. Такая конструкция позволяет повысить надежность рабочего органа и снизить колебания тягового сопротивления при повышении качества обработки почвы при работе на почве различной плотности. Нами обоснованы основные конструктивные параметры динамичного рабочего органа. Минимальную высоту стойки динамичного рабочего органа от опорной поверхности до нижней плоскости рамы можно определить по формуле [2]:

$$H_c^{\min} = h_1 + h_2 + a, \tag{1}$$

где h_1 пространство между поверхностью вспушенной почвы и нижней плоскостью рамы; h_2 максимальная высота вспушенного слоя почвы, мм; a заданная максимальная глубина обработки, мм.

Максимальную высоту вспушенного слоя почвы можно подсчитать по формуле [2]:

$$h_2 = a / 4 \tag{2}$$

С учетом (1) и (2) высоту стойки динамичного рабочего органа для обработки почвы от опорной поверхности до нижней плоскости рамы можно найти по уравнению [2]:

$$H_c = \frac{4h_1 + 5a}{4}. \tag{3}$$

Пространство между поверхностью вспушенной почвы и нижней части плоскостью рамы h_1 можно установить с таким расчетом, чтобы исключить забивание сорняками и сгруживание почвы. С учетом этого h_1 должен быть

$h_1 \geq 300$ *мм*. С учетом максимальной глубины обработки почвы для рабочего органа $\alpha=15$ *см* $= 150$ *мм*, максимальная высота вспушенного слоя почвы равна $h_2 = \alpha/4=15/4=3{,}75$ *см*$=37{,}5$ *мм*.

Минимальная высота стойки рабочего органа для обработки почвы от опорной поверхности до нижней плоскости рамы с учетом формулы (3) будет:

$$H_c = \frac{4h_1 + 5a}{4} = \frac{4 \cdot 300 + 5 \cdot 150}{4} = 487{,}5 мм.$$

Максимальная высота стойки рабочих органов, с учетом конструкции основной рамы, составляет 800 мм. Для получения малых перекрытый целесообразно применение небольших значений угла 2γ, обеспечивающих работу рабочего органа без обволакивания, для этого значение 2γ должен варьировать в пределах $2\gamma=60–65°$ [2]. Здесь γ угол резания. Угол крошения α согласно многочисленным исследованиям [2-4] должен варьировать в пределах $\alpha=20–30°$.

Так, при двухрядном расположении межследия рабочих органов должен составлять l_m =.240 *мм*. С учетом качества работы динамичных рабочих органов, исключающие огрехов максимальную и минимальную ширину захвата рабочего органа можно определить по формуле:

$$b_{\max}^{\text{ро}} = l_m + 2 \cdot b_{пер}^{мах}; \quad b_{\min}^{\text{ро}} = l_m + 2 \cdot b_{\text{пер}}^{\text{мин}} \tag{4}$$

где l_m ширина межследия рабочих органов, мм; максимально допустимое перекрытие рабочих органов, мм; $b_{\text{пер}}^{\text{мин}}$ – минимально допустимое перекрытие рабочих органов, мм. Максимальная и минимальная ширина захвата рабочего органа соответственно составляет 330 мм и 260 мм. Длина и ширина долота: $l_{дол}$= 150 мм; $b_{дол}$ = 60 мм. Максимальная длина рабочего органа

$$L_{\text{ро}}^{\text{о}} = 720 мм.$$

Выводы. Для дальнейшего повышения эффективности технологических процессов обработки почвы, улучшения эксплуатационных качеств почвообрабатывающих агрегатов целесообразно разработать новые динамичные почвообрабатывающие рабочие органы, обеспечивающие автоматическое изменение углов атаки и крошения, ширины захвата и площади фронтальной проекции в допустимых пределах. Обоснованы основные конструктивные параметры динамичных рабочих органов, обеспечивающих повышение эксплуатационных качеств почвообрабатывающих агрегатов.

Библиографический список

1. Джабборов Н.И., Федькин Д.С. Террадинамика почвообрабатывающих машин //Научный журнал «Молодой ученый, №11 (91), 2015. С. 311-315.

2. Труфанов В.В. Глубокое чизелевание почвы // ВАСХНИЛ, М.: Агропромиздат, 1989. 140 с.

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

4. Василенко П.М., Бабий П.Т. Культиваторы (конструкция, теория и расчет). Киев, Изд-во АН УССР, 1961. 239 с.

5. Джабборов Н.И., Евсеева С.П., Семенова Г.А. Рабочий орган для рыхления почвы. Патент на полезную модель РФ №169104. Заявка № 2016141036. Приоритет

полезной модели 18 октября 2016. Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 2017 г.

6. Лобачевский Я.П., Старовойтов С.И. Теоретические и технологические аспекты работы рыхлительного рабочего органа // Сельскохозяйственные машины и технологии. №5, 2016. С. 17-23.

7. Руденко Н.Е., Кайванов С.Д., Завялик Ф.Н. Инновационная стрельчатая почвообрабатывающая лапа // Сельскохозяйственные машины и технологии, №6, 2016. С. 16-20.

8. Кудзаев А.Б., Уртаев Т.А. Адаптивный энергосберегающий культиватор для обработки каменистых почв //Сельскохозяйственные машины и технологии, №2, 2015. С. 28-32.

9. Лобачевский Я.П., Старовойтов С.И., Чемисов Н.Н. Энергетическая и технологическая оценка почвообрабатывающего рабочего органа // Сельскохозяйственные машины и технологии, №5. 2015. С. 10-13.

10. Жук А.Ф. Влияние почвенного нароста на работу клина // Сельскохозяйственные машины и технологии, №3, 2013. С. 24-29.

11. Елизаров В.П., Артюшин А.А. Ценч Ю.С. Перспективные направления развития отечественной сельскохозяйственной техники //Вестник ВИЭСХ. 2018. 2(31) С.12-18.

References

1. Jabborov N.And. Fedkin D.S. Terradynamics of tillage machines // Scientific journal "Young scientist, №11 (91), 2015. P. 311-315.

2. Trufanov V.V.Deep soil chizelevanie // VASKHNIL,Moscow: Agropromizdat,1989.140 pp.

3. Sinyakov G.N., Panov I.M. Theory and calculation of soil-cultivating machines. M.: Mechanical Engineering, 1977. 328 p.

4. Vasilenko p. M., Babiy p. T. Cultivators (construction, theory and calculation). Kyiv, USSR Academy of Sciences Publ., 1961. 239 p.

5. The Dzhabborov N. And. Evseev S.P., Semenov G. A. working on for loosening soil. Patent for utility model of the Russian Federation №169104. Application no. 2016141036. The priority of the utility model 18 October 2016. Registered in the state register of utility models of the Russian Federation in 2017.

6. Lobachevsky Ya.P., Starovoitov S.I. Theoretical and technological aspects of the work of the loosening working body // Agricultural machines and technologies. №5, 2016. P. 17-23.

7. Rudenko N.E. Kavanov S.D., Siwalik Fn. Innovative tillage of the Lancet paw // Agricultural machinery and technologies, №6, 2016. P. 16-20.

8. Kudzaev A.B., Urtaev T.A. the energy-saving Adaptive cultivator for the cultivation of the soil, Agricultural machinery and technologies, N 2, 2015. P. 28-32.

9. Lobachevsky J.P., Starovoitov, S.I., Chemezov N.N. Energy and technological assessment of tillage working body // Agricultural machinery and technologies, №5, 2015. P. 10-13.

10. The impact of soil growth on the work of the wedge // Agricultural machinery and technology, N3, 2013. P. 24-29.

11. V. P. Elizarov, A. A. artushin Zen Y. S. Prospective directions of development of domestic agricultural machinery //Bulletin of viesh. 2018. 2(31) Pp. 12-18.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ И УПРОЧНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ

УДК 621.791.792

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В МЕТАЛЛОПОКРЫТИЯХ, СФОРМИРОВАННЫХ КОНТАКТНОЙ ПРИВАРКОЙ ПРОВОЛОК

[1]Ильнур Илдарович Загиров, кандидат технических наук, доцент кафедры механика и инженерная графика, e-mail: zagirych22@mail.ru;
[1]Павлов Артур Павлович, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии металлов и ремонта машин, e-mail: artlilimail@mail.ru;
[2]Андрей Геннадьевич Игнатьев, доктор технических наук, профессор кафедры техническая механика, e-mail: ignatpbk.ru;
[1]Башкирский государственный аграрный университет;
[2]Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

Реферат: *Известно, что на усталостную прочность деталей существенное влияние оказывают остаточные напряжения. Это особенно существенно для валов, восстановленных различными способами. Электроконтактные способы восстановления обоснованно относят к числу наиболее эффективных, а присадочный материал в форме стальных проволок является наиболее доступным, удобным, не требует предварительной подготовки и раскроя. Промышленность выпускает проволоки любого диаметра и химического состава. Остаточные напряжения в металлопокрытиях, сформированных электроконтактной приваркой проволок из углеродистых и легированных сталей исследованы недостаточно. Поэтому в данной работе поставлена цель – определить экспериментально остаточные напряжения при рассматриваемом способе восстановления и сравнить полученные данные с другими способами восстановления. Для измерения остаточных напряжений применялся метод пенетрации, относящийся к неразрушающим методам контроля. Опыты проводились на образцах диаметрами 57 мм из сталей 45 и 30ХГСА, наваренных соответственно проволоками из сталей 65Г и 30ХГСА. Было установлено, что значения в образце из конструкционной стали значения окружных и осевых остаточных напряжений незначительные по величине, сжимающие, равные соответственно -30…-33 МПа. В покрытиях из легированной стали 30ХГСА остаточные напряжения соответственно равны 32-35 МПа и -37…-40 МПа. В выполненной работе полученные результаты сравниваются с литературными данными по многим известным способам восстановления. Сравнение показывает, что способ электроконтактной приварки стальных проволок является одним из немногих способов восстановления, при котором в покрытии формируются благоприятные остаточные напряжения. Такой характер остаточных напряжений объясняется термомеханическим воздействием на присадочный металл при осадке разогретой присадочной проволоки.*

Ключевые слова: *электроконтактная приварка, металлопокрытие, проволока, остаточные напряжения*

COMPARATIVE STUDY OF RESIDUAL STRESSES IN THE COATINGS FORMED BY THE CONTACT WELDING OF WIRES

Zagirov Ilnur Ildarovich, Federal state budgetary educational institution of higher education "Bashkir state agrarian University",
Ignatiev Andrey G., Federal state Autonomous educational institution of higher professional education "South Ural state University", Chelyabinsk,
Pavlov Artur Pavlovich, Federal state budget educational institution of higher professional education "Bashkir state agrarian University", Ufa,

Abstract. *It is Known that fatigue strength of parts is significantly influenced by residual stresses. This is especially important for shafts restored in various ways.*

Electrocontact methods of restoration reasonably belong to number of the most effective, and additive material in the form of steel wires is the most accessible, convenient, does not demand preliminary preparation and cutting. The industry produces wires of any diameter and chemical composition. Residual stresses in metal coatings formed by electrocontact welding of wires from carbon and alloyed steels have not been studied sufficiently. Therefore, in this paper the aim is to determine experimentally the residual stresses in the considered method of recovery and compare the obtained data with other recovery methods.

The method of penetration related to non-destructive testing methods was used to measure residual stresses. Experiments were carried out on samples with diameters of 57 mm from 45 and 30KHGSA steels welded respectively with wires from 65G and 30KHGSA steels. It was found that the values in the sample of structural steel values of circumferential and axial residual stresses are insignificant in magnitude, compressive, respectively -30...-33 MPa. In the coatings of alloy steel 30KhGSA residual stresses are respectively equal to 32 ... 35 MPa and -37 ... -40 MPa. In the performed work the obtained results are compared with the literature data on many known methods of recovery. The comparison shows that the method of electric contact welding of steel wires is one of the few ways of recovery in which the coating forms favorable residual stresses. This character of residual stresses is explained by thermomechanical impact on the filler metal during precipitation of the preheated filler wire.

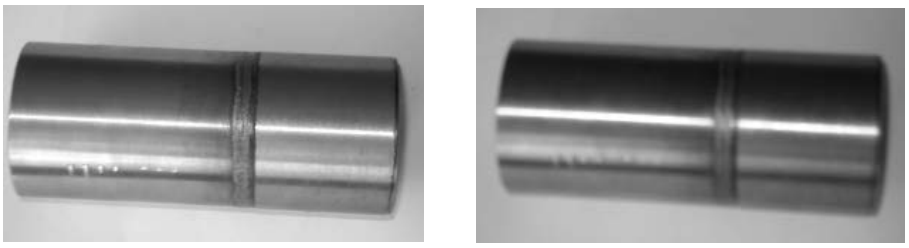
Keywords: *electrocontact welding, metal coating, wire, residual stresses*

Введение. Неблагоприятные остаточные напряжения в металлопокрытии и зоне термического влияния оказывают отрицательное влияние на надежность и долговечность деталей и являются одной из главных причин снижения циклической прочности восстанавливаемых различными способами валов. Остаточные напряжения, возникающие при восстановлении деталей электроконтактной приваркой проволокой (ЭКПП), исследованы недостаточно. Некоторые сведения о характере остаточных напряжений даны в работах [1. 2].

Цель исследования – определить остаточные напряжение в покрытиях, сформированных ЭКПП стальных проволок и сравнить полученные данные с другими способами восстановления.

Материалы и методы. Для экспериментов были изготовлены цилиндрической формы образцы диаметром 57 мм, изготовленные из следующих материалов: №1 – сталь 45, №2 – сталь 30ХГСА. Для приварки на наплавочной установке ЭКП 011-1-02 конструкции ГОСНИТИ применяли присадочные проволоки диаметром 1,8 мм, химических состав которых соответствовал

сталям 65Г и 30ХГСА. Образцы приваривались роликом-электродом из бронзы НБТ диаметром 300 мм.



а) 1; *б) 2.*

Рис. 1. Внешний вид образцов

Режим приварки по винтовой линии подбирался из условия обеспечения максимально высокой осевой пластической деформации проволок и обеспечивал прочность сварного соединения, равную прочности основного металла образцов. Приварка осуществлялась на рациональных режимах: для стали 45 *I=7,2 кА; F=1,3 кН;* t_u *=0,04; с*; для стали 30ХГСА соответственно *I=7,4 кА; F=1,7 кН;* t_u *=0,04 с.*

Остаточные напряжения в поверхностном слое образцов с нанесенным покрытием определяли разработанным в ЧГАА (в настоящее время ФГБОУ ВО ЮУрГАУ) методом, основанным на использовании упругопластического контактного взаимодействия (метод пенетрации). Принцип метода заключается в использовании закономерностей взаимосвязи между деформированным состоянием поверхности в условиях локального (точечного) упругопластического контактного нагружения и остаточными напряжениями в поверхностном слое детали.

Метод относится к неразрушающим способам контроля, является менее трудозатратным и дает возможность определять остаточные напряжения в конкретной точке поверхности [4-6]. В качестве индентора использовали шарик диаметром 10 мм, усилие вдавливания составляло 1471,3 Н. Измерение предела текучести металла покрытия выполняли при тех же параметрах вдавливания индентора.

Для измерения перемещений применяли оптический метод электронной спекл-интерферометрии с регистрацией нормальной компоненты вектора перемещения, а в качестве исходной информации – нормальные деформационные перемещения.

Результаты и обсуждение. Схема замеров остаточных напряжений на поверхности металла покрытия представлена на рисунке 2.

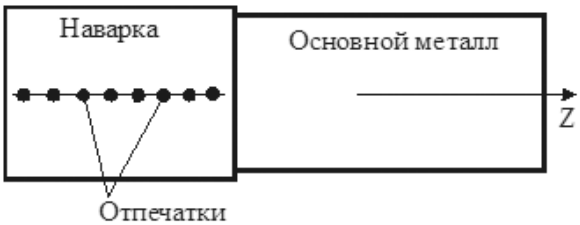


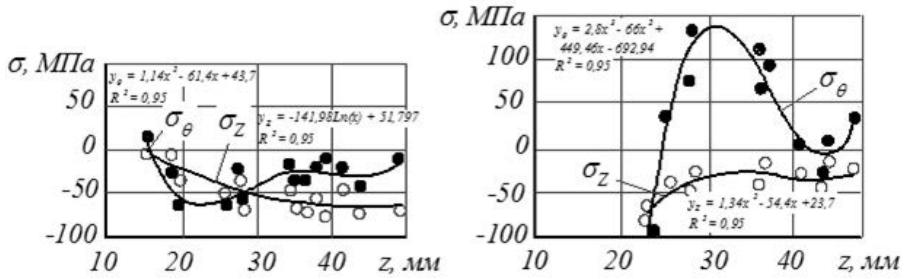
Рис. 2. Схема измерений остаточных напряжений на поверхности образца методом пенетрации

Таблица 1

Предел текучести материалов

№ образца	Основной металл		Металлопокрытия	
	Материал	Предел текучести σ_T, МПа	Материал	Предел текучести σ_T, МПа
1	Сталь 45	455±20	ПК-2 (Нп-65Г)	1690±70
2	Сталь 30ХГСА	610±20	Нп-30ХГСА	1500±50

При наварке покрытия из проволоки ПК-2 на основу из стали 45 (рисунок 3, а) в центральной области покрытия действуют незначительные по величине и благоприятные по направлению окружные σ_θ и осевые σ_z остаточные напряжения. В более удаленных от концов наплавленных поясков зонах металлопокрытия средние величины остаточных напряжений составляют σ_θ= -0,07$\sigma_т$, σ_z = -0,09$\sigma_т$ (в долях предела текучести основного металла $\sigma_т$) или в абсолютных значениях σ_θ = -30…-33 МПа, σ_z = -38…-42 МПа. Наплавка покрытия из проволоки Нп-30ХГСА на основу из стали 30ХГСА (рисунок 3, б) привела к появлению в центральной области покрытия незначительных растягивающих окружных σ_θ и сжимающих осевых σ_z остаточных напряжений. В удаленной от краев области покрытия средние величины остаточных напряжений составляют σ_θ = 0,06 $\sigma_т$, σ_z = -0,06 $\sigma_т$ в долях предела текучести основного металла или в абсолютных значениях σ_θ = 32…35 МПа, σ_z = -37…-40 МПа.



а *б*

Рис. 3. Остаточные напряжения на поверхности металлопокрытий, определенные методом пенетрации: а) ЭКП проволокой ПК-2; б) проволокой Нп-30ХГСА

И эти исследования показывают, что на поверхности наплавленных ЭКПП образцов действуют незначительные по величине и благоприятные по направлению остаточные напряжения, средние значения которых согласуются со значениями, полученными по методике [6]. При восстановлении валов контактной приваркой стальных лент разогретая импульсами тока присадочная лента остывает в условиях стеснения деформаций. В отличие от проволок, пластическая деформация лент при наплавке несущественна и недостаточна для снятия остаточных напряжений. В результате, в металлопокрытии формируются предельной величины остаточные растягивающие напряжения. Более низкие, чем при приварке металлических лент, остаточные растягивающие напряжения формируются при напекании порошковых материалов, что объясняется отсутствием связей между частицами порошка. Для сравнения в таблице 2 представлены данные по остаточным напряжениям в покрытиях, сформированных электроконтактной приваркой различных присадочных материалов. Данные заимствованы из источников [1, 6-14.].

Таблица 2

Остаточные напряжения на поверхностях деталей, восстановленных электроконтактными способами с применением присадочного материала – проволоки

Материал		Остаточные напряжения (средние значения)	
Основа	Покрытие	σ_Z / σ_T	σ_θ / σ_T
Сталь 45	Сталь 65Г ПК-2 две проволоки	0,124	-0,079
30ХГСА	Проволока 30ХГСА две проволоки	0,142	-0,099
Сталь 45	Сталь 45 ПК-2 две проволоки	-0,03	0,04
Сталь 45	Сталь 65Г ПК-2 две проволоки с растяжением	0,022	-0,01
30ХГСА	Проволока 30ХГСА две проволоки	0,081	-0,017

Таблица 3

Остаточные напряжения на поверхностях деталей, восстановленных электроконтактными способами с применением присадочного материала – ленты

Материал		Остаточные напряжения (средние значения)	
Основа	Покрытие	σ_Z / σ_T	σ_θ / σ_T
ВЧ 60	Сталь У8А	0,73	0,71
Сталь 45	Сталь 45 (лента)	0,88	0,87
Сталь 20Х13	Сталь 20Х13 (лента)	0,72	0,64
Сталь 12Х18Н10Т	Сталь 12Х18Н10Т (лента)	0,78	0,62
Сталь 45	12Х18Н10Т, ГОСТ 5632-72, лента	0,93	0,9
Сталь 45	Сталь 45, Приварка ленты 2 прохода	0,25	0,21
Сталь 12Х18Н10Т	Сталь 12Х18Н10Т (лента)	0,78	0,64

Таблица 4

Остаточные напряжения на поверхностях деталей, восстановленных электроконтактными способами с применением присадочного материала – порошки и комбинированные присадки

Материал		Остаточные напряжения (средние значения)	
Основа	Покрытие	σ_Z / σ_T	σ_θ / σ_T
ВЧ 60	ПЖ-2+металлическая сетка	0,41	0,52
Сталь 45	ПР-Х11Г4СР (порошок + металлическая лента)	0,67	0,68
Сталь 45	СЧ-18 (порошок)	0,92	0,88
ВЧ 60	ПЖ-2	0,14	0,49
Сталь 65Г	ПГ12Н-02, ТУ 48-19-383 толщина слоя 1 мм	0,27	0,24
Сталь 12Х18Н10Т	Сетка, 3 слоя, сталь 12Х18Н10Т	0,09	-0,15
Сталь 12Х18Н10Т	Комбинированная присадка (порошок 316L + сетка 12Х18Н10Т+10% чугунного порошка КЧ30-6)	0,08	-0,12
Сталь 45	ПР-Х11Г4СР (Порошок + металлическая сетка)	0,67	0,68

Можно заметить, что при контактной наплавке металлических лент и напекании металлических порошков различного состава в покрытиях формируются очень большие по величине, неблагоприятные по направлению растягивающие остаточные напряжения термической природы. Неблагоприятные остаточные напряжения формируются и в металлопокрытиях,

нанесенных электродуговыми способами. При всех вариантах ЭКПП в нанесенном слое остаточные напряжения практически нулевые, в некоторых случаях они, хоть и небольшие по величине, но благоприятные, сжимающие. Термические по физической природе напряжения при рассматриваемом способе восстановления в момент их зарождения снимаются в результате термомеханического воздействия со стороны ролика-электрода на разогретый до пластического состояния присадочный металл. Таким образом, присадочный материал в форме проволок выгодно отличается в плане формирования остаточных напряжений от металлических лент и порошков. Этим предотвращается значительное снижение усталостной прочности восстановленных деталей. На основании результатов измерений сделан вывод о преимущественности по критерию «остаточные напряжения» применения для восстановления шеек коленчатых валов технологии ЭКПП проволоки при условии обеспечения качества приварки. Возможно восстановление детали ЭКП ленты, однако при этом необходимо обеспечить снижение остаточных напряжений применением в технологическом процессе ППД. Благопрятные остаточные напряжения в покрытиях, нанесенных ЭКПП проволок, являются одной из причин меньшего, чем при приварке лент и порошков, снижения усталостной прочности восстановленных валов.

Выводы.

1. В наплавленном ЭКП слое формируются, в отличие от контактной приварки стальных лент и порошков, благоприятные сжимающие напряжения.

2. Методика, основанная на методе пенетрации, относится к неразрушающим методам контроля, менее трудозатратна и позволяет определять остаточные напряжения в конкретной точке на поверхности восстановленной детали.

Библиографический список

1. Латыпов Р.А., Булычев В.В., Бурак П.И. и др. Электроконтактная приварка. Теория и практика // Курск: Университетская книга. 2016. 392 с.

2. Ибрагимов В.С., Мамлеев Ч.М., Нафиков М.З. Электроконтактная наплавка автотракторных валов // Техника в сельском хозяйстве. 1980. №12. С. 40-42.

3. Нафиков М.З., Загиров И.И., Юнусбаев Н.М., Наталенко В.С., Шакиров И.Р. Контактная приварка растянутой присадочной проволоки // Упрочняющие технологии и покрытия. 2017. Т.13. №5 (149). С. 198-204.

4. Игнатьев А.Г., Третьяков А.А. Измерение остаточных напряжений в восстановленных деталях с использованием конического индентора // Агропродовольственная политика России. 2015. №1 (13). С.48-51.

5. Игнатьев А.Г., Третьяков А.А. Новая методика измерения остаточных напряжений в восстановленных деталях с использованием конического индентора // Контроль. Диагностика. 2015. № 6. С. 26-30.

6. Игнатьев А.Г. Диагностирование поверхностных остаточных напряжений в металлических покрытиях, нанесенных при восстановлении деталей сельскохозяйственной техники: дисс. … докт. техн. наук. Челябинск, 2008. 324 с.

7. Фархшатов М.Н. Ресурсосберегающие технологии восстановления деталей сельскохозяйственных техники и оборудования электроконтактной приваркой коррозионностойких и износостойких материалов: дисс. ... докт. техн. наук. Уфа, 2007. 527 с.

8. Нафиков М.З., Загиров И.И., Игнатьев А.Г. Остаточные напряжения в металлопокрытии, нанесенном электроконтактной наплавкой // Технология металлов. 2008. №9. С.29-32.

9. Фаюршин А.Ф., Хакимов Р.Р., Багаутдинова И.И., Третьяков А.А. Исследование остаточных напряжений в упрочненных и восстановленных деталях // Ре-

монт, восстановление, модернизация. 2016. №1. С.39.

10. Нафиков М.З. Шакиров И.Р., Загиров И.И., Юнусбаев Н.М. Остаточные напряжения в металле покрытия, нанесенного электроконтактной приваркой двух растянутых проволок // Упрочняющие технологии и покрытия. 2018. Т. 14. №1 (157). С. 19-22.

11. Нафиков М.З., Загиров И.И., Нуртдинов Д.М. и др. Восстановление валов двухзаходной контактной приваркой стальных проволок // Ремонт, восстановление, модернизация. 2015. № 4. С.8-11.

12. Нафиков М.З., Загиров И.И, Зайнуллин А.А., Нуртдинов Д.М. Методология выбора рациональных режимов контактной приварки стальных проволок // Известия Международной академии аграрного образования. 2013. Вып. №127. С. 192-196.

13. Нафиков М.З., Загиров И.И. Режимы контактной приварки проволоки 1,8 НК-2 // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2012. №2. С.45-48.

14. Нафиков М.З., Загиров И.И., Игнатьев А.Г. Остаточные напряжения в металлопокрытии, нанесенном электроконтактной наплавкой // Технология металлов. 2008. №9. С. 29-33.

References

1. Latypov R. A. Electrocontact welding. Theory and practice. / R. A. Latypov, V. V. Bulychev, Burak p. I. et al. / / Kursk: University book. 2016. 392 p.

2. Ibragimov, V. S. Electrocontact welding of automotive shafts / V. S. Ibragimov, C. M. Mamleev, Nafikov M. Z. // Technique in agriculture. - 1980. - No. 12. – Pp. 40-42.

3. Nafikov M. Z. Contact welding of stretched filler wire./ Nafikov M. Z., Zagirov I. I., Yunusbaev N. Mmm. Natalenko V. S., Shakirov I. R. / / Strengthening technologies and coatings. - 2017. – Vol.13. – No. 5 (149). S. 198-204.

4. Ignatiev A. G., Tretyakov A. A. measurement of residual stresses in restored parts using a conical indenter // agro-Food policy of Russia. 2015. No. 1 (13). – S. 48-51

5. Ignatiev, A. G., Tretyakov A. A. New technique for measurement of residual stresses in the restored parts using a conical indenter // Control. Diagnostics. 2015.No. 6.P. 26-30.

6. Ignatyev A. G. Diagnosis of surface residual stresses in metallic coatings applied during restoration of agricultural machinery parts: Diss. Doct. tech. sciences'. Chelyabinsk, 2008. - 324 p.

7. Farkhshatov M. N. Resource-saving technologies of restoration of details of agricultural machinery and equipment by electrocontact welding of corrosion-resistant and wear-resistant materials: Diss. ... d-RA tekhn. sciences'. - Ufa, 2007. - 527 p.

8. Nafikov M. Z. Residual stresses in the metal coating deposited electrocontact welding / Z. M. Nafikov, I. Zagirov, A. G. Ignatiev // Technology of metals. -2008. No. 9. - P. 29-32.

9. Study of residual stresses in a hardened and recovered items / Faurlin A. F., R. R. Khakimov, I. Bagautdinov, A. A. Tretyakov // Repair, restoration, modernization. 2016. No. 1. P. 39.

10. Residual stresses In the metal of the coating deposited by electrocontact welding of two stretched wires / / M. Z. Nafikov, I. R. Shakirov, I. I. Zagirov, N. M. Yunusbaev / Reinforcing technologies and coatings. 2018. T. 14. N1 (157). pp. 19-22.

11. Nafikov M. Z. Restoration of shafts of the double contact welding steel wires / Z. M. Nafikov, I. Zagirov, D. M. Nurtdinov et al. / / Repair, restoration, modernization. - 2015.No. 4. C. 8-11.

12. Nafikov, M. Z. methodology of rational modes selection of steel wire welding / M. Z. Nafikov, I. Zagirov, A. A. Zaynullin, D. M. Nurtdinov // proceedings of the international Academy of agrarian education. - 2013. – Vol. No. 127. – P. 192-196.

13. Nafikov, M. Z. modes of wire welding contact 1,8 NK-2 [Text] / M. Z. Nafikov, I. Zagirov // Bulletin of the Bashkir state agrarian University. - 2012. – No. 2. - P. 45-48.

14. Nafikov, M. Z. Residual stresses in the metal coating deposited electrocontact surfacing / Nafikov M. Z., Zagirov I., Ignatiev A. G. / / metal Technology, 2008, № 9. C. 29-33.

УДК 621.791:006

ОСОБЕННОСТИ СЕРТИФИКАЦИИ СВАРОЧНО-НАПЛАВОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ В РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВАХ

Виктор Сергеевич Дрижов, доцент, кандидат технических наук, доцент, e-mail: vdrizhov@gmail.com
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Реферат*: Повышение эффективности ремонтно-восстановительных производств неразрывно связано с повышением качества выполнения наплавочных работ. На предприятиях таких производств, в виду специфики технологического процесса наплавки, обеспечение заданного уровня качества конечного продукта – восстановленного изделия возможно только при условии поэтапного контроля по всему жизненному циклу. Данное обстоятельство обуславливает необходимость разработки и внедрения на предприятиях системы как внутреннего, так и внешнего аудита – системы сертификации всех элементов наплавочного производства. Оценку показателей качества в этой системе целесообразно проводить в соответствии с национальной нормативной документацией, разработанной на базе международных стандартов в области обеспечения качества в сварочном производстве.*
Ключевые слова: *сварка, наплавка, качество, сертификация, стандарты, сварочное производство.*

FEATURES OF CERTIFICATION OF WELDING-SURFACING PROCESSES IN REPAIR AND RECOVERY INDUSTRIES

V.C. Drizhov, Moscow state technical university cm. N.E. Baumana

Abstract. *The increase in the efficiency of repair and recovery industries is inextricably linked with the improvement of the quality of surfacing. At enterprises of such productions, in view of the specifics of the technological process of surfacing, the provision of a given level of quality of the final product - the restored product is possible only under condition of stage-by-stage control over the whole life cycle. This circumstance makes it necessary to develop and implement at the enterprises systems of both internal and external audit - the certification system for all elements of surfacing production. It is advisable to assess the quality indicators in this system in accordance with the national normative documentation developed on the basis of international standards in the field of quality assurance in welding production.*
Keywords: *welding, surfacing, quality, certification, standards, welding production.*

Введение. На современном этапе успешное развитие любого производства, в том числе и ремонтно-восстановительного, возможно только на основе разработки и внедрения на предприятиях систем, обеспечивающих га-

рантированный уровень качества выпускаемой продукции. К такой системе следует отнести систему сертификации сварочно-наплавочного производства. В настоящее время в России Техническим комитетом по стандартизации ТК 364 «Сварка и родственные процессы» Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии разрабатывается в соответствии ГОСТ Р ИСО 3834 (части 1-6) национальная нормативная база в области аттестации и сертификации объектов сварочного производства. Необходимо отметить, что разрабатываемые стандарты по степени соответствия международным стандартам ISO подразделяются на идентичные (IDT) и модифицированные (MOD).

Использование данной национальной нормативной базы [1, 2 и др.] для собственного аудита, а также для проведения сертификации уполномоченными органами позволит производителю выйти на более высокий (мировой) уровень качества выпускаемой продукции и обеспечит ему возможность:

- демонстрировать свои способности постоянно поставлять продукцию, отвечающую возрастающим требованиям потребителей;
- постоянно повышать удовлетворенность потребителей на основе улучшения показателей качества продукции.

Предприятия, специализирующие на ремонте изделий, следует отнести к сварочным производствам, так как наибольшая часть деталей восстанавливается с применением процессов сварки плавлением. Следует обратить внимание на то, что технико-эксплуатационные показатели сварных конструкций – восстановленных изделий являются наследственными характеристиками, которые формируются в процессе сварки и зависят в существенной мере от характера и степени завершенности процессов, развивающихся при выполнении данной технологической операции.

В соответствии с вышесказанным и в соответствии с положениями стандарта [1], сварочный процесс – процесс наплавки следует отнести к специальному процессу.

Данное обстоятельство обуславливает невозможность оценить качество готового изделия его финишным тестированием. Гарантированная работоспособность восстановленных деталей (сварных деталей) в этом случае может быть обеспечена только поэтапным контролем по всему жизненному циклу восстановления изделия. Данная задача может быть успешно решена путем разработки и внедрения на производстве системы оценки соответствия установленным требованиям как параметров технологического процесса наплавки, так и характеристик продукции.

Неотъемлемыми составными частями этой системы – системы сертификации является оценка объектов производства как со стороны изготовителя, так и третьей стороной – независимым сертификационным органом. Следует обратить внимание на то, что требования к элементам ремонтно-восстановительного производства в зависимости от сложности производства и опасности выпускаемых изделий могут быть указаны в различных нормативных документах – в техническом регламенте, стандарте, технических условиях, а также в контракте.

Использование производителем в своей деятельности системы сертификации позволит, во-первых, создать условия для повышения эффективности его работы и, во-вторых, будет обеспечена возможность предоставления заказчику гарантий на выпускаемую продукцию (рисунок 1).

Рис. 1. Схема взаимодействия потребитель-изготовитель через систему сертификации

Кроме того, руководству предприятий, выпускающих сварные конструкции, необходимо иметь в виду, что Международный институт сварки (IIW) и Европейская федерация по сварке (EWC) разработали международную систему сертификации сварочных производств (MCS IIW ISO 3834) [3]. Основные этапы сертификации предприятий по данной схеме можно представить в следующем виде:

1 этап – информационный (передача необходимой документации и заключение контракта);

2 этап – подготовительный (оценка полученной документации, назначение группы экспертов и согласование кандидатур с предприятием);

3 этап – проведение оценки.

4 этап – сертификация (анализ результатов проведенной оценки и принятие решения о выдачи сертификата соответствия)

Необходимо обратить внимание на то, что данные работы проводятся на добровольной основе

Система сертификации сварочно-наплавочных производств включает в себя в качестве составных частей оценку соответствия следующих элементов [4]:

1. Системы менеджмента качества.
2. Квалификацию персонала сварочно-наплавочного производства.
3. Сварочные (наплавочные) технологии.
4. Сварочные (наплавочные) материалы.
5. Сварочное оборудование.

Система менеджмента качества – система управления качеством

Разработка и внедрение системы менеджмента качества должна производиться с учетом требований стандартов, а контроль качества при выполнении наплавочных работ необходимо проводить в соответствии с выбранным уровнем качества – соответствующей частью ГОСТ Р ИСО 3834[1, 2]. Исполнение данных требований является необходимым условием для демонстрации способности производителя восстанавливать любой тип изделия в заводских условиях [5]. Схема взаимодействия процессов менеджмента качества представлена на рисунке 2.

Рис. 2. Схема взаимодействия процессов системы менеджмента качества предприятия

Квалификация персонала сварочно-наплавочного производства.

Кадровая политика руководства предприятия должна быть направлена на привлечения к выполнению ремонтных работ как инженерно-технического персонала, так и сварщиков с необходимым уровнем квалификации.

Изготовитель обязан назначать по крайней мере одного ответственного координатора по наплавке (сварке), квалификация которого должна соответствовать требованиям, установленным в национальном стандарте ГОСТ Р 53525-2009 «Координация в сварке. Задачи и обязанности». Так, например, в случае восстановления ответственных изделий квалификация руководителя наплавочного производства должна соответствовать международному инспектору по сварке (IWIP) [2].

Квалификация сварщиков, выполняющих наплавку с целью восстановления изделий, должна соответствовать установленным требованиям. В этом плане целесообразно, чтобы сварщики перед выполнением наплавочных

работ прошли квалификационные испытания, правила и порядок проведения которых при сварке сталей плавлением установлены в стандарте ГОСТ Р 53690-2009 «Аттестационные испытания сварщиков. Сварка плавлением. Часть 1. Стали». По результатам этих испытаний сварщику выдается документ –сертификат соответствия, который подтверждает его квалификацию.

Сварочные (наплавочные) технологии. Для обеспечения заданного уровня качества восстановленной детали, параметры технологического процесса наплавки должны находится в заданных пределах. Гарантированное выполнение данного условия возможно только на основе проведения сертификации технологии наплавки, правила и процедура которой должна соответствовать требованиям стандартов [6, 7].

В соответствии с положениями этих стандартов сертификация технологии наплавки должна проводиться в полном объеме – по результатам испытания технологических проб:

1. Сертификация технологии сварки по результатам испытаний типовых технологических проб [6]. Общий вид типовых технологических проб в виде пластин и труб показан на рисунок 3.

2. Сертификация технологии наплавки по результатам испытаний технологических проб, конструкция которых воспроизводит реальный сварной узел [7].

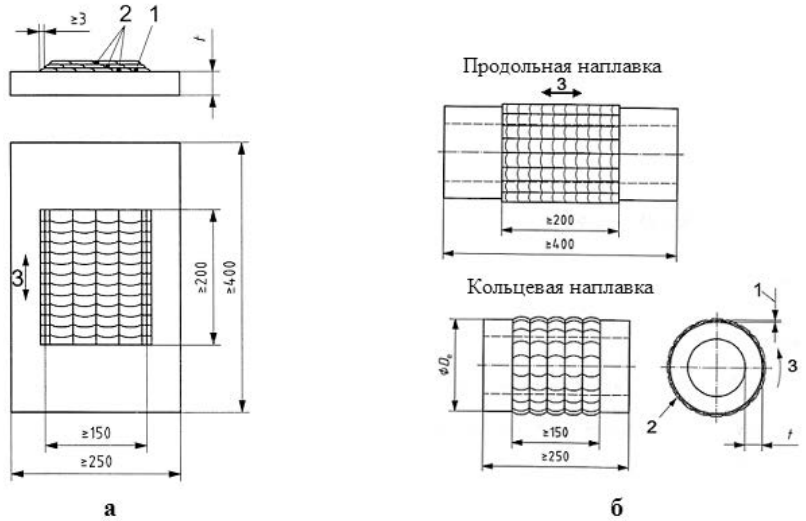


Рис. 3. Типовые технологические пробы в виде пластины(а) и трубы (б) для оценки качества наплавки [6]
(1 – подслой; 2 – испытываемые слои наплавки; 3 – направление наплавки)

При испытании по второму варианту могут быть сделаны один или несколько специальных образцов, форма которых должна воспроизводить наплавляемое изделие во всех его существенных признаках, например, по размерам, напряженному состоянию, теплоотводу и др. Подготовку и наплавку контрольных образцов следует выполнять в условиях применяемой производственной технологии [8].

Сварочные материалы и оборудование.

Сварочные материалы и оборудование, а также восстанавливаемые изделия следует отнести к категории продукции, сертификация которых должна

проводиться в соответствии с ГОСТ Р 53603-2009 «Оценка соответствия. Схемы сертификации продукции в Российской Федерации». По выбранной схеме сертификации проводится оценка соответствия характеристик продукции требованиям соответствующего стандарта. Так, например, для электрода, предназначенного для наплавки и ремонта деталей и конструкций из углеродистых и низколегированных сталей – определяется соответствие требованиям ГОСТ 9466 –75 «Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки и наплавки. Классификация и общие технические условия».

При разработке системы обеспечения заданного уровня качества восстанавливаемых изделий особо следует обратить внимание на сертификацию сварочного оборудование, которое в зависимости от его назначения, может попадать под действие сразу нескольких технических регламентов Таможенного союза:

1. ТР ТС – 010 – 2011 «О безопасности машин и оборудования».
2. ТР ТС – 004 – 2011 «О безопасности низковольтного оборудования».
3. ТР ТС–020– 2011 «Электромагнитная совместимость технических средств».

Надо иметь в виду, что требования этих технических регламентов в соответствии с федеральным законом «О техническом регулировании» подлежат обязательному выполнению.

Выводы:

1. На современном этапе обеспечение эффективности сварочно-наплавочного производства возможно только на основе разработки и внедрения на предприятиях систем как внутреннего аудита всех элементов наплавочного производства, так и внешнего путем проведения сертификации этих объектов.
2. Сертификацию технологии наплавки при ремонтно-восстановительных работах возможно проводить не только на типовых технологических пробах, но и по результатам испытаний технологических проб, конструкция которых воспроизводит реальный наплавочный узел.
3. На ремонтно-восстановительных предприятиях персонал сварочно-наплавочного производства (сварщики и инженерно-технический персонал) должен иметь необходимый уровень квалификации, который целесообразно подтверждать соответствующей сертификацией.
4. Сварочное оборудование, в зависимости от его назначения, попадает под действие сразу нескольких технических регламентов Таможенного союза, что обуславливает обязательное выполнение установленных в этих документах требований.

Библиографический список

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования.

2. ГОСТ Р ИСО 3834 Требования к качеству выполнения сварки плавлением металлических материалов. Ч. 1-5.

3. Панин В.Н. Сертификация сварочного производства //Технология машиностроения. 2012. №3. С. 44-49

4. Дрижов В.С. Политика в области качества на предприятиях ремонтно-восстановительного направления // Труды ГОСНИТИ. 2013. Т.113.

С. 269-277.

5. Змиевский В.И. Оценка систем менеджмента качества (СМК) сварочных про-

изводств // Сварочное производство, 2011. №4. С. 31- 39

6. EN ISO 15614-7:2016 Specification and qualification of welding procedures for metallic materials -- Welding procedure test -- Part 7: Overlay

7. ГОСТ Р ИСО 15613-2009 Технические требования и аттестация процедур сварки металлических материалов. Аттестация, основания на предпроизводственном испытании сварки

8. Турык Е., Рябцев И.А. Опыт использования европейских стандартов для аттестации процедур наплавки //Автоматическая сварка. 2015. №5-6. С.9-13

References

1. GOST P ISO 9001-2015 «Quality management systems. Requirements»

2. GOST P ISO 3834-1-2007 «Quality requirements for fusion welding of metallic materials. Part 1-5».

3. Panin V. N. Welding production certification // Technology of mechanical engineering. 2012, no 3, pp. 44-49.

4. Drizhov V.S. Quality policy at repair and recovery enterprises // Articles GOSNITI, 2013, Vol. 113, pp. 269-277.

5. Smievsky V.I. Evaluation of quality management systems (QMS) of welding industries // Welding production, 2011, no. 4, pp. 31- 39

6. EN ISO 15614-7:2016 Specification and qualification of welding procedures for metallic materials -- Welding procedure test -- Part 7: Overlay

7. GOST P ISO 15613-2009 «Specification and qualification of welding procedures for metallic materials. Qualification based on pre-production welding test».

8. Turyk E., Ryabtsev I.A. Experience in the use of European standards for certification of surfacing procedures //Automatic welding, 2015, no. 5-6,

pp. 9-13.

УДК 621.357

МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПРИГОДНЫХ ДЛЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

[1]Роман Николаевич Задорожний, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: gosniti8@mail.ru;
[2]Александр Александрович Четвертаков, студент, e-mail: monomax3999@gmail.com;
[3]Артем Русланович Тихонюк, студент, e-mail: vip.metra@bk.ru,
[1]Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация;
[2]Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация;
[3]Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Российская Федерация

Реферат. *Проблема изготовления порошковых материалов, пригодных для использования в аддитивных технологиях стоит уже давно, поскольку для данных технологий требуются порошки, обладающие качественно новыми технологическими характеристиками – определенной фракцией и чистотой. Использование таких методов получения порошковых материалов как центробежное распыление, распыление расплавов потоками энергоносителей, восстановление оксидов и других твердых соединений металлов, восстановление металлов из растворов, диссоциации карбонилов, использование электролиза, испарения и конденсации, а так же механического измельчения и многих других методов достаточно трудоемких и энергетически затратных процессов. Применение же прогрессивного метода производства порошковых материалов, не требующего значительной технологической подготовки, а соответственно высоких энергетических затрат и трудовых ресурсов с получением порошковых материалов требуемого качества и состава позволит значительно снизить остроту данного вопроса и осуществить большой скачок в развитии аддитивных технологий, как одного из перспективных направлений промышленного производства. Представлены компании-производители, достигшие высокого уровня в производстве порошковых материалов, пользующиеся достаточно высоким авторитетом на мировом рынке. Краткий обзор наиболее распространенных методов получения порошков из токопроводящих материалов и перспективного метода – электроэрозионного диспергирования. Предложена модернизированная электрическая схема установки электроэрозионного диспергирования, в которой используются современные комплектующие элементы, что позволяет достичь высокую стабильность протекания технологического процесса получения порошков из токопроводящих материалов, в том числе из металлического лома, что в конечном итоге позволяет в значительной степени повысить ее надежность и производительность.*

Ключевые слова: *аддитивные технологии, порошковые материалы, электроэрозионное диспергирование, микроконтроллер, генератор импульсов.*

MODERNIZATION OF THE INSTALLATION FOR POWDER MATERIALS PERFECT FOR ADDITIVE TECHNOLOGIES

Zadorozhnii Roman Nikolaevich[1]
Chetvertakov Alexander Alexandrovich[2]
Tikhonyuk Artem Ruslanovich[3]
[1]Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Agroengineering Center VIM",
[2]Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow State Technical University named after N.E. Bauman (National Research University) ",
[3]Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Voronezh State Technical University (VSTU)"

Abstract. *The problem of manufacturing powder materials suitable for use in additive technologies has been standing for a long time, since these technologies require powders that have qualitatively new technological characteristics - a certain fraction and purity. The use of such methods for the production of powder materials such as centrifugal sputtering, sputtering of melts by energy carrier streams, reduction of oxides and other solid metal compounds, reduction of metals from solutions, dissociation of carbonyls, use of electrolysis, evaporation and condensation, as well as mechanical grinding and many other methods are labor-intensive and energy-consuming processes. The use of the progressive method of production of powder materials that does not require significant technological preparation, and therefore high energy costs and labor resources to produce powder materials of the required quality and composition will significantly reduce the severity of this issue and make a big leap in the development of additive technologies as one of the promising directions industrial production. The company presents manufacturers who have reached a high level in the production of powder materials, enjoying a fairly high prestige in the world market. A brief review of the most common methods for the production of powders from conductive materials and a promising method of electroerosive dispersion are presented. The modernized electric scheme of the electroerosive dispersing unit is proposed, which uses modern component parts, which allows achieving a high stability of the technological process for the production of powders from conductive materials, including metal scrap, which ultimately makes it possible to significantly improve its reliability and productivity.*

Keywords: *additive technologies, modernization, electroerosive dispersion, microcontroller, pulse generator.*

Введение. Современное машиностроительное производство не позволяет в полной мере реализовать инновационные конструкторские решения проектируемых механизмов и машин, поскольку классические конструкции обычно являются сборными, а те из них, которые представляют собой изделия сложной формы, зачастую достаточно дороги ввиду их мелкосерийного, а иногда и штучного, производства. Выходом из сложившейся ситуации является изготовление изделий облегченной конструкцией и специальной внутренней структурой из композитных материалов. Производство таких сложных изделий осуществляется при помощи аддитивных технологий, в которых помимо лазерной системы и защитной среды не малую роль играет материал. Технологические свойства материала, используемого для адди-

тивных технологий, имеют довольно специфический характер. Частицы порошка должны быть нано- или мелкодисперсного размера, округлой формы и иметь достаточно хорошую сыпучесть, что достигается методом их получения. Наибольших успехов в области получения порошковых материалов достигли такие компании как ATI Powder Metals, Carpenter, Erasteel, LPW, Raymor Industries. Принципы получения данных порошков различны, однако в общем случае процесс производства можно описать следующим образом.

Металлический материал расплавляют в печи, а затем распыляют из резервуара в камеру. Сверхзвуковой поток инертного газа или воды падает на расплавленный металл, вынуждая распадаться жидкий металл на мелкие капли, которые осаждаются на дно распылительной камеры в виде частиц порошка.

При другом методе проволока попадает в камеру, где она плавится и распыляется с помощью плазменных горелок. Третий метод использует центробежную силу для разгона жидкого металла в формовочной камере.

Из описанного выше следует, что данные методы обладают высокой производительностью, но в тоже время весьма энергозатратны и неэкологичны. Альтернативным методом получения порошковых материалов отвечающим экологическим, энергетическим и производственным требованиям является метод электроэрозионного диспергирования (ЭЭД), который позволяет получать мелкодисперсные порошки-сплавы высокой чистоты из отходов токопроводящих материалов.

Материалы и методы. Установки ЭЭД состоят из генератора импульсов, формирующего импульсы заданной амплитуды, длительности и частоты следования, и реактора, в котором осуществляется процесс диспергирования. По принципу работы установки можно выделить несколько основных групп схемного решения, но наиболее эффективной является схема, в которой используются накопители электрической энергии с последующей импульсной отдачей в нагрузку.

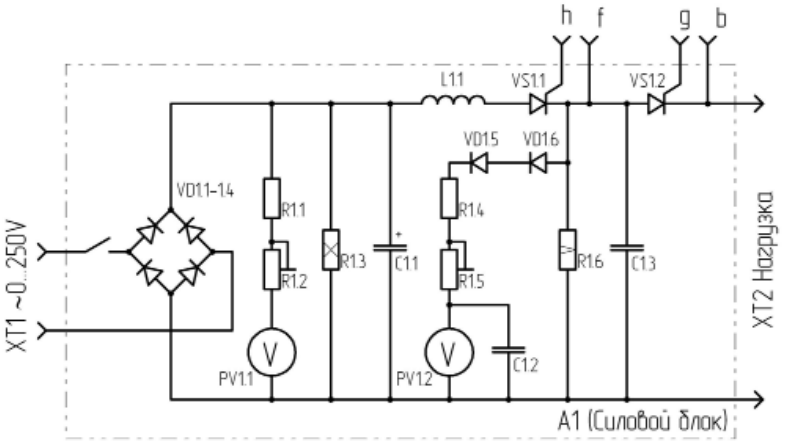


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема силового блока установки ЭЭД

В такой схеме чаще всего используются индуктивные и ёмкостные накопители энергии, так же возможно применение электрохимических накопителей. В процессе работы установок с ёмкостным накопителем энергии происходит

периодическое подключение рабочей батареи конденсаторов к сети, её заряд, отключение от сети и дальнейший разряд на обрабатываемый материал.

Для управления процессом коммутации батареи конденсаторов в большинстве установок ЭЭД используются низкочастотные силовые тиристоры в паре с аналоговым генератором импульсов, обладающие невысокой стабильностью и частотой выходного сигнала.

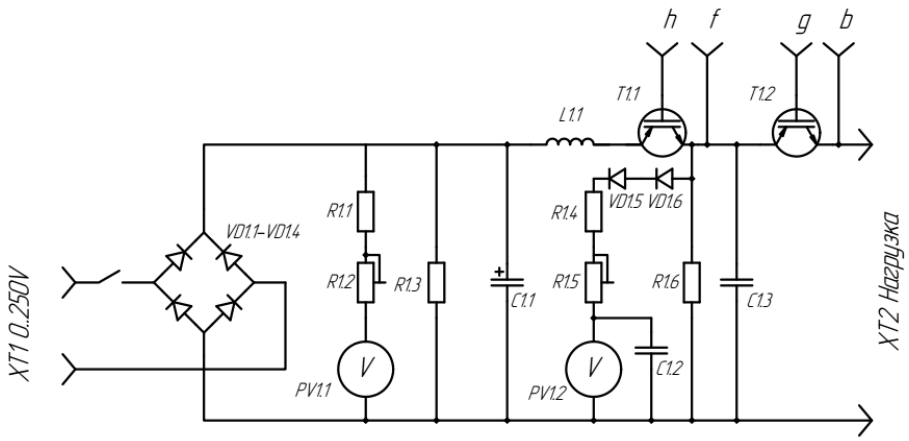


Рис. 2.Принципиальная электрическая схема модернизированной силовой установки ЭЭД

В тоже время, имеющаяся в распоряжении экспериментальная установка (рисунок 1), разработана на морально и физически устаревшей элементной базе и не отвечает современным требованиям производства. С целью повышения качества и производительности процесса ЭЭД порошковых материалов предложена модернизированная схема установки с учетом использования современных комплектующих (рисунок 2).

Результаты и обсуждения. Замена тиристоров, применяемых в исходной схеме, на современные IGBT-транзисторы позволит увеличить частоту работы установки до 20 КГц. Такой эффект достигается возможностью транзисторов переключаться на достаточно высокой частоте, поскольку установленные тиристоры, в исходной схеме в качестве ключей, способны работать только на небольших частотах, в которых критическое значение нарастания напряжения на аноде тиристора составляет 1000 мкс, а значит выше 1 КГц этот ключ переключаться не может.

Дополнительно, рассматривается возможность использования генератора на микропроцессоре (рисунок 3), что позволит решить проблему нестабильной частоты работы генератора на мультивибраторе на частотах выше 3 КГц. В то же время, гибкость микроконтроллера позволит использовать точную индикацию работы, а также увеличить количество рабочих режимов установки.

Использование широтно-импульсного модулятора микропроцессора в комплементарном режиме позволит изменять длительность рабочего импульса без изменения частоты работы установки и емкости разрядной батареи, а это позволит изменять выходную фракцию порошка без остановки процесса диспергирования.

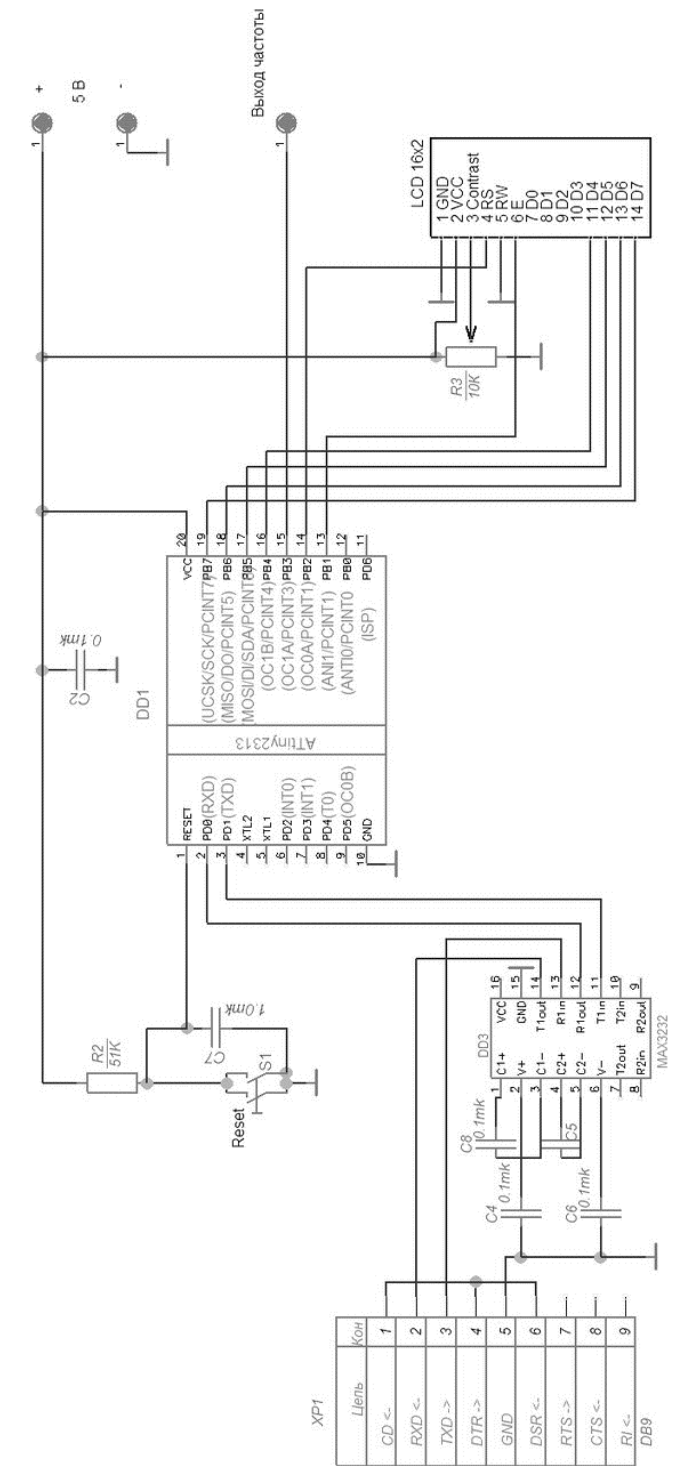


Рис. 3. Электрическая схема генератора на микропроцессоре

Выводы.

Модернизация силовой установки для электроэрозионного диспергирования порошковых материалов совершенствованием принципиальной элек-

трической схемы с заменой морально и физически устаревших элементов на принципиально новые с высокими выходными характеристиками, позволит расширить диапазон рабочих режимов и увеличить долю наноразмерной фракции получаемого порошка, обеспечит требуемое качество и формообразование порошка для использования в аддитивных технологиях, увеличить производительность и надежность установки.

Библиографический список

1. Агеев Е.В., Латыпов Р.А., Семенихин Б.А., Агеева Е.В. Состав и свойства порошков, полученных электроэрозионным диспергированием отходов твердых сплавов: монография // Юго-Зап. гос. ун-т. Курск. 2011. 123 с.

2. Латыпов Р.А., Денисов В.А., Агеев, Е.В. Исследование и разработка технологии восстановления вала ротора турбокомпрессора электроискровой обработкой электроэрозионными наноматериалами // Современные материалы, техника и технологии. 2016. №2(5). С. 141-146.

3. Агеев, Е.В., Латыпов Р.А. Получение и исследование заготовок твердого сплава из порошков, полученных электроэрозионным диспергированием вольфрамсодержащих отходов // Известия вузов. Цветная металлургия. 2014. №5. С. 50-53

4. Агеев Е.В., Зубарев М.В. Установка для получения порошковых материалов, пригодных для технологических процессов восстановления и упрочнения деталей // Труды ГОСНИТИ. 2017. Т.129. С. 169-173.

5. Задорожний, Р.Н., Романов, И.В., Шемберев, И.А Исследование свойств металлических порошков, полученных из отходов твердых сплавов электроэрозионным диспергированием // Труды ГОСНИТИ. 2018.Т.130. С. 208-213.

6. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. М.: Мир. 1983.

7. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: В Т.1-.2 М.: 1983. 598 с., 90 с.

8. Васильев, А.Е. Микроконтроллеры. Разработка встраиваемых приложений / СПб.: BHV. 2008. 304 с.

9. Денисов В.А., Задорожний Р.Н. Оценка эксплуатационной надежности восстановленных деталей по результатам ускоренных стендовых испытаний // Труды ГОСНИТИ. 017. Т.127. С. 160-165.

10. Latypov R.A., Latypova G.R., Ageeva E.V., Kruglyakov O.V. Electroerosion micro- and nanopowders for the production of hard alloys // Russian metallurgy (Metally). 2016. 6. С. 547-549.

References

1. Composition and properties of powders obtained by electroerosive dispersion of solid-state waste: monograph / E.V. Ageev, R.A. Latypov, B.A. Semenikhin, E.V. Ageeva; South-West. state. un-t. Kursk, 2011. 123 P.

2. Latypov, R.A, Denisov, V.A, Ageev, E.V. Research and development of technology of restoration of rotor shaft of turbocharger by electric spark treatment with electroerosive nanomaterials // Modern materials, technology and technologies. №2 (5). 2016. P. 141-146.

3. Ageev, E.V., Latypov R.A. Obtaining and study of solid carbide blanks from powders obtained by electroerosive dispersion of tungsten-bearing wastes [Text] // Izvestiya Vuzov. Non-ferrous metallurgy. № 5 - 2014. C.50-53.

4. Ageev, E.V., Zubarev M.V. Plant for the production of powder materials suitable for technological processes of restoration and hardening of parts // Tr. GOSNITI. 2017. T.129. P. 169-173.

5. Zadorozhny, R.N., Romanov, I.V., Shebberev, I.A. A study of the properties of metallic

powders obtained from solid metal waste by electroerosive dispersion [Text] // Tr. GOSNITI. - 2018. - Vol.130. P. 208-213.

6. Titze, U., Shenk, K. Semiconductor circuitry. Moscow: Mir. 1983

7. Horowitz, P., Hill, W. The art of circuitry: In 2 volumes. Trans. with English. M.: 1983.- T.1.- 598 pp., T.2.- 590 p.

8. Vasiliev, A.E. Microcontrollers. Embedded application development / A.E. Vasiliev. - St. Petersburg: BHV, 2008. - 304 p.

9. Denisov V.A., Zadorozhny R.N. Estimation of operational reliability of the restored parts by the results of accelerated bench tests [Text] // Tr. GOSNITI. - 2017. – m.127. - P. 160-165.

10. Latypov, R.A., Latypova, G.R., Ageeva, E.V., Kruglyakov, O.V. Electroerosion micro- and nanopowders for the production of hard alloys [Text] // Russian metallurgy (Metally). No. 6.– 2016. P. 547-549.

УДК 631.312.024

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ ДЛИНОЙ ЛЕЗВИЯ НАКЛАДНОГО ДОЛОТА И ЛЕЗВИЯ ОСТОВА ЛЕМЕХА

Игорь Викторович Лискин, научный сотрудник;
Денис Александрович Миронов, кандидат технических наук, научный сотрудник, e-mail:mironov-denis87@mail.ru;
Сергей Алексеевич Сидоров, доктор технических наук, главный научный сотрудник;
Сергей Иванович Старовойтов, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник;
Федеральный научный агроинжинерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *Лемех служит самой нагруженной и важной деталью плуга от которой в преобладающей степени зависят качественные, энергетические и экономические показатели вспашки. В настоящее время все большее распространение получили составные лемеха с накладным долотом. В ВИМе разработали и испытали новые лемеха с накладным долотом для тяжелых почв. (Цель исследования) Провести анализ результатов полевых испытаний опытных лемехов в зависимости от соотношения между длиной лезвия остова и длиной лезвия долота для тяжелых почвенных условий. (Материалы и методы) Показано, что при наезде на твердое препятствие, от удара последнего о лемешную поверхность носок принимает на себя лобовой удар наибольшей силы. Если твердое препятствие вошло в контакт со средней или пяточной частью лемеха, удар становится слабее, так как происходит со скольжением, и препятствие может пройти по поверхности, не причинив большого вреда. Поломки носка, происходили на линии соприкосновения верхней части долота с остовом лемеха. (Результаты и обсуждения) Показано, что с увеличением длины лезвия долота, происходит менее интенсивный рост уменьшения глубины пахоты. Снижения удельных нагрузок на носовую часть лемеха. Его износ уменьшается (Это одно предложение?). Тяговое сопротивление при этом возрастает, так как ширина носовой части также увеличивается. Отмечено, что рост тягового сопротивления от увеличения длины лезвия долота происходит по зависимости, близкой к линейной. Показано, что с увеличением длины лезвия долота повышается прочность носовой части, особенно при работе в тяжелых условиях. (Выводы) Отметим, что увеличение длины лезвия долота до оптимальных значений, позволяет повысить прочность лемеха при работе в тяжелых почвенных условиях.*

Ключевые слова: *лемех, долото, остов, тяговое сопротивление, длина лезвия.*

DETERMINATION OF THE OPTIMAL RATIO BETWEEN THE BLADE LENGTH OF THE SUPERIMPOSED BIT AND THE BLADE OF THE SKELETON OF THE PLOUGHSHARE

Federal Scientific Agroengineering Center VIM

Abstract. *The quality, energy and economic indicators of plowing depend largely on the ploughshare which is the most loaded and important part of the plow. Currently, the compound ploughshares with a superimposed bit get the increasingly widespread. VIM has developed and tested a new ploughshare with a superimposed bit for heavy soils. (Objective) We are going to analyze the results of field tests for experimental ploughshares depending on the ratio between the blade of the skeleton of the ploughshare and the length of the bit blade for heavy soil conditions. (Materials and methods) It is shown that during running over on a solid obstacle, it strokes a jointers surface and the forward part assumes a frontal impact the greatest force. If a solid obstacle encounters the middle or heel part of the ploughshare, the impact becomes weaker as it occurs with a slip so the obstacle can pass over the surface without causing much damage. Breakages of the forward part occurred on the contact line of the top part of a bit with the skeleton of a ploughshare. (Results and discussion) It is studied that with increasing length of the bit blade intensive growth of decreasing depth of plowing has occurred. If you reduce specific loads on the nose of the ploughshare, its wear and tear is also reduced. However, the traction resistance increases with the width of the nose part also increases. It is noted that the increase in traction resistance from the increase in the length of the bit blade occurs according to a dependence close to the linear one. It was estimated that increasing the length of the bit blade increases the strength of the nose, especially when working in difficult conditions. (Conclusions) The authors determined that increasing the length of the bit blade to optimal values allows to increase the strength of the ploughshare when working in heavy soil conditions.*

Keywords: *ploughshare, bit, skeleton, traction resistance, length of the blade.*

Введение. Несмотря на достаточно широкое внедрение в последние десятилетия почвозащитных технологий, пахота лемешно-отвальными плугами распространена как наиболее эффективный вид основной обработки почвы.

Плужный лемех является самой нагруженной и важной деталью, от которой в преобладающей степени зависят качественные, энергетические и экономические показатели технологической операции пахоты.

Для России эта проблема весьма существенна, так как по сравнению с большинством стран – массовых производителей сельхозпродукции, в нашей стране имеет место гораздо большее разнообразие почв по физическому и механическому составу. В частности по показателю «изнашивающей способности» разница для отдельных видов почв России может составлять 8-12 раз.[1].

В настоящее время все большее распространение получают составные лемеха с накладным долотом. В ВИМ разработан и прошел эксплуатационные испытания новый лемех с накладным долотом, отвечающий всем основным европейским требованиям по качеству обработки почвы, устойчивости хода плуга и энергозатратам на единицу обрабатываемой площади.

Лемеха ВИМ с накладным долотом имеют хорошие показатели по износо-

стойкости и прочности на вспашке легких, а при упрочнении лезвий остова и долота, также и тяжелых почв при отсутствии или минимальных количествах небольших (до 40-50 мм в диаметре) твердых включений.

Однако на почвах с крупными каменистыми включениями (с диаметром более 100 мм), или иных твердых предметов, прочность лемехов, несмотря на наличие долота, резко снижается из-за возрастания кратковременных динамических нагрузок при контакте носовой части с твердым предметом. Выбраковка лемехов на таких почвах происходит в основном из-за поломок носка в зоне полевого обреза. Это связано с тем, что лемех представляет в геометрическом плане одну из сторон трехгранного клина, расположенного под углом менее 90° к стенке борозды, то есть к направлению движения (обычно этот угол составляет 40- 45°). При наезде на твердое препятствие от удара последнего о лемешную поверхность носок принимает на себя лобовой удар наибольшей силы. Если твердое препятствие вошло в контакт со средней, или пяточной частью лемеха, удар становится слабее, так как происходит со скольжением, и препятствие может про скользить по поверхности лемеха, не причинив большого вреда. Но лемех последующего корпуса имеет большую вероятность получить лобовое столкновение с тем же твердым предметом и, соответственно большую вероятность поломки носка. Объясняется это тем, что при движении плуга, носовая часть каждого из корпусов перекрывает борозду предыдущего корпуса. Так как лемеха установлены под углом к стенке борозды, происходит косое резание со скольжением почвенного пласта от полевого обреза к бороздному относительно дна борозды. При встрече с препятствием в виде твердого включения (камня, валуна, или иного инородного предмета, последний чаще всего (более 90% случаев), либо сталкивается с носком лемеха, либо с его средней или пяточной (зона бороздного обреза) частью. В случае столкновения препятствия с носком, происходит лобовой удар. Если сила удара со стороны твердого предмета Рмах (Рисунок 1) будет меньше силы наибольшего сопротивления R, определяющего прочность носка, лемех преодолеет Рмах и останется работоспособным, если же Рмах превысит R, произойдет поломка. Поломка носка, как правило, происходит на линии соприкосновения верхней части долота с остовом лемеха (линия а-а на рис 1).

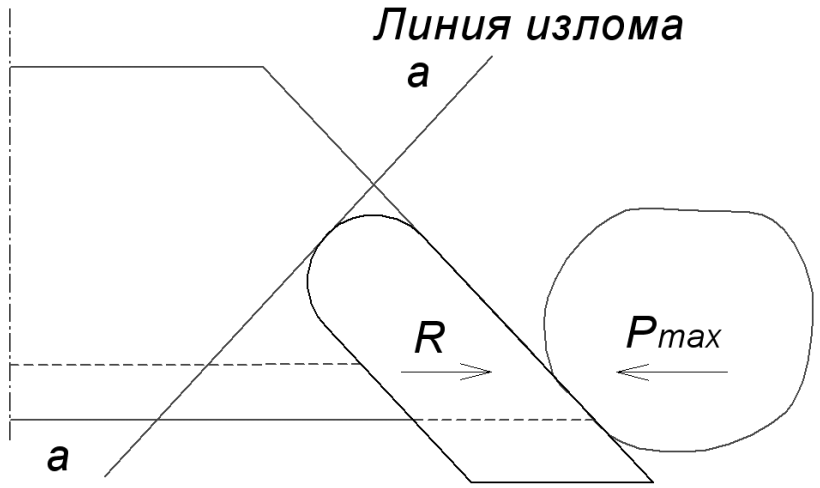


Рис. 1. Схеме контакта носка лемеха с твердым препятствием

Если препятствие соприкасается с остальной частью лемеха, оно может пройти вскользь, а далее непременно произойдет лобовое столкновение с носком лемеха следующего корпуса.

Для увеличения прочности носовой части лемехов с накладным долотом в основном применяют такие решения, как увеличение прочностных свойств материалов для остова лемеха и долота , что может значительно повысить их стоимость, увеличение толщины долота – это может привести к быстрому его затуплению и ускоренному выходу из строя лемеха в целом по причине снижения заглубляющей способности [2, 3].

Цель исследования – анализ результатов полевых испытаний опытных лемехов в зависимости от соотношения между длиной лезвия остова (основы) лемеха и длиной лезвия долота для наиболее тяжелых почвенно-климатических условий, отличающихся повышенными тяговыми характеристиками и наличием каменистых включений.

Материалы и методы. В ВИМ были разработаны и изготовлены опытные лемеха с накладным долотом, геометрические параметры которых и методика испытаний представлены в работах [4, 5].

Главной отличительной особенностью испытаний лемехов, представленных в настоящей работе, являлось наличие долот с расширенным диапазоном длины лезвийной части долота (рис. 2) по отношению к длине лезвия остова для оценки энергетических, изнашивающих и прочностных характеристик лемеха.

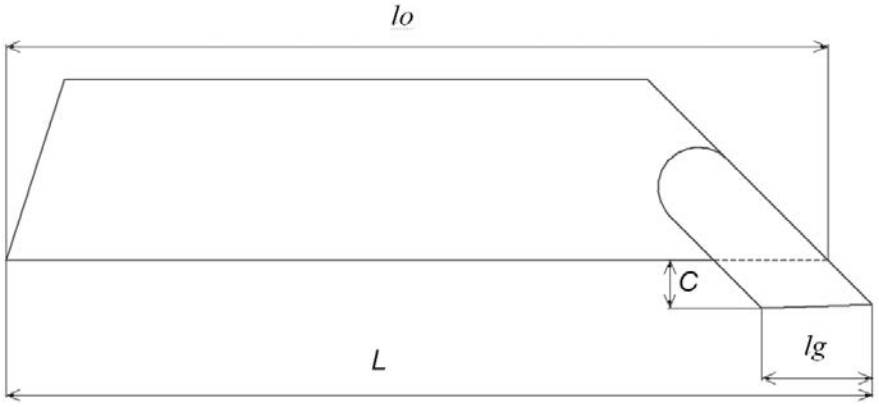


Рис. 2. Форма опытных лемехов

Испытания проводили на тяжелосуглинистых почвах высокой твердости, достигающей более 4,5 МПа и на почвах с каменистыми включения среднесуглинистого механического состава твердостью 3,2-4 МПа. Вылет долота по отношению к остову лемеха с составлял 35 мм. Скорость движения пахотного агрегата – 7,2 км/ч.

Установленная глубина обработки почвы – 21 см. Пахотный агрегат состоял из трактора МТЗ-80 и плуга ПЛН-3-35.

В таблице представлены результаты полевых испытаний лемехов с накладным долотом и различным соотношением длины лезвия остова l_o к длине лезвия долота l_d, $K=l_o/l_d$ при одинаковой длине лемеха в целом L, равной 600 ±3 мм. Значения коэффициента *K* составляли: для длины долота *40 мм* – $K_{40} = 15$, $K_{50} = 12$, $K_{60} = 10$, $K_{70} = 8{,}6$ *и* $K_{80} = 7{,}5$.

Таблица

Результаты испытаний опытных лемехов на тяжелосуглинистых почвах (ТС), и почвах с каменистыми включениями (КВ). Табличные данные усреднены

Показатели		Тип почвы		Длина лезвия долота lg, мм					K=lo/lg
				40	50	60	70	80	
№	1	2		3	4	5	6	7	8
1	Глубина пахоты новых лемехов,см	ТС		21	21	21	21	21	Выкинуть весь столб
		КВ		21	21	21	21	21	
2	Глубина пахоты после наработки 5 га/лемех	ТС		19,1	19,8	20,2	20,3	20,5	
		КВ		18,1	18,7	19,1	19,3	19,4	
3	Тяговое сопротивление плуга с новыми лемехами	ТС		15,10	15,15	15,20	15,26	15,31	
		КВ		13,06	13,08	13,11	13,13	13,15	
4	Вылет долота после наработки 5 га/лемех	ТС		27,2	28,3	29,2	29,7	30,1	
		КВ		21,8	23,0	24,9	25,3	25,7	
5	Выбраковка лемеха в % из-за поломок и деформаций в зависимости от наработки, га	ТС	%	66	66	33	33	33	
			га	24,0	27,1	33,1	35,9	39,1	
		КВ	%	100	100	100	100	100	
			га	7,1	7,4	8,3	8,6	8,8	

Результаты и обсуждение. Результаты испытаний, представленные в таблице, позволяют сделать некоторые выводы, касающиеся, в частности, влияния длины лезвийной части долота на такие параметры, как глубина обработки почвы, тяговое сопротивление, интенсивность изнашивания долота, определяемую по его вылету и прочность носовой части лемеха при работе пахотного агрегата на разных типах почв.

Анализ данных таблицы показывает, что с увеличением длины лезвийной части долота, происходит менее интенсивный рост снижения глубины пахоты. Объясняется это тем, что при уменьшении длины лезвия долота возрастают удельные нагрузки на носовую часть лемеха, где располагается долото, и поэтому растет его износ. Как следствие начинает возникать выталкивающая сила, впоследствие приводящая к выглублению плуга [6].

Тяговое сопротивление при увеличении длины лезвия долота несколько возрастает, так как ширина носовой части также увеличивается, что влечет за собой повышение удельного сопротивления лемеха давлению почвенных частиц [7].

Стоит отметить, что рост тягового сопротивления в зависимости от показателя К или от увеличения длины лезвия долота происходит по зависимости, близкой к линейной, однако на тяжелых суглинистых почвах твердостью от 4,5 Мпа этот рост более интенсивен, чем на сравнительно легких почвах с каменистыми включениями при твердости от 3 до 4 Мпа. Это видно из графика на рисунке 3.

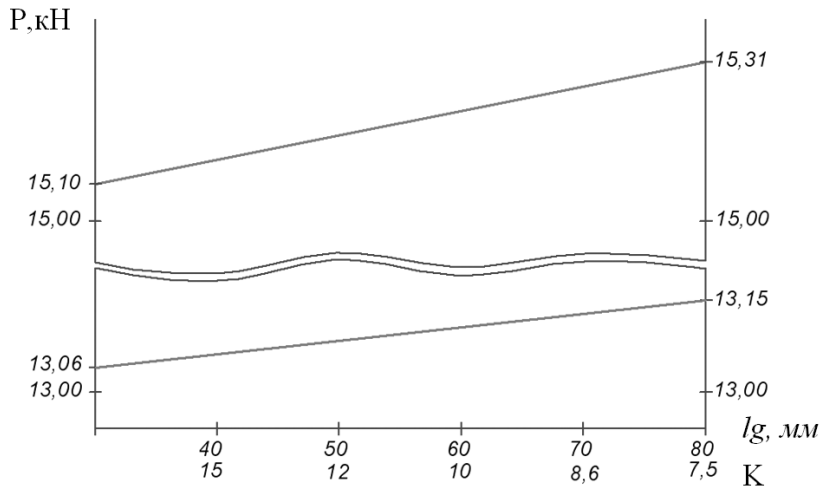


Рис. 3. Зависимость тягового сопротивления плуга от значений коэффициента $K = l_o/l_d$ при l_o равных 40, 50, 60, 70 и 80 мм

Помимо изнашивающих и тяговых характеристик, наблюдения за работой лемехов показали, что с увеличением длины лезвия долота, повышается прочность носовой части, особенно на почвах с каменистыми включениями. Все варианты испытываемых лемехов на каменистых почвах потеряли работоспособность из-за поломок и деформаций (рис. 4).

b) изгиб

Рис. 4. Вид лемехов, выбракованных на каменистых почвах по a – поломкам и b – деформациям

На рисунке 5 представлен график наработки лемехов, дошедших до предельного состояния по поломкам и деформациям в зависимости от длины лезвия долота или коэффициента $K = l_o/l_d$.

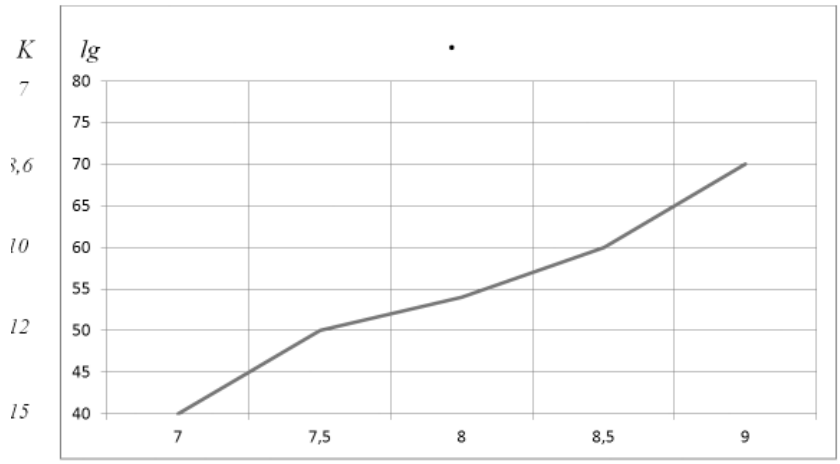


Рис. 5. Зависимость наработки от длины долота l_d или коэффициента К при работе пахотного агрегата на каменистых почвах

Из графика на рисунке 5 видно, что зона при *К = 8,6-10* является переходной, то есть до нее происходит интенсивный рост числа поломок. При *К* более 10 дальнейший рост длины лезвия долота оказывает меньшее влияния на повышение ресурса лемехов, но при этом растет тяговое сопротивление.

Отсюда можно сделать вывод, что значение *К = 8,6-10* можно считать оптимальным для большинства северных регионов России, где имеет место большое количество пахотных угодий с наличием каменистых включений (Ленинградская, Псковская, и другие области) и регионов с тяжелыми суглинистыми почвами, особенно в засушливый период. Отклонение коэффициента *К*, характеризующего соотношение между длиной остова лемеха и шириной накладного долота приведет либо к нерациональному повышению тягового сопротивления, либо к снижению его прочности при работе плуга на тяжелых и каменистых почвах.

Выводы.

1. Поломки носовой части лемеха происходят в основном при лобовом столкновении носка с твердым препятствием.
2. Увеличение длины лезвийной части долота способствует менее интенсивному росту снижения глубины пахоты.
3. При уменьшении длины лезвия долота возрастают удельные нагрузки на носовую часть лемеха, где располагается долото, и, поэтому растет его износ.
4. Тяговое сопротивление при увеличении длины лезвия долота возрастает, так как ширина носовой части также увеличивается, что влечет за собой повышение сопротивления лемеха давлению почвенных частиц.
5. Установлено, что с увеличением длины лезвия долота повышается прочность носовой части.

Библиографический список

1. Измайлов А.Ю., Сидоров С.А., Лобачевский Я.П., Хорошенков В.К., Кузнецов П.А., Юрков М.А., Голосиенко С.А. Научные принципы повышения износостойкости рабочих органов почвообрабатывающей техники. // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2012. Т2. С 5-7.

2. Ерохин М.Н., Новиков В.С., Петровский Д.И. Прогнозирование ресурса рабочих

органов почвообрабатывающих машин // Сельский механизатор. 2015. N11. С.6-9.

3. Лискин И.В., Миронов Д.А. Влияние почвенных условий на износ рабочих органов // Сельскохозяйственные машины и технологии.2013. N5. С. 29-31.

4. Синеоков Г.Н. Проектирование почвообрабатывающих машин. М.: Машиностроение, 1965. 311 с.

5. Лобачевский Я.П. прочностные и деформационные свойства связанных задерненных почв // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2011. N3. С. 18-20.

6. Лялякин В.П., Соловье С.А., Аулов В.Ф. Упрочнение и восстановление деталей почвообрабатывающих машин сварочно-наплавочным методами (обзор) // Сварочное производство. 2014. N7. С. 32-36.

7. Sidorov S.A., Lobachevskii Y.P., Khoroshenkov V.K., Akhmedova T.S., Vorob'ev D.A, Metallurgist. Wear and breakage resistance of hard alloy coatings strengthened with tungsten carbide 2018. T. 61. № 11-12. C. 1023-1028.

8. Jukas Jonas A. Impact Dynamics / Jonas A. Zukas T. Nicholas, H.F/ Swift, L.B. Greszczuk, D.R. Curran.- Krieger Publishing Company, Malabar FL, 1992.

9. Лискин И.В., Алдошин Н.В., Горбачев И.В., Панов А.И. Совершенствование конструкций плужных лемехов с накладным долотом // Техника и технологии АПК. 2018. N1. С. 15-18.

10. Лискин И.В., Миронов Д.А., Сидоров С.А. Равновесие плуга в продольно-вертикальной плоскости // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2014. N6. С. 41-46.

11. Елизаров В.П., Артюшин А.А. Ценч Ю.С. Перспективные направления развития отечественной сельскохозяйственной техники //Вестник ВИЭСХ. 2018. 2(31) С.12-18.

References

1. Izmailov A.Yu. Scientific principles of raising wear resistance in working organs of soil tillage machinery / Izmailov A.Yu., Sidorov S.A., Lobachevsky Ya.P., Khoroshenkov V.K., Kuznetsov P.A., Yurkov M.A., Golosienko S.A. // Bulletin of the Russian Academy of agricultural Sciences. 2012. T2. 5-7.

2. Erokhin M.N. Prediction of the resource of working bodies tillage machines / Erokhin M.N., Novikov V.S., Petrovsky, D.I.// Rural machine operator. – 2015. – N 11. - P. 6-9.

3. Liskin I.V. Influence of soil conditions on wear of working bodies / Liskin I.V., Mironov D.A. // Agricultural machines and technologies.2013. N5. P. 29-31.

4. Sineokov G.N. Design of tillage machines / Sineokov G.N. // Mechanical Engineering, 1965. 311 p.

5. Lobachevsky Ya.P. Strength and deformation properties of bound blackened soils / Lobachevsky Ya.P. // Agricultural machines and technologies. 2011. N 3. P. 18-20.

6. Lyalyakin V.P. Strengthening and restoration of details of tillage machines by welding and surfacing methods (review) / Lyalyakin V.P., Solovye S.A., Aulov V.F. // Welding production. 2014. N 7. P. 32-36.

7. Sidorov S.A., Lobachevskii Y.P., Khoroshenkov V.K., Akhmedova T.S., Vorob'ev D.A, Metallurgist. Wear and breakage resistance of hard alloy coatings strengthened with tungsten carbide 2018. T. 61. № 11-12. C. 1023-1028.

8. Jukas A. Impact Dynamics / Jonas A. Zukas, T. Nicholas, H. F. Swift, L. B. Greszczuk, D. R. Curran.- Krieger Publishing Company, Malabar, FL, 1992.

9. Lickin I.V. Improving the design of plough coulters with patch bits / Lickin I.V., Aldoshin, N.V. Gorbachev I.V., Panov A.I. // Equipment and technologies for agriculture. 2018. N 1. P. 15-18.

10. Liskin I. V., Mironov D. A., Sidorov S. A. the Balance of the plow in the vertical plane. Agricultural machines and technologies. 2014. N6. P. 41-46.

11. V. P. Elizarov, A. A. artushin Zen Y. S. Prospective directions of development of domestic agricultural machinery //Bulletin of viesh. 2018. 2(31) Pp. 12-18.

УДК 621.793.72

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИЕЙ

Алексей Александрович Толкачев, младший научный сотрудник, prolait1986@mail.ru;
Борис Андреевич Матюшкин, доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, info@firma-tom.ru
Виктор Иванович Денисов, ведущий научный сотрудник, info@firma-tom.ru;
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *Мировой опыт показывает, что ремонтное производство является экономически оправданным. Восстановление изношенных деталей двигателей внутреннего сгорания способно обеспечить предприятия агропромышленного комплекса (АПК) запасными частями и обеспечить повторное использование изношенных деталей, в частности, гильз цилиндров автотракторных двигателей. Практика показала, что ресурс двигателя во многом зависит от износа деталей цилиндропоршневой группы (ЦПГ) и в первую очередь это относится к гильзам цилиндров. На долю дизельных двигателей сельскохозяйственной техники приходится 36-52% от общего количества отказов. Данный дефект (выход из строя сельскохозяйственной техники из-за износа внутренней поверхности гильз цилиндров) довольно-таки распространён, и связан он не только с неправильной эксплуатацией, но и с особенностями работы цилиндропоршневой группы. Изношенные гильзы цилиндров восстанавливаются в недостаточном количестве из-за отсутствия простых, недорогих, производительных способов восстановления и упрочнения. Качественное восстановление гильз цилиндров при его низкой себестоимости позволит снизить расход новых запасных частей машинотракторного парка. Анализ возможности восстановления гильз цилиндров свидетельствует об их высокой ремонтопригодности. Среди многих технологических процессов восстановления гильз цилиндров двигателей сельскохозяйственной техники заслуживает внимания метод электродуговой металлизации, позволяющий уменьшить интенсивность их износа, восстановить посадочные пояски и внутреннюю поверхность гильз цилиндров, в том числе чугунных и имеющих ребра охлаждения. В работе представлены и проанализированы результаты исследований адгезионных свойств покрытий, полученных на внутренней поверхности гильзы электродуговой металлизацией. Даны рекомендации по используемой проволоки при восстановлении гильз цилиндров автотракторных двигателей.*

Ключевые слова: *электродуговая металлизация, дизельный двигатель, гильза цилиндра, адгезия.*

RESTORATION OF THE INNER SURFACE OF THE CYLINDER LINERS OF DIESEL ENGINES OF AGRICULTURAL MACHINERY BY ELECTRIC ARC METALLIZATION

Tolkachev Alexey Alexandrovich, Matyushkin Boris Andreevich,
Denisov Viktor Ivanovich,
Federal State Budget Scientific Institution
"Federal scientific engineering center VIM»

Abstract. *World experience shows that repair production is economically justified. Restoration of worn-out parts of internal combustion engines is able to provide enterprises of agroindustrial complex (AIC) with spare parts and ensure the reuse of worn-out parts, in particular, cylinder liners of automotive engines. Practice has shown that the life of the engine depends on the wear of the cylinder-piston group (CPG) first and foremost, this refers to the cylinder liners. The share of diesel engines of agricultural machinery accounts for 36 ... 52% of the total number of failures. This defect (failure of agricultural machinery due to wear and tear of the inner surface of cylinder liners) is quite common, and it is associated not only with improper operation, but also with the peculiarities of the work of the cylinder group. Worn cylinder liners are restored in insufficient quantity due to the lack of simple, inexpensive, productive ways of restoration and strengthening. High-quality restoration of cylinder liners at its low cost will reduce the consumption of new spare parts of the machine-tractor fleet. Analysis of the possibility of cylinder liners restoration testifies to their high maintainability. Among the many technological processes of restoration of cylinder liners of agricultural machinery, the method of electric arc metallization deserves attention, which allows to reduce the intensity of their wear, to restore the landing belts and the inner surface of cylinder liners, including cast iron and having cooling ribs. The paper presents and analyzes the results of studies of the adhesive properties of coatings obtained on the inner surface of the sleeve by arc metallization. The recommendations of the wire used in the restoration of cylinder liners of automobile and tractor engines.*

Keywords: *electric arc metallization, diesel engine, cylinder liner, adhesion.*

Введение. Ресурс двигателя во многом зависит от износа деталей цилиндропоршневой группы (ЦПГ) и в первую очередь это относится к гильзам цилиндров.

Изношенные гильзы цилиндров восстанавливаются в недостаточном количестве из-за отсутствия простых, недорогих, производительных способов восстановления и упрочнения.

О необходимости и возможности исправления геометрии как наружных, так и внутренних поверхностей гильз отмечено в работах [1, 2].

Сущность электродуговой металлизации (ЭДМ) заключена в расплавлении электрической дугой металла и диспергировании его сжатым воздухом с последующим нанесением на предварительно подготовленную поверхность изделия [3].

Технологический процесс ЭДМ путем нанесения специальных металлических покрытий на рабочую поверхность детали улучшает ее служебные характеристики.

Диспергированные частицы металла в жидком и твердо-жидком состоя-

нии разгоняются в потоке воздуха (газа) при помощи специального устройства (металлизатора) и создают условия для закрепления металлических частиц на поверхности [4-8].

Цель исследования – подбор материалов для придания металлизированному слою, нанесенному на внутреннюю поверхность гильз цилиндров дизельных двигателей, высоких адгезионных свойств (σ не менее 20 МПа).

Материалы и методы. Для проведения исследований на адгезию было изготовлено из чугуна марки ВЧ приспособление (рисунок 1), на внутреннюю поверхность которого проволоками различных марок (таких как Св-08ГА, ППМ-6, ППМ-2 и ПП-ТП-1) наносился слой. Далее данный слой отрывался на машине разрывной Р-05 и по формуле (1) производились расчёты адгезионной прочности сцепления.

$$\sigma = F/S, \quad (1)$$

где σ – адгезия, МПа;

F – сила (прилагаемое усилие), H;

S – площадь поверхности, мм^2.

На рисунке 1 изображен эскиз приспособления для проведения испытаний на адгезию гильз цилиндров.

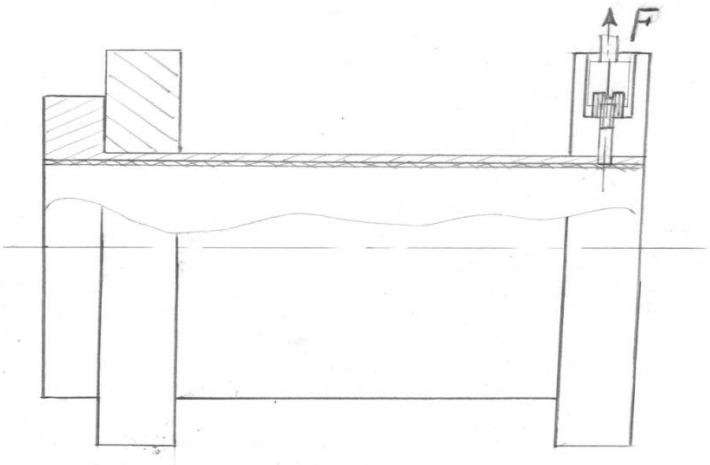


Рис. 1. Эскиз приспособления для проведения испытаний на адгезию гильз цилиндров: 1 – кольцо; 2 – гильза; 3 – штырь

Наиболее хорошие результаты получены на проволоках ППМ-6 и ППМ-2.

Деталь – штифт.

Режимы металлизации для проволоки ППМ-6 Ø2,2 мм и ППМ-2 Ø2,4 мм:

предварительно струйно-корундовая обработка при давлении воздуха 0,5 МПа; диаметр (Ø) до металлизации – 121,8 мм; диаметр (Ø) после металлизации – 124,6 мм; $P_{возд.}$ = 0,6 МПа; V = 30 В; I = 300 А; L = 69 мм; скорость вращения шпинделя – 75 об/мин.

Для придания напыленному слою высоких адгезионных свойств перед металлизацией внутренней поверхности гильзы цилиндра применяют комбинированный процесс предварительной подготовки детали: токарную и струйно-корундовую обработки [9]. Участок электродуговой металлизации комплектовался компрессором для обеспечения необходимого давления воздуха с учетом производительности, который обеспечивает рабочее давление воздуха 0,5-0,8 МПа и расходе его не менее 1,8 м^3/мин.

Таблица 1

Результаты испытаний на адгезию гильз цилиндров

Номер образца	Прилагаемое усилие F, МПа/мм2	Площадь покрытия S, мм2	Адгезия σ, МПа
1	925	27,88	33,18
2	900	27,88	32,28
3	1070	28,07	38,12
4	980	27,97	35,04
5	990	27,88	35,51
6	1111	28,07	39,58
7	750	27,78	27
8	790	27,78	28,44
9	840	27,88	30,13
10	605	27,69	21,85
11	680	27,69	24,56
12	700	27,69	25,28

В качестве источника тока с жесткой вольтамперной характеристикой применяют (ВДУ-506, ВС-600, ТИМЕЗ 500 и другие), которые необходимы для равномерного расплавления металла электродной проволоки и последующего ее диспергирования [10].

Результаты и обсуждение. Из таблицы 1 видно, что средние значения адгезии (σср) при использовании проволок ППМ-6 (образцы с 1 по 6 включительно) и ППМ-2 (образцы с 7 по 12 включительно) намного превышают ($\sigma_{ср} \approx 35{,}62$ МПа и $\sigma_{ср} \approx 26{,}21$ МПа соответственно) минимальную адгезию ($\sigma_{min} = 20$ МПа), необходимую для безаварийной работы гильзы после восстановления. Эти проволоки могут быть рекомендованы для восстановления внутренней поверхности гильз цилиндров.

Вывод По результатам испытаний были подобраны 2 марки проволоки (ППМ-6 и ППМ-2) для придания металлизированному слою, нанесенному на внутреннюю поверхность гильз цилиндров дизельных двигателей, высоких адгезионных свойств (σ не менее 20 МПа).

Библиографический список

1. Иванов В.И., Костюков А.Ю., Денисов В.А., Раков Н.В., Потапов А.В. Применение электроискрового и холодного газодинамического методов нанесения металлопокрытий при ремонте блоков цилиндров // Ремонт, восстановление, модернизация. 2012. №3. С.11-15.

2. Черноиванов В.И., Бобоюдо Л.М., Евтеев В.К. Восстановление гильз цилиндров двигателей ЯМЗ // Журнал «Сварочное производство». 1979. Вып. 10. С. 13-16.

3. Денисов В.И., Толкачёв А.А., Литовченко Н.Н., Казакова В.А., Шинкевич В.А. Восстановление деталей методом сверхзвуковой электродуговой металлизации (технологический процесс): стандарт организации // ГОСНИТИ. 2015. 2 п. л.

4. Коломейченко А.В., Кравченко И.Н., Логачев В.Н., Литовченко Н.Н., Пузряков А.Ф. Улучшение физико-механических свойств покрытий, полученных электродуговой металлизацией // Строительные и дорожные машины. 2015. №7. С. 25-29.

5. Газотермическое напыление [Электронный ресурс]. URL: http://ural-welding.ru/ru/ articles/gazotermicheskoe-napylenie/sverhzvukovoe-gazovozdushnoe-napylenie.html.

6. Логачев В.Н., Литовченко Н.Н. Электродуговая металлизация: пути совершенствования оборудования и технологии // Труды ГОСНИТИ. 2014. Т 117. С. 228-234.

7. Лялякин В.П. Исследование процесса газодинамического диспергирования металла при электродуговой металлизации // ВНИИТУВИД «РЕМДЕТАЛЬ». М.: 1999. Восстановление и упрочнение деталей машин. С. 5-27.

8. Электродуговая металлизация — URL: http://www.weldsol.ru/.

9. Толкачёв А.А., Денисов В.И., Матюшкин Б.А. Применение электродуговой металлизации для восстановления гильз цилиндров дизельных двигателей сельскохозяйственной техники // Труды ГОСНИТИ. 2017. Т. 126. С. 179-182.

10. Толкачёв А.А., Денисов В.И., Матюшкин Б.А. Повышение износостойкости гильз цилиндров дизельных двигателей // Сварочное производство. 2016. №9. С. 48-51.

References

1. Application of electro-spark and cold gas-dynamic methods of applying metal coatings in the repair of cylinder blocks [Text] / V.I. Ivanov, A.Yu. Kostyukov, V.A. Denisov, N.V. Rakov, A.V. Potapov / / Journal "Repair, restoration, modernization". - 2012. – No. 3. – S. 11-15.

2. Chernoivanov, V.I. Restoration of cylinder liners of engines JAMZ [Text] / V.I. Chernoivanov, L.M., Robaudo, Evteev V.K. // Journal "Welding production". - 1979. – Vol. 10. – P. 13-16.

3. Denisov, V.I. Restoration of parts by means of supersonic electric arc metallization (process): standard / V.I. Denisov, A.A. Tolkachev, N.N. Litovchenko, V.A. Kazakova, V.A. Shinkevich // GNU GOSNITI. - 2015. - 2 PP.

4. Improvement of physical and mechanical properties of coatings obtained by electrodermal metallization [Text] / A.V. Kolomeychenko, I.N. Kravchenko, V.N. Logachev, N.H. Litovchenko, A. F. Puzryakov / / Journal "Construction and road machines". - 2015. – No. 7. – S. 25-29.

5. Thermal spraying [Electronic resource]. URL: http://ural-welding.ru/ru / articles/ gazotermiskoe-napylenie / sverhzvukovoe-gazovozdushnoe-napylenie.html.

6. Logachev, V.N. Electric arc metallization: towards the improvement of equipment and technologies [Text] / V.N. Logachev, N. N. Litovchenko // Journal "Proceedings of GOSNITI". - 2014. - T 117. - P. 228-234.

7. Lyalyakin V. P., Study of the process of gas-dynamic dispersion of the metal in electric arc metallising [Text] / V.P. Lyalyakin // Science lab. / UNITUBE "REMDETAL". - M., 1999. - Restoration and strengthening of machine parts. – P. 5-27.

8. Electric Arc metallization is the URL: http://www.weldsol.ru/.

9. Tolkachev, A.A. Application of electric arc metallization for restoration of cylinder liners of diesel engines of agricultural machinery / A. Tolkachev, V.I. Denisov, B.A. Matyushkin // proceedings of GOSNITI. 2017. - Vol. 126. - P. 179-182.

10. Tolkachev, A.A. Increase of wear resistance of cylinder liners of diesel engines / A.A. Tolkachev, V.I. Denisov, B.A. Matyushkin / / Welding production. - 2016. - № 9. - P. 48-51.

УДК 631.17.67.017

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ СЛОИСТЫХ ПОЛИМЕРОВ С ДОБАВЛЕНИЕМ АРМИРУЮЩИХ ВОЛОКОН

Вячеслав Александрович Денисов, главный научный сотрудник, доктор технических наук;
Елизавета Юрьевна Кудряшова кандидат технических наук, младший научный сотрудник;
Илья Владимирович Романов младший научный сотрудник;
Егор ОлеговичРещиков, инженер; e-mail: gosniti8@mail.ru.
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *В статье приведены результаты сравнительных ускоренных стендовых испытаний на прирабатываемость, несущую способность и износостойкость материалов: текстолита ПТГ, текстолита с волокнами кевлара и оксафена, предлагаемых для изготовления лопаток вакуумных насосов, применяемых на животноводческих комплексах для доильных установок. От вакуумного насоса зависит производительность доильной установки, ее надежность и уровень шума. В свою очередь надежность насоса во многом определяется износостойкостью его лопаток. Поэтому проблема выбора легкого, прочного и износостойкого материала для лопаток является определяющей при их конструировании и производстве. Исследование процесса изнашивания при трении связано с необходимостью сокращения потерь, которые обуславливаются самим процессом износа, так же и с разработкой эффективных методов прогнозирования долговечности узлов трения, обеспечением их надежной работы, особенно в экстремальных условиях [1,2,3]. Инновационные разработки материалов на основе полимерных смол с добавлением углеродных, стеклянных, тканевых и прочих армирующих волокон уже нашли широкое применение в авиастроении, судостроении, строительстве, электромашиностроении. Такие материалы обладают высокой прочностью и малым весом, что объясняет заинтересованность в их применении при производстве, упрочнении и ремонте деталей сельскохозяйственной техники. Представленные в статье результаты исследований дают сравнительную оценку слоистых пластиков на основе полимерных связующих с добавлением армирующих нитей, которые обладают уникальными свойствами: имеют высокие физико-механические характеристики, обладают устойчивостью к длительным переменным нагрузкам, к изнашиванию.*

Ключевые слова: *испытания, износостойкость, слоистые пластики, армирующие волокна.*

COMPARATIVE TESTS FOR WEAR-RESISTANCE OF LAYER POLYMERS WITH ADDING OF REINFORCING FIBERS

Federal State Budget Scientific Institution
"Federal Scientific Agroengineering Center VIM"

Abstract. *The article presents the results of comparative accelerated bench tests on the workability, bearing capacity and wear resistance of materials: PTH textolite, textolite with Kevlar and Oxaphene fibers, offered for the manufacture of vacuum pump blades used on livestock complexes for bottom installations. The vacuum pump depends on the performance of the milking unit, its reliability and noise level. In turn, the reliability of the pump is largely determined by the durability of its blades. Therefore, the problem of choosing a light, durable and wear-resistant material for the blades is decisive in their design and manufacture. Investigation of the process of wear during friction is associated with the need to reduce losses, which are caused by the wear process itself, as well as the development of effective methods for predicting the durability of friction units, ensuring their reliable operation, especially under extreme conditions [1,2,3]. Innovative developments of materials based on polymer resins with the addition of carbon, glass, fabric and other reinforcing fibers have already found wide application in aircraft building, shipbuilding, construction, electrical engineering. Such materials have high strength and low weight, which explains the interest in their application in the production, hardening and repair of agricultural machinery parts. The results of the research presented in the article provide a comparative evaluation of laminated plastics based on polymer binders with the addition of reinforcing yarns that have unique properties: they have high physical and mechanical characteristics, they are resistant to long-term variable loads, and wear.*

Keywords: *tests, wear resistance, laminated plastics, reinforcing fibers.*

Введение. Полимерные смолы широко применяют при создании антифрикционных полимерных материалов вследствие их повышенной термической и химической стойкости и износостойкости. Для улучшения триботехнических свойств в них вводят специальные наполнители, в данном случае графит.

Такие материалы обладают негорючестью, высокой стойкостью к нагреву, химической стойкостью, большой твердостью, однако имеют повешенную хрупкость, плохо переносят резкую смену температур [1,4-6].

Испытания проводились по методике ГОСТ 23.224-86 [7, 8], которая определяет порядок проведения комплексных триботехнических испытаний сопряжений скольжения на прирабатываемость и на износостойкость.

Методика и материалы. Исследования проводились с использованием приборной базы центра коллективного пользования «Наноцентр» ФГБНУ ФНАЦ ВИМ.

Для испытаний образцов материалов на износостойкость применялся трибометр TRB-S-DE фирмы CSM Instruments.

Испытания на трибометре TRB-S-DE проводились по схеме «круговое движение» с исследуемым образцом в виде диска (образец-диск), по которому перемещается (скользит) контробразец в виде шарика. К индентеру с шариком прикладывалась нормируемая нагрузка.

Испытания происходили без смазки, то есть при сухом трении.

В процессе испытаний поддерживалась постоянная влажность 45-50% и температура окружающего воздуха 23-25°С.

Образец исследуемого материала, выполненный в виде диска, закреплялся в центре поверхности стола, и приводился во вращательное движение с заданной частотой. В качестве контробразца использовался шарик диаметром 6 мм, изготовленные из стали 100 Cr6, который жестко закреплялся в торце цилиндрического штифта (индентора).

К индентору, который опирался на диск на некотором расстоянии от центра вращения, прикладывалась нормируемая нормальная нагрузка. В процессе испытаний непрерывно измерялся коэффициент трения и глубина внедрения шарика в исследуемый образец.

В процессе сравнительных испытаний оценивались триботехнические свойства следующих материалов: текстолит ПТГ, текстолит с волокнами кевлара, оксафен.

ПТГ – поделочный текстолит, который представляет собой прессованный материал на основе хлопчатобумажной ткани, пропитанной термореактивным связующим с добавкой графита [6,9].

Кевлар - относится к сетчатым полимерам и производится в виде технических нитей, имеющих различную линейную плотность и структуру [1, 4, 5,10].

Оксафен – антифрикционный изотропный полимерный конструкционный материал сухого трения, который производится на основе смеси полимерных смол, синтетических волокон полиоксадиазол и целлюлозных волокон [10, 11]. Характеристики исследуемых образцов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики исследуемых образцов

Сопряжение	Образец	Наименование материала	Плотность материала	Геометрические параметры
1	Образец-диск	Текстолит ПТГ	1,35 г/см^3	50 х 50 х 6 мм
	Контробразец -шарик	Сталь 100 Cr6	-	Диаметр 6 мм
2	Образец-диск	Текстолит с волокнами кевлара	1,32 г/см^3	50 х 50 х 6 мм
	Контробразец -шарик	Сталь 100 Cr6	-	Диаметр 6 мм
3	Образец-диск	Оксафен	1,35 г/см^3	50 х 50 х 6 мм
	Контробразец-шарик	Сталь 100 Cr6	-	Диаметр 6 мм

Износ образцов по результатам испытаний из-за малых значений определялся при помощи профилографирования дорожки трения с использованием профилограф-профилометра Surtronic 25 ml 12/3522-01. В процессе измерения оценивался профиль дорожки трения и рассчитывался объем и масса изношенного материала образца-диска, по которому оценивалась его износостойкость.

Структура материала, вид изнашиваемой поверхности, линейный размер изнашиваемого участка образца-диска и контробразца-шарика исследовались на инвертированном металлографическом микроскопе Olympus GX51. Исследования образцов проводились в отраженном свете в результате чего оптическая система предоставляла четкие графические изображения, показывающие структуру текстолитов и армирующих волокон, позволяющих проведение точных линейных измерений траекторий изнашивания образцов.

На первом этапе испытаний в трибометре образцы прирабатывались при ступенчатом повышении нагрузки Р.

Длительность ступеней нагружения выбиралась из расчета обеспечения стабилизации коэффициента трения в процессе приработки сопряжения после изменения нагрузки (около 20 минут). На этапе приработки определялись максимальные численные значения давления для неприработанной пары Рмн и для приработанной пары Рмп, по которым рассчитывается значение показателя прирабатываемости (1):

$$П = \frac{P_{МП} - P_{МН}}{\mu_O \times P_O} \qquad (1)$$

В течении испытаний непрерывно фиксировались (на диаграмме) коэффициент трения μ и глубина дорожки трения h.

Обработка диаграммы позволяет построить зависимость коэффициента трения h от нагрузки P. По этой зависимости определяется численное значение давления (нагрузки) Ро, соответствующее минимуму коэффициента трения.

Испытания на износостойкость для максимального ускорения проводятся в форсированном режиме при давлении Ро и температуре, определяющейся фрикционным разогревом пары.

Измерение износа образцов-дисков Ид производились профилографированием и пересчетом на массовый износ.

Объем изношенного материала образца после испытаний определялся по формуле:

$$M = S \cdot L \cdot \rho, \quad г \qquad (2)$$

где S – площадь сечения дорожки трения, мм^2 ;

$L = \pi \cdot D$, – длина дорожки трения, мм;

ρ – плотность материала образца, г/см^3 .

По этим данным рассчитывались интенсивности изнашивания образцов: диска *Jд=Ид/Lд*, шарика *Jш=Иш/Lш* (где *Lд, Lш* – путь трения за испытание для диска и шарика, соответственно) и суммарная: *Jс=Jд+Jш*.

Предварительные испытания исследуемых материалов показали практическое отсутствие изнашивания материала образцов-шариков. Поэтому их износ условно принят равным 0.

Чтобы можно было сопоставлять образцы и сопряжения, у которых давление при испытаниях на износ *Ри* (*Ро*) было разным, рассчитывается интенсивность изнашивания, приведенная по давлению, которая называется фактором износа: *Фд=Jд/Ри, Фш=Jш/Ри* и суммарный Ф*с=Jс/Ри*.

Результаты и обсуждение. Испытания на прирабатываемость и несущую способность для исследуемых сопряжений проводились со ступенчатым повышением и уменьшением нагрузки прикладываемой к индентору с интервалом 2,0 Н. Результаты испытаний представлены в таблицах 2-4 и на рисунках 1-3. По результатам триботехнических испытаний со ступенчатой нагрузкой произведен анализ полученных результатов.

Составлены графики изменения коэффициента трения при нагрузке-разгрузке.

Полученные данные представлены на рисунках 4-6 и в таблице 5.

Таблица 2

Результаты испытаний на прирабатываемость сопряжения

Давление, Н	Изменение коэффициента трения	
	нагрузка	разгрузка
0	0	0
2	0,5	0,43
4	0,47	0,48
6	0,33	0,45
8	0,59	0,25
10	0,24	0,39
12	0,57	0,66
14	0,69	0,64
16	0,51	0,23
18	0,19	0,42
20	0,42	0,42

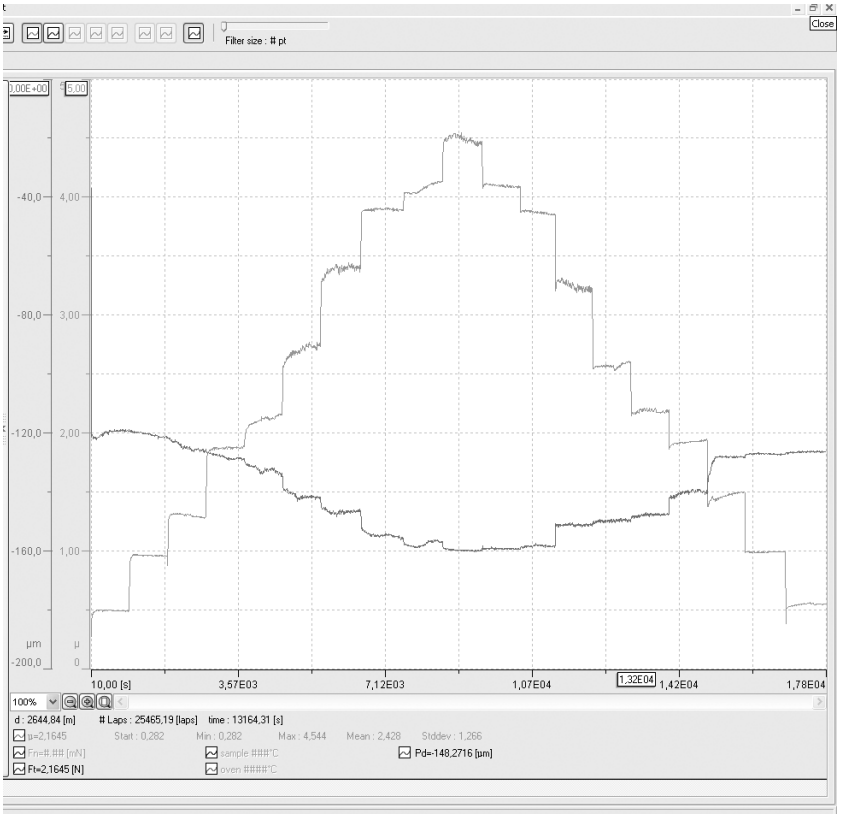


Рис. 1. Изменение коэффициента трения и нагрузки от пути трения при испытаниях на прирабатываемость сопряжения текстолит ПТГ - Сталь 100Cr6

Таблица 3

Результаты испытаний на прирабатываемость сопряжения текстолит с волокнами кевлара – Сталь 100 Cr6

Давление, Н	Изменение коэффициента трения	
	нагрузка	разгрузка
0	0	0
2	0,44	0,4
4	0,38	0,4
6	0,36	0,41
8	0,35	0,36
10	0,35	0,37
12	0,34	0,38
14	0,36	0,38
16	0,38	0,35
18	0,41	0,33
20	0,42	0,42

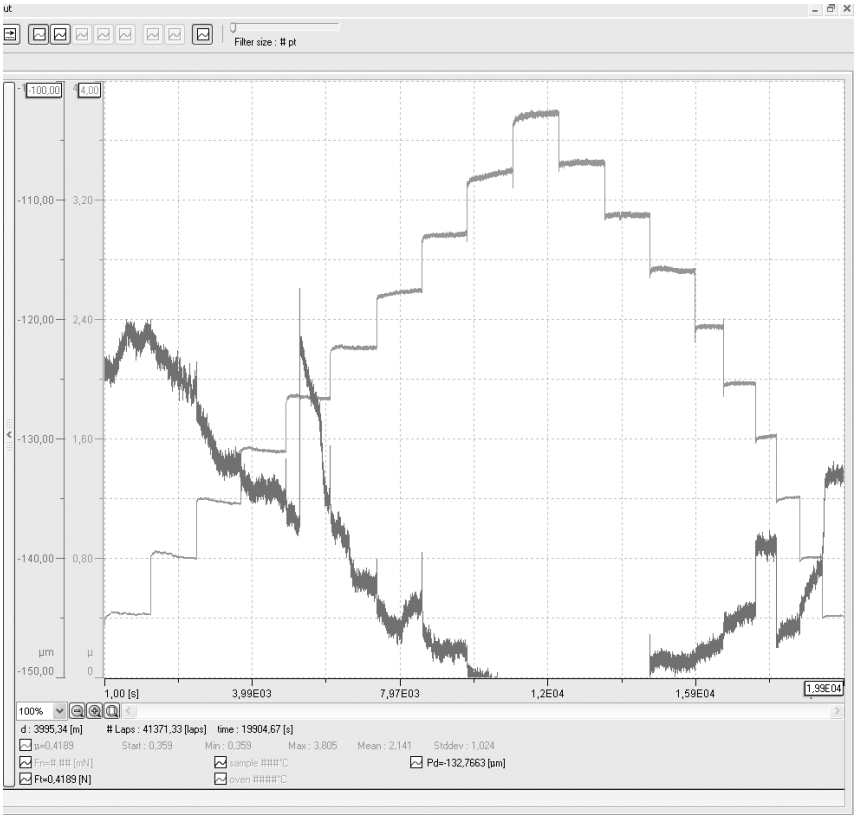


Рис. 2 . Изменение коэффициента трения и нагрузки от пути трения при испытаниях на прирабатываемость сопряжения текстолит с волокнами кевлара – Сталь 100 Cr6

Таблица 4

Результаты испытаний на прирабатываемость сопряжения Оксафен – Сталь 100 Cr6

Давление, Н	Изменение коэффициента трения	
	нагрузка	разгрузка
0	0	0
2	0,4	0,49
4	0,39	0,42
6	0,31	0,45
8	0,37	0,34
10	0,43	0,29
12	0,18	0,33
14	0,31	0,41
16	0,4	0,31
18	0,46	0,24
20	0,39	0,42
22	0,35	0,35

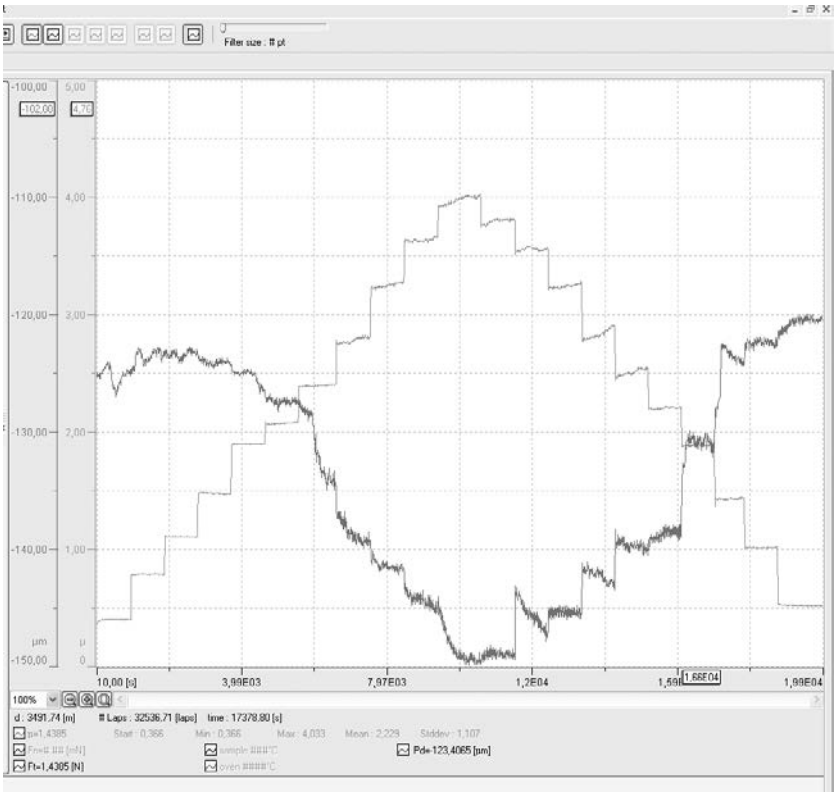


Рис. 3. Изменение коэффициента трения и нагрузки от пути трения при испытаниях на прирабатываемость сопряжения Оксафен - Сталь 100 Cr6

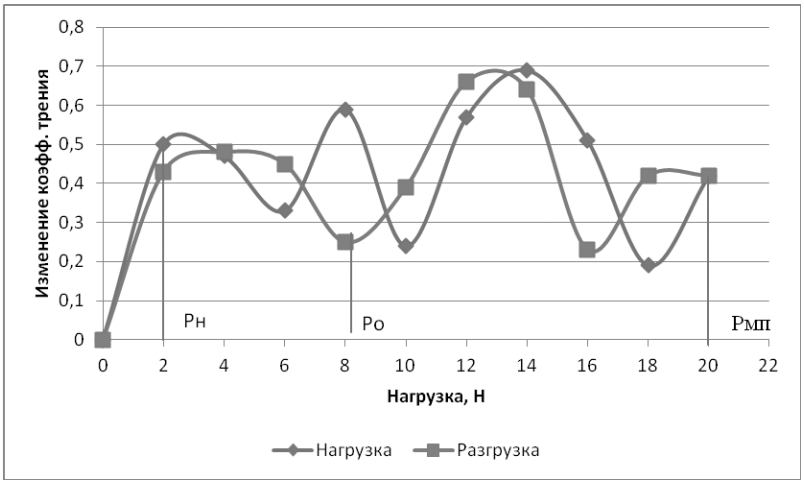


Рис. 4 .Изменение коэффициента трения от нагрузки при испытаниях на прирабатываемость сопряжения текстолит ПТГ - 100 Cr6

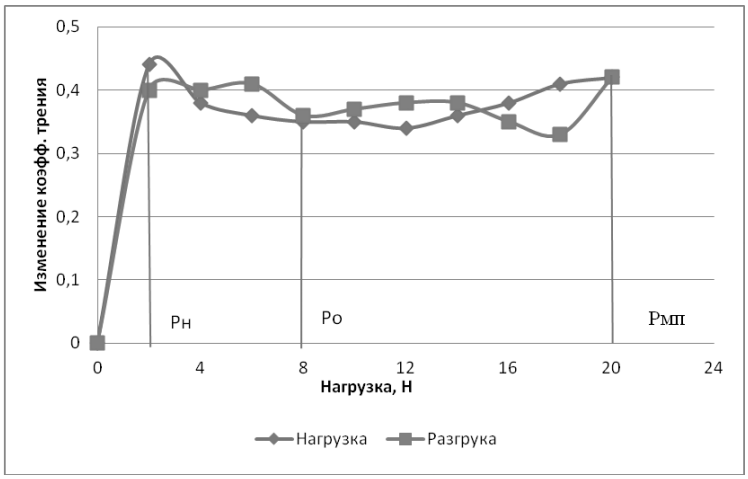


Рис.5. Изменение коэффициента трения от нагрузки при испытаниях на прирабатываемость сопряжения текстолит с волокнами кевлара - 100 Cr6

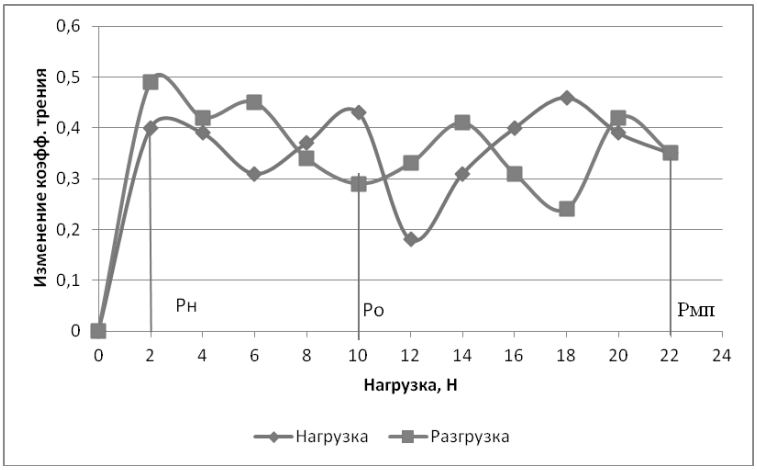


Рис. 6. Изменение коэффициента трения от нагрузки при испытаниях на прирабатываемость сопряжения Оксафен - 100 Cr6

Таблица 5.

Результаты испытания сопряжений на прирабатываемость и несущую способность

№	Наименование образца	Материал	Коэфф. трения, μ_o	Рн, Н	Ро, Н	Рмп, Н	П
1	Образец-диск	Текстолит ПТГ	0,5	2	8	20	4,5
	Контробразец-шарик	Сталь 100 Cr6					
2	Образец-диск	Текстолит с волокнами кевлара	0,44	2	8	20	5,114
	Контробразец-шарик	Сталь 100 Cr6					
3	Образец-диск	Оксафен	0,4	2	10	22	5,0
	Контробразец-шарик	Сталь 100 Cr6					

Испытания сопряжений на износостойкость проводились при нагрузках Ро. Продолжительность износных испытаний составляла 21500 м пути трения каждого образца (около 20 часов).

Результаты профилографирования образцов после испытаний на износ представлены на рисунках 7-9.

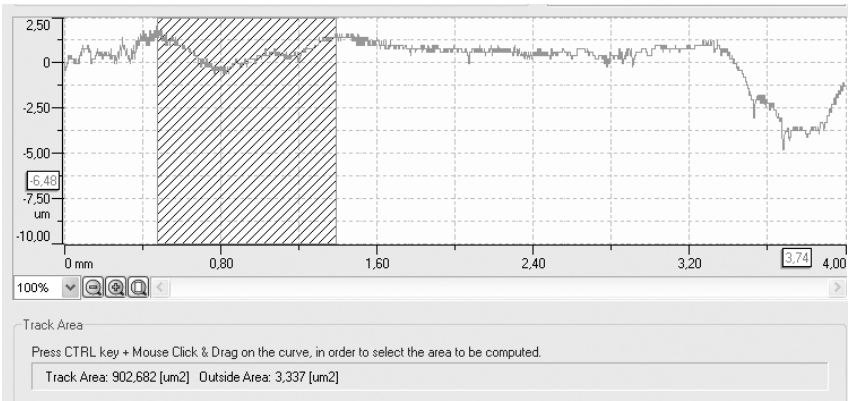


Рис. 7. Профилограмма зоны дорожки трения образца-диска из текстолита ПТГ

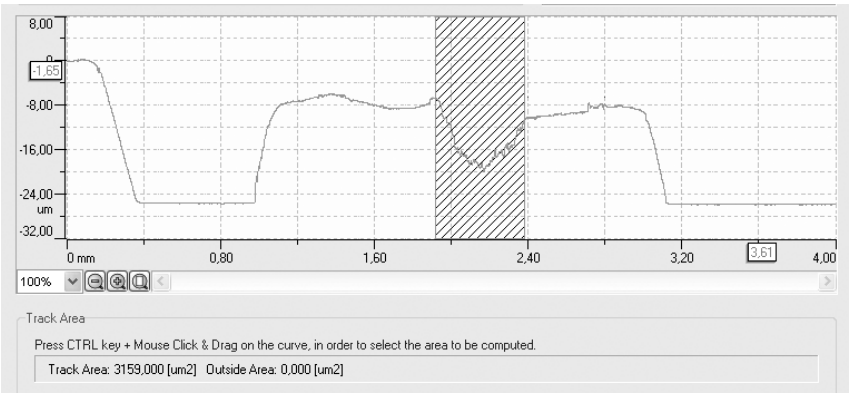


Рис. 8.Профилограмма зоны дорожки трения образца-диска из текстолита с волокнами кевлара

Рис. 9. Профилограмма зоны дорожки трения образца-диска из Оксафена

Результаты расчета износа образцов-дисков после испытаний и профилографирования представлены в таблице 6.

Таблица 6

Расчет износов образцов-дисков по результатам профилографирования

Параметры		Кевлар	Оксафен	ПТГ
Радиус дорожки	(r)	12,7 мм	11,37 мм	7,08 мм
Диаметр дорожки	(D)	25,4 мм	22,74мм	14,16мм
Длина дорожки	(L)	79,756 мм	71,4036 мм	44,4624 мм
Площадь сечения дорожки **	(S)	$2974 \cdot 10^{-6}$ мм^2	$1629 \cdot 10^{-6}$мм^2	$883 \cdot 10^{-6}$мм^2
Объем	(V)	0,2372 мм^3	0,1163 мм^3	0,0393 мм^3
Плотность*	(ρ)	1,32 г/см^3 (0,00132 г/мм^3)	1, 35 г/см^3 (0,00135 г/мм^3)	1,35 г/см^3 (0,00135 г/мм^3)
Масса	(m)	313,917966 10^{-6} г	157,034919 $\cdot 10^{-6}$г	53,0026 $\cdot 10^{-6}$г

Результаты анализа данных износных испытаний исследуемых образцов представлены в таблице 7.

Выводы. Результаты испытаний на прирабатываемость исследуемых образцов материалов показали, что их показатели несущей способности и прирабатываемости находятся приблизительно на одном уровне, соответственно, около 20…22 Н и 4,5-5,1 единиц. Небольшое преимущество перед другими имеет сопряжение с образцом из текстолита ПТГ. Результаты испытаний на износостойкость исследуемых образцов материалов показали лучшие показатели по интенсивности изнашивания у сопряжений с образцом из текстолита ПТГ в сравнении с оксафеном и кевларом, соответственно, в 2,97 и 5,93 раза, а по фактору износа, соответственно, в 2,4 и 5,9 раз.

Таблица 7

Результаты испытаний на износ исследуемых образцов материалов

№ сопр.	Наименование образца	Материал	Ро, Н	Рмп, Н	Износ, $x10^{-6}$ г	Интенс. изнаш., J, $x10^{-9}$ г/м	Фактор износа, $x10^{-9}$ г/(м·Н)
1	Образец-диск	Текстолит ПТГ	8	20	53,00	2,46	0,31
	Контробразец-шарик	Сталь 100 Cr6			0		
2	Образец-диск	Текстолит с волокнами кевлара	8	20	313,92	14,6	1,825
	Контробразец-шарик	Сталь 100 Cr6			0		
3	Образец-диск	Оксафен	10	22	157,03	7,3	0,73
	Контробразец-шарик	Сталь 100 Cr6			0		

Таким образом, полученные данные носят предварительный характер и могут служить качественной оценкой сравнительной износостойкости исследуемых материалов. То есть, лучшей прирабатываемостью, износостойкостью и несущей способностью из испытанных сопряжений обладает сопряжение с образцом из текстолита ПТГ. Для более точной количественной сравнительной оценки исследуемых материалов необходимо увеличить число испытанных образцов.

Библиографический список

1. Бондалетова, Л.И. Полимерные композиционные материалы (часть 1): учебное пособие / Л.И. Бондалетова, В.Г. Бондалетов // Томск: Изд-во Томского политехнического университета 2013 118 с.

2. Квасюк, А.В. Системный и факторный анализ инновационных ресурсов промышленности полимеров и пластмасс / А.В. Квасюк, Е.Ю. Сударикова, А.В. Поляков, А.М. Бессарабов // Успехи в химии и химической технологии. 2014. Т. 28. № 1 (150). С. 114-116.

3. Ющенко, Д.А. Перспективы применения полимерных композиционных материалов / Д.А. Ющенко, Е.М. Кузнецова // Механики XXI веку. 2015. № 14. С. 194-198.

4. Давыдова, И.Ф. Теплостойкие фрикционные текстолиты /

И.Ф. Давыдова, Н.С. Кавун // Труды ВИАМ. – 2014. – № 11. – С. 4.

5. Клинов, И.Я. Коррозия химической аппаратуры и коррозионностойкие материалы / И.Я. Клинов // Москва-Ленинград: Госхимиздат, 1952. – 294 с.

6. Костягина, В.А. Особенности технологии создания армированных пластиков / В.А. Костягина, К.С. Бабина, Л.И. Соломонов, Т.П. Кравченко // Успехи в химии и химической технологии, 2013. – Т. 27. № 3(143). – С. 77-82.

7. ГОСТ 23.224-86. Обеспечение износостойкости изделий. Методы оценки износостойкости восстановленных деталей. М.: Издательство стандартов, 1987. 139 с.

8. Денисов, В.А. Металлографические исследования электроискровых и газодинамических покрытий / В.А. Денисов, В.И. Иванов, Р.Н. Задорожний // Технология металлов. - 2013. № 12.- С. 31-38.

9. ГОСТ 5-78. Текстолит и асботекстолит конструкционные. Технические условия. – М.: Госстандарт России,1992. –28 с.

10. Рожков А.С.,Николаев А.И., Борисов А.Н., Бородавский Н.Н., Боровик Ю.В. Неметаллические материалы в машиностроении .Контентус. 2016. №3 (44). С. 105-112.

11. Каблов, Е.Н. Перспективные армирующие высокотемпературные волокна для металлических и керамических материалов / Е.Н. Каблов, Б.В. Щетанов, Ю.А. Ивахненко, Ю.А. Балинова //Труды ВИАМ. – 2013. – № 2. – С. 5.

References

1. Bondaletov, L. I. Polymer composite materials (part 1): study guide / L. I. Bondaletov, V. G. Bondaletov // – Tomsk: Publishing house of Tomsk Polytechnic University -2013 – 118 C.

2. Kvasyuk, A.V. System and factor analysis of innovative resources of polymer and plastic industry / A.V. Kvasyuk, E. Yu. Sudarikova, A.V. Polyakov, A. M. Bessarabov // Advances in chemistry and chemical technology. - 2014. - Vol. 28. № 1 (150). - P. 114-116.

3. Yushchenko, D. A. Prospects of application of polymeric composite materials / D. A. Yushchenko, E. M. Kuznetsova // Mechanics of XXI century. - 2015. - № 14. - P. 194-198.

4. Davydova, I. F. heat-Resistant frictional textolites / I. F. Davydova, N. With. Kavun // Trudy VIAM. - 2014. - № 11. - S. 4.

5. Klinov, I. Y. Corrosion of chemical equipment and corrosion-proof materials / I. Y. Klinov // Moscow-Leningrad: Goskhimizdat, 1952. - 294 p.

6. Kostyagina, V. A. Features of the technology of reinforced plastics / V. A. Kostyagina, K. S. Babina, L. I. Solomonov, T. p. Kravchenko // Advances in chemistry and chemical technology, 2013. - Vol. 27. № 3 (143). - P. 77-82.

7. GOST 23.224-86. Ensuring the wear resistance of products. Methods of evaluation of wear resistance of the restored parts. – M.: Publishing house of standards, 1987. - 139 p.

8. Denisov, V. A. Metallographic studies of electrospark and gas-dynamic coatings / V. A. Denisov, V. I. Ivanov, R. N. Zadorozhny // technology of metals. - 2013. No. 12. - P.31-38.

9. GOST 5-78. Textolite and asbestos-textolite are structural. Technical conditions. - Moscow: State Standard Of Russia, 1992. -28 p.

10. Rozhkov, A. S., non-metallic materials in mechanical engineering / A. S. Rozhkov, A. I. Nikolaev, A. N. Borisov, N. N. Borodovsky, J. V. Borovik // Contentus. - 2016. - № 3 (44). - P. 105-112.

11. Kablov, E. N. Promising high-temperature reinforcing fibers for metal and ceramic materials / E. N. Kablov, V. B. Shamanov, J. A. Ivakhnenko, Yu. A. Malinova // Proceedings of VIAM. - 2013. - № 2. – P. 5.

УДК 627.7.015

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ МДО-ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ЦИЛИНДРО-ПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ ДВС ПРИ НАНО ЛЕГИРОВАНИИ

Дмитрий Александрович Милованов, аспирант, младший научный сотрудник, e-mail: svarzavod@mail.ru;
Анатолий Валентинович Чавдаров, кандидат технических наук ведущий, научный сотрудник,e-mail: info@firma-tom.ru,
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ

Реферат. *Микродуговое оксидирование (МДО) является одним из перспективных направлений научных исследований в области создания покрытий с особыми свойствами на поверхностях деталей машин. Покрытия, полученные методом МДО, относятся к области нано кристаллических неметаллических неорганических. Основные преимущества МДО покрытий: износостойкость, твердость, низкая пористость, теплостойкость. Одним из перспективных направлений использования керамических покрытий являются покрытия для термоизоляции металла от высоких температур. Целью исследования является получение МДО-покрытий для отражения тепла и снижения температуры деталей, на которые воздействуют высокие температуры. Для проведения испытаний тестовые образцы были изготовлены из поршневого сплава методом чистового фрезерования. Токоподвод выполнялся из алюминиевой проволоки с поверхностной изоляцией для исключения на ее поверхности процесса МДО. Процесс МДО выполнялся в электролитической ванне с водяной рубашкой охлаждения. Один конец токоподвода от источника питания был подключен к ванне, второй – к медной штанге с бобышкой для закрепления образца на алюминиевой проволоке. В качестве базового электролита использовался слабощелочной раствор едкого калия 2г/л KOH в дистиллированной воде с добавлением метасиликата натрия в количестве 9 г/л. В качестве наноприсадок применялись: цитрат железа K(Fe(CN)6), оксид ванадия (III) V2O3, вольфрамат натрия Na2WO4 и оксид меди (II) (окись меди) CuO. Результатами исследований установлено, что применения керамического покрытия на поршнях ДВС бензиновых и дизельных с стандартными настройками и форсированием без покрытия и с керамическим покрытием показывает увеличение мощности за счет сохранения тепла, т.е. повышения КПД двигателя на 8-10%.*

Ключевые слова: *МДО, микродуговое оксидирование, керамическое покрытие алюминия, нанопокрытие, нанотехнологии.*

INVESTIGATION OF PROPERTIES OF MDO COATINGS FOR CYLINDER-PISTON ROUP OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES WITH NANO DOPING

Milovanov Dmitry Alexandrovich, post-graduate student, junior researcher
Anatoly Valentinovich Chavdarov, Leading Researcher,

Federal State Budget Scientific Institution
"Federal Scientific Agro-Engineering Center VIM"

Abstract. *Microarc oxidation (MAO) is one of the promising areas of research in the field of creating coatings with special properties on the surfaces of machine parts. Coatings obtained by the MAO method belong to the field of nanotechnological non-metallic inorganic ones. The main advantages of MAO coatings: wear resistance, hardness, low porosity, heat resistance. One of the promising areas for the use of ceramic coatings is a coating for thermal insulation of metal from high temperatures. The aim of the study is to obtain MAO coatings for reflecting heat and reducing temperature, which are affected by high temperatures. For testing, the test specimens were made from a piston alloy by the method of finishing milling. The current lead was made of aluminum wire with surface insulation to exclude the MAO process on its surface. The MAO process is carried out in an electrolytic bath with a cooling water jacket. One end of the current lead from the power source was connected to the bathtub, the second - to a copper rod with a lug to fix the sample to the aluminum wire. A slightly alkaline solution of potassium hydroxide 2g / l KOH in distilled water with the addition of sodium metasilicate in the amount of 9 g / l was used as the base electrolyte. As nano-additives, iron citrate K (Fe (CN)6), vanadium (III) oxide V2O3, sodium tungstate Na2WO4 and copper (II) oxide (copper oxide) CuO were used. The results of the investigations established that the application of ceramic coating on the pistons of ICE petrol and diesel with standard settings and forcing without coating and with a ceramic coating shows an increase in power due to the preservation of heat, i.e. Increase the efficiency of the engine by 8-10%.*

Keywords: MAO, microarc oxidation, ceramic coating of aluminum, nanocoating, nanotechnology.

Введение. Микродуговое оксидирование (МДО) является одним из перспективных направлений научных исследований в области создания покрытий с особыми свойствами на поверхностях деталей машин [1]. Покрытия, полученные методом МДО, относятся к области нано кристаллических неметаллических неорганических. Из технологических преимуществ микродугового оксидирования можно выделить следующие наиболее важные [2]: износостойкость и твердость; низкая пористость; теплостойкость; экологичность.

Защитное действие многих систем покрытий основывается на формировании оксидных пленок A12O3 или SiO2, однако в последние годы все большее внимание привлекают коррозионностойкие многослойные покрытия, в которых затруднена взаимная диффузия элементов, покрытия со сложными оксидами, теплозащитные покрытия и способы модификации поверхности для образования плотных слоев или введения дисперсных оксидов [3]. Для улучшения сопротивления образованию и распространению трещин перспективным является легирование покрытий.

Нанесение керамических покрытий разного типа давно практикуется в Америке и Европе при сборке мощных двигателей; у большинства именитых производителей поршней можно заказать плазменное нанесение керамического покрытия, как дополнительную услугу за дополнительную плату.

Одним из перспективных направлений использования керамических по-

крытий являются покрытия для термоизоляции металла от высоких температур [4,5,6].

Цель исследования – в двигателях внутреннего сгорания (ДВС) одной из самых теплонагруженных деталей является поршень, а точнее днище поршня, которое подвергается прямому тепловому воздействию от сгорающей топливно-воздушной смеси. Из-за этого воздействия и большой разницы температур поршни изготавливают неправильной формы (овальной, конусной), чтобы при неравномерном нагревании при работе ДВС поршень приобретал правильную цилиндрическую форму.

Целью исследования является получение МДО-покрытий для отражения тепла и снижения температуры деталей, на которые воздействуют высокие температуры.

Материалы и методы. МДО-покрытия получают на металлах так называемой «вентильной» группы, оксиды которых обладают полупроводниковыми свойствами. Очень большая группа деталей изготавливается из различных марок сталей. Для использования преимуществ МДО-слоя практикуется нанесение на внешнюю поверхность детали промежуточного «плакирующего» слоя из алюминиевого сплава газотермическим напылением, в частности, электродуговой металлизацией (ЭДМ) [7].

Исследования по совместимости наноприсадок с химическим составом обрабатываемых сплавов проводились на образцах из сплава АК-6.

Процесс МДО выполнялся в электролитической ванне (рисунок 1) с водяной рубашкой охлаждения. Один конец токоподвода от источника питания был подключен к ванне, второй – к медной штанге с закрепленным образцом на алюминиевой проволоке. Для интенсивного перемешивания раствора использовался воздушный барботаж.

Рис. 1. Ванна и источник питания и управления процессом МДО

Источник позволяет выполнять процесс МДО в анодно-катодном режиме. Изменение выходной мощности выполняется с помощью подключения конденсаторов с соответствующей емкостью. Контроль выполняется по четырем параметрам: анодный ток, катодный ток, анодное напряжение, катодное напряжение. Приборы имеют аналоговый выход для подключения к компьютеру или другому устройству для записи изменения параметров во времени. Точность измеряемых параметров 0,5%. Источник оснащен программируемым реле времени для установки временных интервалов процесса МДО.

В качестве базового электролита использовался слабощелочной раствор едкого калия 2г/л КОН в дистиллированной воде с добавлением метаси-

ликата натрия в количестве 9 г/л. Перед добавкой наноприсадки раствор прорабатывался в течение 30 минут. В качестве наноприсадок применялись:

- синтетические частицы наноалмаза,
- цитрат железа K(Fe(CN)6),
- оксид ванадия (III) V2O3,
- оксид хрома (III) Cr2O3
- вольфрамат натрия Na2WO4,
- оксид меди (II) (окись меди) CuO.

Измерение толщины покрытия осуществлялось прибором «Константа 5» датчиком для измерения толщины на немагнитных материалах.

Визуальное исследование состояния МДО-поверхности после экспериментов и контрольное определение толщины покрытия на поперечных шлифах осуществлялось на цифровом микроскопе Levenhuk DTX 50.

Исследование фазового состава МДО-покрытия осуществлялось на рентгеновском дифрактометре «XRD-6000 Shimadzu».

Результаты и обсуждение. Результаты экспериментального исследования процесса микродугового оксидирования при введении в электролит нано порошков представлены в таблице .

Таблица

Результаты рентгеновского анализа МДО-покрытий

% добав.	Время Мин.	Толщ. мкм	Mg	Al	Si	добавка	Mn	Fe	Cu	Цвет
0,5V_2O_3	40	50-65	2,1	45,3	35,3	V 8,03	0,9	0,47	7,4	Корич
5 Cr_2O_3	40	55-60	3	40,7	36,8	Cr 8,8	0,7	0,6	8,8	зелен
2 цитр. Fe	30	50-60	-	41	43	Fe 5,4	0,9	5,4	8/5	Серый
5 $K(Fe(CN)_6)$	30	70-80	-	39	52	26,5	0,66	26,5	11	Темно-корич
-	30	35-40	1,5	36,3	51,62	-	0,9	0,6	8,2	Серый
1% алмаза	30	45-50	-	35,88	52,68	-	0,9	0,75	8,1	Темносер.

Установлено, что добавки в электролит соединений, оксиды которых не обладают полупроводниковыми свойствами, ограничивают возможность получения покрытий свыше 60мкм, что коррелирует с данными [8,9]. Введение в состав покрытия соединений меди и ванадия может привести к снижению коэффициента трения и уменьшению износа в парах трения. Установлено, что наиболее технологичной нанодобавкой являются соединения, которые имеют хорошую растворимость, например, вольфрамат натрия.

Рис. 2. Поршни дизельного двигателя до и после покрытия.

Были проведены исследования по применению керамического покрытия на поршнях в ДВС (бензиновых и дизельных) со стандартными настройками и форсированием. Результаты исследований для дизельных и бензиновых ДВС одинаковые. По результатам замеров на стенде один и тот же двигатель с поршнями без покрытия и с керамическим покрытием показывает увеличение мощности за счет сохранения тепла, т.е. повышение КПД двигателя, на 8-10%.

Выводы.

1) Добавки в электролит соединений, оксиды которых не обладают полупроводниковыми свойствами, ограничивают возможность получения покрытий свыше 60мкм.

2) Введение в состав покрытия соединений меди и ванадия может привести к снижению коэффициента трения и уменьшению износа в парах трения.

3) Наиболее технологичной нанодобавкой являются соединения, которые имеют хорошую растворимость в растворе, например, вольфрамат натрия.

Библиографический список

1. Хокинг М. Васатасри В., Сидки П. Металлические и керамические покрытия: получение, свойства, применение. М.: Мир. 2000. 518 с.

2. Суминов И.В., Эпельфельд А.В., Людин В.Б., Крит Б.Л., А.М. Борисов. Микродуговое оксидирование (теория, технология, оборудование). М.:ЭКОМЕТ. 2005. 368 с.

3. Ракоч А.Г., Дуб А.В., Гладкова А.А. Анодирование легких сплавов при различных электрических режимах. Плазменно-электролитическая нанотехнология . М.: изд-во ООО «Старая Басманная». 2012. 495 с.

4. Duneleavy C.S., Golosnoy I.O., Curran J.A., Clyne T.W. Characteristation of discharge events during plasma electrolytic oxidation // Surface & Coatings Technology. 2009. 203. P. 3410-3419.

5. Малышев В.Н., Вольхин А.М., Гантимиров Б.М., Ким С.Л. Повышение антифрикционных свойств износостойкости МДО-покрытий // Химическая физика и мозоскопия. 2013. Т.15. №2. С. 285-291.

6 Malyshev V.N., Volkhin A.M. Antifriction Properties Increasing of Ceramic MDO-coatings // Journal of Engineering Tribology. Proceedings of theinstitution of Mechanical Engineers. Part: J. 2013. Vol. 227.

7 Патент 2641427 Российская Федерация, B 23 P 6/02. Способ нанесения многокомпонентного покрытия при электродуговой металлизации / С.А. Соловьев, В.И. Денисов, Б.А. Матюшкин, А.А. Толкачев, А.В. Чавдаров. № 2016129709; заявл. 20.07.2016; опубл. 17.01.2018 Бюл. № 2

8 Чавдаров А.В., Скоропупов Д.И., Першин П.Н. Условия существования и стадии роста покрытия при микродуговом оксидировании. // Труды ГОСНИТИ. 2017. Т.128. С.14-20

9 Артамонов С.А., Скоропупов Д.И., Милованов Д.А. Математическое исследование кинетики роста МДО-покрытия при использовании нанолегирования с эффектом электрофореза // Труды ГОСНИТИ. 2018. Т.130. С.244-248

References

1 Hawking, M. Metallic and ceramic coatings: obtaining, properties, application [Text] / M. Hawking, V. Vasatasri, P. Sidki / Transl. with English. -Moscow: Mir. 2000. 518c.

2 Microarc oxidation (theory, technology, equipment) [Text] / IV Suminov, AV Eppelfeld, VB Ludin, BL Crit, AM Borisov. - Moscow: Ecomet, 2005. - 368 p.

3 Rakoch, A. G., Dub A., Gladkova A. A. Anodization of light alloys under various electrical conditions. Plasma-electrolytic nanotechnology [Text] / AG Rakoch, AV Dub, AA Gladkova. - Moscow: publishing house "Old Basmannaya", 2012. - 495 p.

C. Duneleavy, I. O. Golosnoy, J. A. Curran, T. W. Clyne // Surface & Coatings Technology. - 2009. - 203. - P. 3410-3419.

5 Increasing the antifriction properties of the wear resistance of MDO coatings / VN Malyshev, AM Vol'khin, BM Gantimirov, SL Kim // Chemical Physics and Mososcopy. - 2013. - T. 15. - №2. - P. 285-291.

6 Malyshev, V. N. Antifriction Properties Increasing of Ceramic MAO-coatings [Text] / V. N. Malyshev, A. M. Volkhin // Journal of Engineering Tribology. Proceedings of the institution of Mechanical Engineers. - Part: J. 2013. - Vol. 227.

7 Patent 2641427 Russian Federation, B 23 R 6/02. Method of applying a multicomponent coating for electroarc metallization [Text] / S.A. Soloviev, V.I. Denisov, B.A. Matyushkin, A.A. Tolkachev, A.V. Chavdarov. - No. 2016129709; claimed. 07/20/2016; publ. 01/17/2018 Boul. No. 2

8 Chavdarov, A.V. Conditions of existence and stages of growth of a coating during microarc oxidation [Text] / A.V. Chavdarov, D.I. Skoropupov, P.N. Pershin // Proceedings of GOSNITI. - 2017. - T.128. - P.14-20

9 Artamonov, S.A. Mathematical study of the growth kinetics of MDO-coating using nanolehgy with the effect of electrophoresis [Text] / S.A. Artamonov, D.I. Skoropupov, D.A. Milovanov // Proceedings of GOSNITI. - 2018. - T.130. - P.244-248

УДК 621.1

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ БОРТОВОГО ГЕНЕРАТОРА ВОДОРОДА НА БАЗЕ ЯЧЕЙКИ МЕЙЕРА ПУТЕМ УТОЧНЕНИЯ ЕЁ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ

[1]Анатолий Валентинович Чавдаров, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник,e-mail: info@firma-tom.ru;
[2]Василий Васильевич Игнатьев, студент, vaskos63i@gmail.com
[1] Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ;
[2]Московский Политехнический университет

Реферат. *Повышение эффективности работы бортового генератора во-дорода на базе ячейки Мейера путем уточнения её геометрических размеров // 9-я Международная научно-техническая конференция молодых ученых и спе-циалистов «Агроинженерные инновации в сельском хозяйстве». 2018. Статья посвящена вопросам применения бортовых генераторов водорода для автомо-билей и тракторов с целью обеспечения безопасного и бесперебойного снаб-жения сельхозтехники водородом, что значительно улучшает экономические и токсические характеристики грузового автотранспорта, работающего на ди-зельном топливе. Рассмотрен вопрос повышения эффективности электролиз-ных бортовых генераторов водорода на базе ячеек Мейера. Выполнены расче-ты и уточнены размеры трубок ячейки Мейера из условия совпадения резо-нансных частот трубок и молекул воды. Получены данные для изготовления опытного образца и обоснована возможность продолжения работ в этом направлении.*

Ключевые слова: *ячейка Мейера, конвертер Мейера, резонанс молекул воды.*

IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE ONBOARD HYDROGEN GENERATOR ON THE BASIS OF THE MEIER'S CELL BY REFINING ITS GEOMETRIC DIMENSIONS

Ignatev Vasilii Vasilevich
Moscow Polytechnic University
ChavdarovA.V.
Federal State Budget Scientific Institution
"Federal Scientific Agroengineering Center VIM"

Abstract. *Improving the efficiency of the onboard hydrogen generator on the basis of the Meier's cell by refining its geometric dimensions // 9th international scientific and technical conference of young scientists and specialists «Agroengineering innovations in agriculture» 2018. The article is focused to the use of on-Board hydrogen generators for vehicles and tractors to ensure safe and uninterrupted supply of agricultural equipment by hydrogen, which significantly improves the economic and toxic characteristics of trucks operating on diesel fuel. The question of increasing the efficiency of electrolysis on-Board hydrogen*

generators based on Meyer's cells is considered. Calculations are made and the sizes of the Meyer cell's tubes are adjusted from the criterion of match of resonant frequencies of the tubes and water molecules. The data for the production of a prototype are obtained and the possibility of continuing the work in this direction is reasoned.

Keywords: *Meier's cell, Meier's Converter, water molecules resonance.*

Введение. Проблема загрязнения окружающей среды автомобилями обостряется, несмотря на введение всё более жестких норм токсичности. Одним из направлений работ по обеспечению экологической безопасности авто-транспорта является использование водорода, как основного энергоносителя, либо как компонента для оптимизации рабочих процессов в ДВС.

Электромобили на топливных элементах работают на водороде, запас которого хранится на борту, и практически не имеют токсичных выхлопов. Здесь важно обеспечить должный уровень безопасности, а также повысить производительность и снизить стоимость топливных элементов. И такие рабо-ты активно ведутся. Параллельно совершенствуются способы промышленного производства водорода. Но очевидны и проблемы хранения и транспортиров-ки взрывоопасного газа, а также создания сети заправочных станций. При рез-ком увеличении числа водородосодержащих объектов, риск техногенных ка-тастроф слишком высок.

Оптимально было бы получать нужный объем водорода прямо на борту автомобиля из водородосодержащего вещества – это снимает вопросы безопасности и развертывания водородной инфраструктуры. Такие установки разрабатываются [1, 2], но в силу разных причин не получили пока должного развития. Однако всё более широко проектируются и внедряются бортовые генераторы водорода для дизельных грузовых автомобилей и тракторов [3, 4], т.к. небольшая его добавка повышает полноту сгорания дизтоплива, и, кроме ощутимой экономии, существенно сокращает выбросы вредных веществ. По-этому работы по совершенствованию автомобильных бортовых установок для получения водорода весьма актуальны.

Цель исследования – повышение эффективности бортового генератора водорода на базе ячейки Мейера путем уточнения её геометрических размеров.

Материалы и методы. Анализ публикаций, имеющихся в открытом доступе, систематизация данных, расчетно-аналитические методы.

Экспериментальные исследования активирования водородом или водоро-досодержащими газовыми смесями основного топлива дизельных двигателей показывают улучшение их экономических и токсических характеристик. В ходе исследования тракторного дизеля 6ЧН 13/14 (Д-461 АО «Алтайдизель») установлено, что малая добавка водорода (≈ 0,1 % от цикловой массы топли-ва) увеличивает полноту сгорания дизтоплива и КПД двигателя. А при подаче водорода в количестве до 10 % от массы дизтоплива удаётся снизить выбросы сажи в 2 – 4 раза, сократить расход топлива на 30-40 %, а также снизить эмис-сию окислов азота [5, 6].

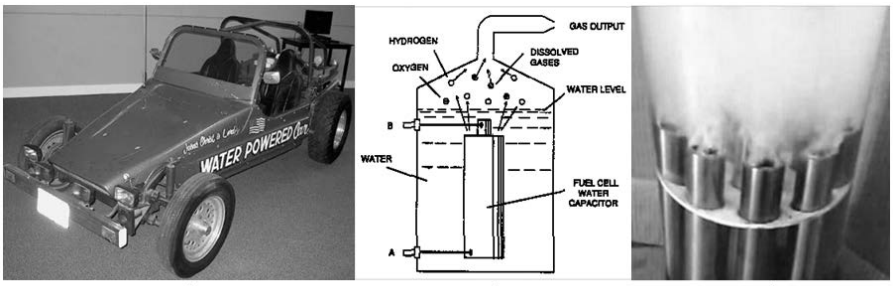
Однако модернизацию отечественного дизельного транспорта сдерживает отсутствие водородной инфраструктуры и необходимого оборудования.

Аналогичные работы проводят и зарубежные исследователи [7, 8]. Лаборатория реактивного движения США (Jet Propulsion Lab, USA) и канадская фирма Canadian Hydrogen Energy запатентовали систему водородного впры-

ска (Hydrogen Fuel Injection – HFI) и активно продают «Бортовой генератор водо-рода» (рис. 1). Это компактный электролизный аппарат, который питается от бортовой электросети грузовика и разлагает дистиллированную воду на водо-род и кислород. Полученный газ поступает во впускной коллектор ДВС. До-бавка водорода и кислорода дает 10-процентную экономию дизтоплива, по-вышает КПД двигателя и заметно сокращает выбросы вредных веществ за счет увеличения полноты сгорания [9].

Рис. 1. Генератор CHEC HFI на дизельном тягаче Canadian Hydrogen Energy Company

Возможно, «Бортовой генератор водорода» содержит ячейку Стэнли Мейера (патент США 4936961 «Способ получения топливного газа» [10]), т.к. для его работы нужна дистиллированная вода, а не электролит. Основой энергоблока его багги (рис. 2 а) является конвертер (рис. 2 в) – сборка из 9 ячеек Мейера (рис. 2 б), где молекулы воды под воздействием электрических импульсов, соответствующих их резонансной частоте, разру-шаются, а водород и кислород сгорают в обычном ДВС.



а) б) в)

Рис. 2. Багги «WATER POWERED Car», ячейка Мейера и конвертер Мейера

Несмотря на подробное описание, многочисленные энтузиасты по всему миру безуспешно пытаются повторить изобретение Мейера. Возможно, в описании искажены условия возникновения резонанса, если предположить, что молекулы воды раскачивают не электрические импульсы, как утверждает Мейер, а вибрация самой ячейки. т.е., она сама является объёмным резонатором для молекул воды, как корпус гитары. Поэтому размеры ячейки следует уточнить.

В примере к патенту приведены данные: длина трубок 4 дюйма, диаметр внешней трубки ¾ дюйма, калибр16; внутренней – ½ дюйма, калибр 18 (толщина стенок h_1 = 0.06 дюйма, h_2 = 0.049 дюйма).

Вычислим недостающие исходные размеры и занесем их в таблицу :

внешний диаметр внешней трубки:	D_1 = 0.75” * 25.4 = 19.05 мм;
толщина стенки внешней трубки:	h_1 = 0.06” * 25.4 = 1.524 мм;
внутренний диаметр внешней трубки:	$d_1 = D_1 - 2h_1$ = 16.00 мм;
внешний диаметр внутренней трубки:	D_2 = 0.5” * 25.4 = 12.70 мм;
толщина стенки внутренней трубки:	h_2 = 0.049” * 25.4 = 1.245 мм;
внутренний диаметр внутренней трубки:	$d_2 = D_2 - 2h_2$ = 10.21 мм;
зазор между трубками:	$c = (d_1 - D_2)/2$ = 1.65 мм;
длина трубок:	L = 4” * 25.4 = 101.6 мм.

По описанию в патенте, ячейка Мейера – это две вставленные одна в другую, но не соприкасающиеся стальные трубки, заполненные водой (Мейер называет их «водяной конденсатор»). Внешняя трубка соединена с общим проводом, а на внутреннюю трубку подаются импульсы положительной полярности. Но если на пластины плоского конденсатора подать напряжение – они друг к другу притянутся, отключить – вернутся назад. А если подавать импульсы – будут вибрировать. Точно так же будут вибрировать и трубки, на доли микрона увеличивая и уменьшая свой диаметр.

Вибрирующие внутренние стенки внутренней трубки вызывают в налитой в неё воде продольные волны (волны сжатия и разрежения). При резонансе образуются не бегущие, а стоячие волны (рис. 3). Они не переносят энергию, а накапливают её. Дважды за период энергия стоячей волны превращается то полностью в потенциальную, сосредоточенную вблизи узлов, то полностью в кинетическую, сосредоточенную вблизи пучностей. То есть, происходит переток энергии от каждого узла к соседним пучностям и обратно. Это и может быть причиной разрушения молекул воды.

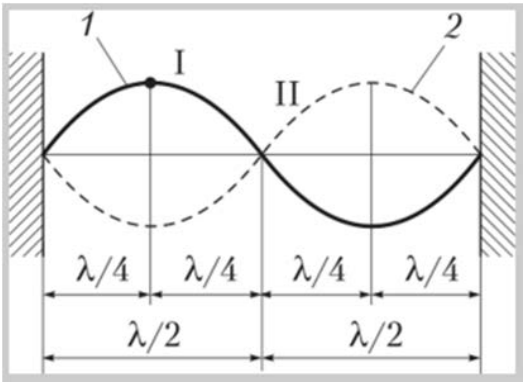


Рис. 3. Схема образования стоячей волны:
1 – падающая волна, 2 – отраженная волна, I – пучность, II – узел

В поперечнике трубки стоячие волны получаются, если её диаметр равен или кратен половине длины волны. В столбе воды внутри трубки стоячие волны образуются, если длина трубки также кратна половине длины волны.

Чтобы раскачать молекулы воды до саморазрушения, частота вибрации трубок должна совпасть с резонансной частотой собственных колебаний мо-лекул воды ($\omega = 1.1851^{*}10^{11}c^{-1}$ [11]).

Собственная частота колебаний трубок: $f = \omega/2\pi$ = 18861 МГц.

Длина волны первой гармоники импульсов: $\lambda = c_в/f$ =11.95 мм,

где $c_в$ = 225341 км/с – скорость света в воде.

Тогда внутренний диаметр внутренней трубки: $D = \lambda$ = 11.95 мм.

Длина трубки, наиболее близкая к исходной: $L = 8.5\ \lambda$ = 101.6 мм.

Уточним и внесем в таблицу остальные размеры трубок Мейера: зазор между трубками возьмем близкий к исходному, а толщину стенок выберем с учетом жесткости и веса изделия – на резонанс они не влияют:

внутренний диаметр внутренней трубки: d_2* = 11.95 мм;

толщину стенки внутренней трубки выберем равной: h_2* = 1.525 мм;

внешний диаметр внутренней трубки: D_2* = d_2* + 2h_2* = 15.00 мм;

зазор между трубками выберем равным: c* = 1.5 мм;

внутренний диаметр внешней трубки: d_1* = D_2* + 2c* = 18.00 мм;

толщину стенки внешней трубки выберем равной: h_1* = 1.5 мм;

внешний диаметр внешней трубки: D_1* = d_1* + 2h_1* = 21.00 мм;

длина трубок: L* = 101.6 мм.

Очевидно, ошибка в определении внутреннего диаметра внутренней трубки как раз и приводит к нарушению условий резонанса.

Таблица

Исходные и уточненные размеры элементов ячейки Мейера

Параметр	Исходное значение, мм	Уточненное значение, мм
Внутренний диаметр внутренней трубки	10.21	11.95
Толщина стенки внутренней трубки	1.245	1.525
Внешний диаметр внутренней трубки	12.70	15.0
Зазор между трубками	1.588	1.5
Внутренний диаметр внешней трубки	16.00	18.0
Толщина стенки внешней трубки	1.65	1.5
Внешний диаметр внешней трубки	19.05	21.0
Длина трубок	101.6	101.6

Результаты и обсуждение. Заметим, что длина трубки, указанная Мейером, точно совпала с вычисленной. Это косвенно доказывает, что расчетные размеры верны. Мейер в патенте просто не мог указать другую длину, ведь это легко проверить: конвертер был передан в патентное бюро. А вот стандартные «трубные» диаметры трубок ½” и ¾” выглядели вполне естественно, только резонансные частоты молекул воды и ячейки при этом не совпадали. Это, видимо, было одним из его ноу-хау.

Выводы

1. Исследования показывают, что небольшая добавка водорода повышает полноту сгорания и сокращает расход моторного и дизельного топлива, а также снижает объём выбросов вредных веществ в атмосферу.

2. Бортовые генераторы водородосодержащего газа - оптимальное решение проблемы бесперебойного снабжения сельхозтехники водородом.

3. Бортовой генератор водорода на базе конвертера Мейера может быть ра-ботоспособен. Работы в этом направлении следует продолжить.

Библиографический список

1. Каменев В.Ф., Фомин В.М., Апелинский Д.В., Хергеледжи М.В. Генериро-вание водородосодержащего газа на борту транспортного средства. // Из-вестия МГТУ

«МАМИ» №1 (15). 2013.

2. Коротков В.С., Залетов Д.В., Подсухин Р.А. Разработка системы получения водородного топлива для двигателя внутреннего сгорания в составе автономной гибридной энергетической системы // Современные проблемы науки и образования. № 5. 2013. [Электронный ресурс]. URL: http://science-education.ru/ru/article/view?id=10114.

3. Певнев Н.Г., Понамарчук В.В. Перспективы комбинирования моторного топлива путем применения водородосодержащей добавки // Омск: Вестник СибАДИ, выпуск 2 (48). 2016.

4. Горшков Н.В., Родионов В.В., Новожилов Е.П. Использование электроли-зёров водорода для активации топливовоздушной смеси ДВС автомобиля // Совершенствование технологий и организации обеспечения работоспо-собности машин: сб. науч. трудов, с.36-40. Саратов: СГТУ. 2009.

5. Фомин В.М., Бендик М.М., Сидоров М.И. Применение водорода в качестве компонента смесевого топлива для транспортных дизелей // Горный информационно-аналитический бюллетень, №12, с.161-167. Изд-во МосГГУ. 2006.

6. Шаяхметов А.Б., Байбатыров Т.А. Применение водородного топлива в дизельных двигателях // Вестник КазНТУ, №1, с. 293–297. 2015.

7. Madhujit D., Sastry G. R. K., Panua R. S., Banerjee R., Bose P. K. (2015). Effect of Hydrogen-Diesel Dual Fuel Combustion on the Performance and Emission Characteristics of a Four Stroke-Single Cylinder Diesel Engine // International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering Vol:9 No: 6.

8. Y. Dilip Kumar. (2017). Performance Evaluation of Hydrogen-Diesel Dual Fuelled Engine. // International Journal of Computational Engineering Research (IJCER), vol. 7, no. 12, pp. 08-13.

9. Stephen Leahy. (2005). Truckers choose hydrogen power. // WIRED.com. Transportation, 15 Nov. URL: https://www.wired.com/2005/11/truckers-choose-hydrogen-power/

10. Stanley Meyer. Patent US4936961. Method For The Production Of A Fuel Gas. Jun. 26, 1990.

11. Ерёмина Н.В. Поляризация молекулы воды, закрепленной на поверхности диэлектрика / Автореферат дис. к. ф-м наук, с.17. Благовещенск. 2008. // Российская государственная библиотека. [Электронный ресурс]. URL: https://dlib.rsl.ru/viewer/01003450693#?page=17

References

1. Kamenev V.F., Fomin V.M., Apelinskij D.V., Hergeledzhi M.V. (2013). Generirovanie vodorodosoderzhashchego gaza na bortu transportnogo sredstva. [Generation of hydrogen-containing gas on Board the vehicle].

Izvestiya MGTU «MAMI» [News MGTU 'MAMI']. No.1 (15).

2. Korotkov V.S., Zaletov D.V., Podsuhin R.A. (2013). Razrabotka sistemy polucheniya vodorodnogo topliva dlya dvigatelya vnutrennego sgoraniya v sostave avtonomnoj gibridnoj ehnergeticheskoj sistemy [Development of a system for producing hydrogen fuel for an internal combustion engine as part of an autonomous hybrid energy system]. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya [Modern problems of science and education]. No.5.

3. Pevnev N.G., Ponamarchuk V.V. (2016). Perspektivy kombinirovaniya motornogo topliva putem primeneniya vodorodosoderzhashchej dobavki [The prospects of combining the motor fuel by the use of hydrogenous additive]. Omsk: Vestnik SibADI [Omsk: Bulletin SibADI]. No.2 (48).

4. Gorshkov N.V., Rodionov V.V., Novozhilov E.P. (2009). Ispol'zovanie ehlek-trolizyorov vodoroda dlya aktivacii toplivovozdushnoj smesi DVS avtomobilya [The use of hydrogen electrolyzers to activate the fuel-air mixture of the vehicle's internal combustion engines]. Sovershenstvovanie tekhnologij i organizacii obespecheniya rabotosposobnosti mashin: sb. nauch. trudov [Improvement of technology and organization of providing the efficiency of machines: collection of scientific papers]. Saratov: SGTU, pp.36–40. (In Russian).

5. Fomin V.M., Bendik M.M., Sidorov M.I. (2006). Primenenie vodoroda v kachestve komponenta smesevogo topliva dlya transportnyh dizelej [The use of hydrogen as a component of mixed fuel for transport diesel engines]. Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten' [Mining information and analytical Bulletin]. MosGGU. No.12, pp.161–167.

6. SHayahmetov A.B., Bajbatyrov T.A. (2015). Primenenie vodorodnogo topliva v dizel'nyh dvigatelyah [The use of hydrogen fuel in diesel engines]. Vestnik KazNTU [Bulletin KazNTU], No.1, pp.293–297.

7. Madhujit D., Sastry G. R. K., Panua R. S., Banerjee R., Bose P. K. (2015). Effect of Hydrogen-Diesel Dual Fuel Combustion on the Performance and Emission Characteristics of a Four Stroke-Single Cylinder Diesel Engine. International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering Vol:9 No: 6.

8. Y. Dilip Kumar. (2017). Performance Evaluation of Hydrogen-Diesel Dual Fuelled Engine. International Journal of Computational Engineering Research (IJCER), vol. 7, no. 12, pp. 08-13.

9. Stephen Leahy. (2005). Truckers choose hydrogen power. WIRED.com. Transportation, 15 Nov. URL: https://www.wired.com/2005/11/truckers-choose-hydrogen-power/

10. Stanley Meyer. Patent US4936961. Method For The Production Of A Fuel Gas. Jun. 26, 1990.

11. Eremina N.V. (2008). Polyarizaciya molekuly vody, zakreplennoj na poverhnosti dielektrika [Polarization of a water molecule fixed to the dielectric surface]. // Extended abstract of candidate's thesis, p.17. Blagoveshchensk. Available at: Russian state library, https://dlib.rsl.ru/viewer/01003450693#?page=17

УДК 621.89 + 665.7.035

ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ МДО-ПОКРЫТИЙ В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛАХ

[1]Никита Сергеевич Почес, магистр,e-mail: nikitapoches@gmail.com,
[1]Владимир Николаевич Малышев, доктор технических наук, профессор vmal@inbox.ru;
Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина
AC2T research GmbH, Виктор Каплан-Штрассе 2/c, 2700 Винер-Нойштадт, Австрия.
Анатолий Валентинович Чавдаров, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: info@firma-tom.ru;
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ

Реферат. *Основной тенденцией развития техники и технологии является постоянное повышение скоростей и нагрузок, реализуемых в машинах и оборудовании. Помимо этого, снижение размеров конструкций ведет к постоянному увеличению их удельной мощности. При этом в особо тяжелых условиях работают узлы трения, как правило, смазываемые различными маслами. Вопрос утилизации отработанных масел представляет собой отдельную сложную проблему. В связи с чем, существенный тренд приобретают так называемые «зеленые» масла и смазки, или экологически безопасные смазочные материалы. Настоящее исследование посвящено вопросам износостойкости МДО-покрытий, сформированных на алюминиевых сплавах Д16 и В95 (аналогах сплавов 2024 и 7075) в экологических смазочных материалах и представляет собой обобщение и анализ результатов. Представлены результаты испытаний пар трения, составленных из МДО-покрытий и стали ШХ15 (аналога стали 100Cr6) на машинах трения «SRV3» по схеме «шарик по диску» и на специально разработанной установке по схеме трения «штифт по диску». В процессе испытаний контролировался коэффициент трения, и измерялись величины объемного и массового износа. Установлено, что МДО-покрытия, сформированные на сплаве В95 при больших контактных давлениях, показывают коэффициент трения ниже, чем покрытия на сплаве Д16, и имеют меньший износ, при всех видах контакта. Влияние смазочной среды также сказывается на результатах испытаний. Наилучшие результаты показали масла на основе DITA и PEG, а для небольших контактных нагрузок можно использовать масло на основе PAO.*

Ключевые слова: *микродуговое оксидирование, триботехнические характеристики, экологические смазочные материалы, покрытия.*

TRIBOLOGICAL STUDIES OF WEAR RESISTANT MAO-COATINGS IN ECOLOGICAL LUBRICANTS

Nikita S. Poches1,
Vladimir N. Malyshev,
Nicole Dörr 2
Dr.-Ing. Manel Rodriguez Ripoll
Manel.Rodriguez.Ripoll@ac2t.at
Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University), Moscow, Russia.
AC2T research GmbH, Viktor Kaplan-Straße 2/c, 2700 Wiener Neustadt, Austria A.V. Chavdarov
Federal Scientific Agroengineering Center VIM

Abstract. *The main trend of development of engineering and technology is the constant increase in speeds and loads, implemented in machines and equipment. In addition, reducing the size of structures leads to a permanent increase in their power density. At the same time, the friction knots operate under especially difficult conditions, even being lubricated by different lubricants. The question of recycling used lubricants represents a distinct complicated problem. In this connection, so-called "green" lubricants or in other words ecological safe lubricants have a significant trend now. This study is devoted to the problems of wear resistance of MAO-coatings formed on aluminum alloys D16 and B95 (analogues of alloys 2024 and 7075) in ecological lubricants and represents a generalization and analysis of test results. There are represent the tests of friction pairs consisted from MAO-coatings and steel ШХ15 (analogue of steel 100Cr6) made on a friction machine "SRV3" according to the "ball-on-disk" scheme and on a specially designed installation according to the friction scheme "pin on the disk". The friction coefficient and the volume and mass wear were measured during the tests. It is established that MAO-coatings formed on alloy B95 at high contact pressures show a friction coefficient lower than coatings on alloy D16, and have a lesser wear, for all types of contact. The influence of the lubricants also affects the test results. The best results showed lubricants based on DITA and PEG, and for low contact loads, it can be used lubricant on PAO base.*

Keywords: *Microarc oxidation, tribological properties, ecological lubricants, coatings.*

Введение. Традиционно вопрос повышения работоспособности пар трения решается двумя путями: подбором оптимальных, в требуемом температурном диапазоне, смазочных сред и модификацией поверхностного слоя пар трения для повышения стойкости к изнашивающим нагрузкам [1].

Многообещающим в первом случае выглядит развитие и использование экологически безопасных смазочных материалов. В настоящее время большую часть применяемых смазочных материалов составляют минеральные масла, от утилизации которых система очистки окружающей среды сильно перегружена [2-4]. При этом природоохранное законодательство постоянно ужесточается и, как следствие, затраты на утилизацию смазочных материалов будут увеличиваться, что сделает более выгодным развитие производства экологически безопасных продуктов [5].

С другой стороны, повышение износостойкости обеспечивается модифи-

кацией поверхности с целью улучшения физико-механических характеристик. Одной из перспективных технологий в этом смысле является процесс микродугового оксидирования (МДО) [6-7], позволяющий получать покрытия с широким набором свойств: высокой износостойкостью, теплостойкостью, коррозионной и эрозионной стойкостью, высокими эксплуатационными показателями [8-9]. Идея данной технологии лежит в создании на поверхности изделий при воздействии микродуговых разрядов высокопрочного керамикоподобного покрытия, которое состоит в основном из окислов алюминия, в том числе наиболее прочной его фазы – α-Al2O3 (корунда) и прочих соединений. Также известно [10], что механические свойства покрытия зависят от механических свойств материала подложки.

Цель исследования – целью данной работы являлось исследование влияния материала основы на триботехнические характеристики МДО-покрытий при трении в экологических смазочных материалах.

Материалы и методы. Образцы для испытаний были выполнены из алюминиевых сплавов Д16 и В95. Для формирования покрытий были использованы три типа щелочных электролитов (далее электролит №1, №2 и №3 соответственно). Перед формированием покрытий образцы предварительно притирались, затем производилась формовка покрытий.

Далее образцы снова притирались с применением алмазной пасты, полировались, выполнялся контроль толщины и оценка пористости покрытия методом компьютерного анализа изображений [11].

Испытания на трение и изнашивание проводились по двум схемам: «шарик по диску» и «штифт по диску». В ходе экспериментов контролировались коэффициент трения и величина износа.

Испытания по схеме «шарик по диску.

На данном этапе использовались следующие образцы: шарик диаметром 10 мм из стали 100Cr6 (аналог стали ШХ15) и диски с МДО-покрытием размером Ø24x6. В таблице 1 приведены значения толщины и пористости МДО-покрытий, в зависимости от используемого электролита.

Таблица

Средние значения толщины и пористости покрытия в зависимости от используемого электролита

Состав электролита	Средняя толщина покрытия, мкм		Средняя пористость покрытия, %	
	Д16	В95	Д16	В95
№1	84	150	26,6	24
№2	77	127	35,7	13,5
№3	-*	137	-*	3,36

**Примечание: для сплава Д16 электролит №3 не использовался.*

В качестве смазочных материалов использовались масла на основе полиальфаолефинов (PAO), полиэтиленгликоля (PEG) и диизотридецил адипата (DITA).

Испытания проводились на машине трения SRV3, которая реализует схему трения «шарик по диску».

Исследования проводились при возрастающей и постоянной нагрузке. При выполнении экспериментов с возрастающей нагрузкой параметры были следующие: частота колебаний 50 Гц; перемещение 1 мм; температура окружающей среды 40 °С; нагрузка увеличивалась от 400 Н до 600 Н на 25 Н через каждые 7 минут; длительность испытания 80 минут; минимум 2

измерения на один тип смазочного материла.

По результатам испытаний с возрастающей нагрузкой отбирались лучшие образцы масел для экспериментов с постоянным значением нагрузки.

При испытаниях с постоянной нагрузкой менялась величина нагрузки при одной и той же длительности. Время эксперимента составляла 60 минут, а нагрузка – 400 и 600 Н.

Испытания по схеме «штифт по диску»

На данном этапе образцы выполнялись в виде штифтов размером Ø10х8 с МДО-покрытием. В качестве контртела был использован диск диаметром 110 мм из стали 100Cr6 (аналог стали ШХ15).

Для испытания на трение использовалась экспериментальная установка, реализующая схему трения «штифт по диску». Рабочая часть установки оснащалась тензометрическим датчиком с тензорезисторами, сигнал с которого передавался на усилитель и далее на осциллограф, подключенный к ноутбуку, с помощью которого фиксировались результаты.

Стальной диск в установке фиксировался при помощи прижимной шайбы. Нагружающее устройство выполнено в виде штока, перемещавшегося в направляющих с помощью подшипников качения. На одном конце штока при помощи винта фиксировался держатель для штифтов, на другом - устанавливались грузы.

При выполнении исследований измерения повторялись дважды и параметры были следующие: нагрузка 200 Н; частота вращения диска 38 об/мин; длительность 60 минут; два вида испытаний: со смазочным материалом на контакте и со смазкой, оставшейся в порах (аварийный режим или так называемый «режим масляного голодания»).

На основании результатов испытаний по схеме «шарик по диску» в качестве смазочных материалов для схемы «штифт по диску» были отобраны масла PEG, PAO и DITA, кроме того, состав смазочных материалов расширялся путем добавления присадок. К каждому маслу добавлялась противоизносная присадка на основе дитиофосфата цинка (ZDDF) в количестве 1600 ppm (0,16 %).

В таблице 2 приведены значения толщины и пористости МДО-покрытий в зависимости от используемых электролитов.

Таблица 2

Средние значения толщины покрытия в зависимости от используемого электролита

Состав электролита	Средняя толщина покрытия, мкм		Средняя пористость покрытия, %	
	Д16	В95	Д16	В95
№1	100	150	34,7	24
№2		127		13,5
№3	-*	137	-*	3,36

**Примечание: для сплава Д16 электролит №3 не использовался*

Результаты и обсуждение. Результаты испытаний по схеме трения «шарик по диску» с возрастающей нагрузкой

Результаты испытаний по схеме «шарик по диску» с возрастающей нагрузкой приведены на рисунке 1.

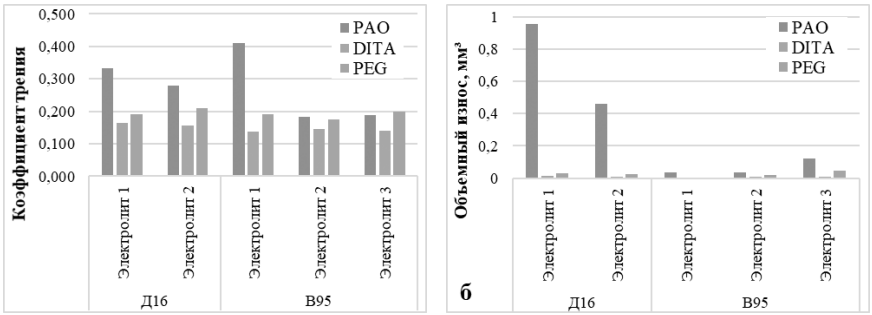


Рис. 1. Средние значения коэффициентов трения (а) и объемного износа (б) после испытаний с возрастающей нагрузкой по схеме трения «шарик по диску»

Сопоставление данных, полученных на сплавах Д16 и В95, наглядно показывает существенное снижение износа образцов, во многом из-за более прочного материала подложки. Также наблюдается небольшое снижение коэффициента трения у покрытий на сплаве В95 практически со всеми испытанными маслами, кроме покрытия, сформированного в электролите №1, при трении в масле PAO.

Результаты испытаний по схеме трения «шарик по диску» с постоянной нагрузкой. При испытаниях с постоянной нагрузкой 400 и 600 Н в маслах PEG и DITA были получены результаты, приведенные на рисунке 2.

Сравнивая полученные на сплавах Д16 и В95 данные, можно отметить что масло DITA показывает лучшие результаты коэффициентов трения почти на всех покрытиях при обеих нагрузках, кроме образцов, полученных в электролите №1 при 400 Н и в электролите №3 при 600 Н.

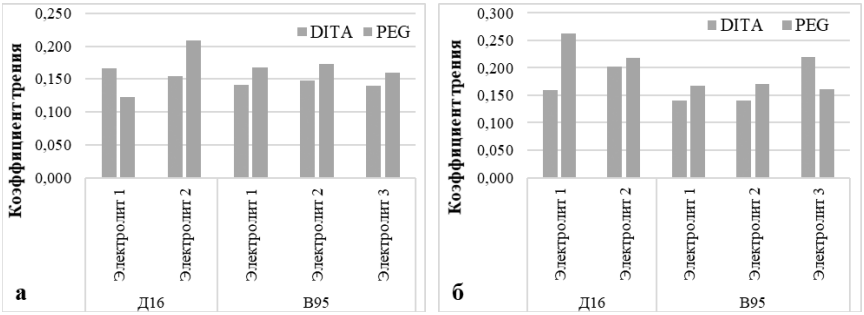


Рис. 2. Среднее значение коэффициента трения при постоянной нагрузке 400 Н (а) и 600 Н (б) при испытаниях по схеме трения «шарик по диску»

Результаты испытаний по схеме трения «штифт по диску»

При испытаниях по схеме «штифт по диску» со смазочным материалом (рисунок 3, а-в) наблюдается снижение коэффициента трения со всеми маслами кроме PEG и смеси DITA+ZDDP для покрытия, сформированного в электролите №2. Поскольку после испытаний со смазочным материалом у покрытий на сплаве В95 был выявлен прирост массы, то сравнить реальный износ не представлялось возможным. Однако при испытаниях в аварийном режиме образцы на сплаве Д16 имели большую потерю массы. При испытаниях в аварийном режиме покрытия на сплаве В95 продемонстрировали повышенный коэффициент трения. Наилучшие результаты проявились у масел PAO и PAO+ZDDP.

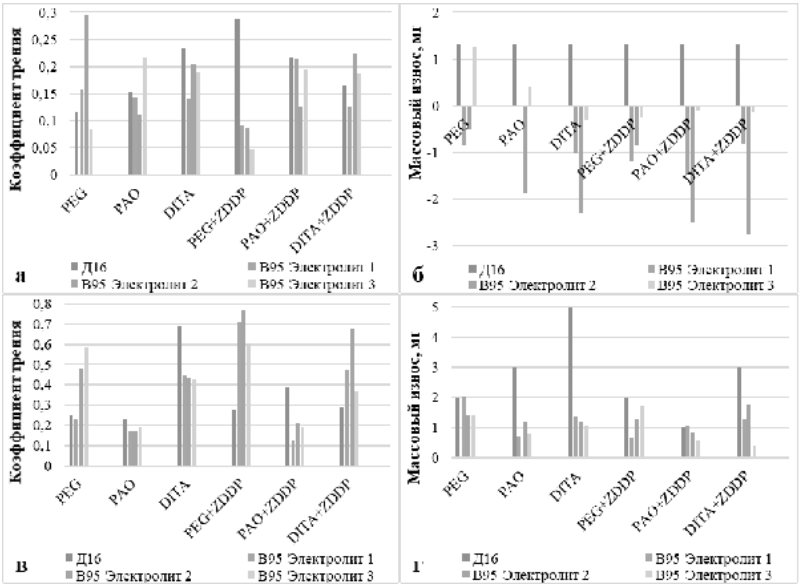


Рис. 3. Средние значения коэффициентов трения (а,в) и массового износа (б,г) после испытаний со смазочным материалом(а,б) и в аварийном режиме (в,г) по схеме трения «штифт по диску»

Выводы. В результате проведенной работы можно сделать следующие выводы:

• покрытия, сформированные на сплаве В95 при больших контактных давлениях, демонстрируют коэффициент трения ниже чем на сплаве Д16;

• на образцах МДО-покрытий на сплаве В95 получен меньший износ, чем на покрытиях на сплаве Д16 при всех видах контакта;

• при испытаниях образцов покрытий на сплаве В95 по схеме трения «штифт по диску» в условиях смазки контакта износ образцов с МДО-покрытием не был выявлен, что связано, очевидно, с трудностью удаления смазочного материала из пор покрытия.

Библиографический список

1. Malyshev, V.N., N. Dörr, O.Yu. Elagina, M. Rodriguez-Ripoll and N.S. Poches, 2017. The research of MAO-coatings' tribological behavior in different lubricants. ÖTG-Symposium 2017: "Tribologie in Industrie und Forschung. Neue Aufgaben – Innovative Lösungen", Österreichische Tribologische Gesellschaft, pp: 193-293.

2. Манг Т., Дрезель У. Смазки. Производство, применение, свойства. Справочник / под ред. В.М. Школьникова. СПб.: ЦОП «Профессия», 2015. 944 с., ил.

3. Фитч Дж., Тройер Д. Анализ масел. Основы и применение / Пер. с англ. 2-го изд.; под ред. Е.А. Новикова, М.В Кирюхина. СПб.: ЦОП «Профессия»,.2015. 176 с..

4. РудникЛ.Р. . Присадки к смазочным материалам. Свойства и применение: пер. с англ. яз. 2-го изд. под ред. А.М. Данилова. СПб.: ЦОП «Профессия», 2013.928 с.

5. Евдокимов А.Ю., Фукс И.Г., Шабалина Т.Н., Багдасаров Л.Н. Смазочные материалы и проблемы экологии. М.: Нефть и газ: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2000. 422. с.: ил., табл.

6. Крит Б., Людин В., Суминов И. и др. МДО-синиез нанокерамических слоев на деталях из металлов и сплавов. // Наноиндустрия. 2010. №2. С. 12-13.

7. Малышев В.Н. Модифицирование поверхностного слоя деталей методом ми-

кродугового оксидирования: состояние, возможности, перспективы // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. 2014. №1. С.15-20.

8. Малышев В.Н. Оценка износостойкости керамических покрытий, сформированных методом микродугового оксидирования // сб. трудов международной научно-практич. Конференции «Фундаментальные проблемы и современные технологии в машиностроении». М.: Машиностроение, 2010. С. 571.

9. Погребняк А.Д., Каверина А.Ш., Кылышканов М.К. Электролитно-плазменная технология для нанесения покрытий и обработки металлов и сплавов // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2014. №1.

10. Микродуговое оксидирование (теория, технология, оборудование)/И.В. Суминов и др. – М.: ЭКОМЕТ. 2005. 368 с.: ил.

11. Малышев В.Н., Вольхин А.М. Методика определения пористости покрытий. // Сборник статей «Прогрессивные технологии в машиностроении» XI Международной научно-практической конференции.Пенза: ПДЗ.2016. С.26-30.

References

1. Malyshev, V.N., N. Dörr, O.Yu. Elagina, M. Rodriguez-Ripoll and N.S. Poches, 2017. The research of MAO-coatings' tribological behavior in different lubricants. ÖTG-Symposium 2017: "Tribology in industry and research. New Tasks - Innovative Solutions", Austrian Tribological Society, pp: 193-293.

2. Mang T., Drezel U. Lubricants. Production, application, properties. Reference book / trans. With the English. 2nd ed.; Ed. V.M. Shkolnikova, St. Petersburg: OCP "Profession", Ill, 944 p., 2015.

3. Fitch J., Troyer D. Analysis of oils. Fundamentals and applications / Trans. With the English. 2nd ed.; Ed. E.A. Novikova, M.V. Kiriukhina, St. Petersburg: OCP "Profession", 176 p., 2015 (in Russian).

4. Rudnik L.R.. Additives for lubricants. Properties and application: Trans. With the English. 2nd ed.; Ed. A. M. Danilov, St. Petersburg: OCP "Profession", 928p., 2013 (in Russian).

5. Lubricants and problems of the ecology / A.Yu. Evdokimov, I.G. Fuks, T.N. Shabalina, L.N. Bagdasarov. – Moscow, Oil and gas: Gubkin state university of oil and gas, 2000. – 422p.

6. Krit B., Ludin V., Suminov I. and other. MAO-synthesis of nanoceramic layers on the parts of metals and alloys.// Nanoindustry, 2010, №2, pp.12-13.

7. Malyshev V. N. Modification of the surface layer of parts by the method of microarc oxidation: state, possibilities, prospects // Quality management in the oil and gas complex, no. 1, pp. 15-20, 2014.

8. Malyshev V. N. Wear resistance evaluation of ceramic coatings formed by microarc oxidation method. // Sb. Works of international scientific and practical. Conference "Fundamental problems and modern technologies in mechanical engineering". Moscow. Mechanical Engineering, p. 571, 2010.

9. Pogrebnyak A.D., Kaverina A.Sh., Kylyshkanov M.K. Electrolytic-plasma technology for coating and treatment of metals and alloys// Physical chemistry of surfaces and protection of materials. 2014. №1.

10. Microarc oxidation (theory, technology, equipment)/I.V. Suminov and other. – Moscow, ECOMET, 2005. – 368p.

11. Malyshev V. N., Volkhin A. M. Technique of coatings porosity determining. / Proceeding of XI International technical and scientific conference "Progressive Technology in Modern Mechanical Engineering", Penza, pp. 26-30, 2016 (in Russian).

УДК 621.793:631.3

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРООСАЖДЕННОГО Fe-Ni-P ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Владимир Константинович Астанин[1], доктор технических наук, профессор кафедры эксплуатации транспортных и технологических машин, e-mail: astanin_vk@mail.ru;
Евгений Васильевич Пухов [1], доктор технических наук, заведующий кафедрой эксплуатации транспортных и технологических машин, e-mail: puma231@yandex.ru;
Юрий Александрович Стекольников [2], кандидат технических наук, профессор кафедры химии, e-mail: chimic57@mail.ru;
Виталий Валерьевич Емцев[1], аспирант кафедры эксплуатации транспортных и технологических машин, e-mail: becool92@mail.ru;
[1]ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра 1»
[2]ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина»

Реферат. *Покрытия на основе железа широко используются при восстановлении и упрочнении деталей транспортных и технологических машин и оборудования. Добиться улучшения физико-механических свойств покрытий (микротвердости, износостойкости), в том числе коррозионных и фрикционных свойств покрытий железом можно за счет введения легирующих добавок из металлов и неметаллов. Их введение позволяет повысить коррозионную, абразивно-механическую стойкость, микротвердость, жаростойкость за счет улучшения микроструктуры и структуры покрытия. Использование асимметричного переменного тока так же позволит добиться улучшения физико-механических свойств наносимых покрытий. Метод растровой электронной микроскопии позволил исследовать морфологию и микроструктуру гальванического покрытия сплавом железо – никель-фосфор (Fe-Ni-P), полученного из сульфатного электролита на асимметричном переменном токе, для выявления структурных особенностей покрытия. Основными фазами в сплаве в нестационарном режиме электролиза железо – никель – фосфорного покрытия являются α-Fe, β-Ni, твердый раствор фосфора в $Fe_{\alpha}Ni$, а так же дополнительная фаза $FeSO_4$. Особенностью структуры является наличие аморфно-нанокристаллической структуры. Введение фосфора в состав покрытия оказывает решающее влияние на функциональные свойства гальванических осадков Fe-Ni-P. В этом случае повышаются значения микротвердости в 1,5-2 раза, коррозионной стойкости в 3-4 раза по сравнению с железо - никелевыми покрытиями, полученными на тех же режимах осаждения. Термообработка железо – никель - фосфорного покрытия увеличивает их микротвердость и коррозионную стойкость за счет образования интерметаллических фаз. Термообработка при 400 0С в защитной атмосфере приводит к увеличению микротвердости.*

Ключевые слова: *покрытия Fe-Ni-P, коррозионная стойкость, микротвердость, сульфатный электролит, асимметричный переменный ток.*

THE USE OF ELECTRODEPOSITED FE-NI-P COATING FOR RESTORING PARTS OF AGRICULTURAL MACHINERY

Voronezh State Agricultural University named after Emperor Peter the Great 1
Elets State University named after I. A. Bunin

Abstract. *Iron-based coatings are widely used in the restoration and strengthening of parts of transport and technological machines and equipment. To improve the physical and mechanical properties of coatings (microhardness, wear resistance), including corrosion and friction properties of iron coatings can be due to the introduction of alloying additives of metals and non-metals. Their introduction allows to increase corrosion, abrasive-mechanical resistance, microhardness, heat resistance by improving the microstructure and structure of the coating. The use of asymmetric alternating current will also improve the physical and mechanical properties of the coatings. The method of scanning electron microscopy allowed to study the morphology and microstructure of galvanic coating with iron – Nickel-phosphorus (Fe-Ni-P) alloy, obtained from sulphate electrolyte on asymmetric alternating current, to identify the structural features of the coating. The main phases in the alloy in non-stationary electrolysis of the iron – Nickel – phosphorus coatings are α-Fe, β-Ni, solid solution of phosphorus in* $Fe_{\alpha}Ni$*, as well as additional phase* $FeSO_4$*. A feature of the structure is the presence of an amorphous nanocrystalline structure. The introduction of phosphorus in the coating has a decisive effect on the functional properties of electroplating precipitation Fe-Ni-P. In this case, the microhardness values are increased by 1.5-2 times, corrosion resistance by 3-4 times compared with iron - Nickel coatings obtained in the same deposition modes. Heat treatment of iron-Nickel-phosphorus coating increases their microhardness and corrosion resistance due to the formation of intermetallic phases. Heat treatment at 400 0C in a protective atmosphere leads to an increase in microhardness.*

Введение. Осаждение гальванических покрытий железа и сплавов на его основе широко используются для восстановления геометрических размеров изношенных деталей в ремонте машин из-за высоких функциональных свойств поверхностных слоев (твердости, износо и коррозионной стойкости, антифрикционных характеристик) [2, 4-9]. Предлагаемое Fe-Ni-P покрытие позволит улучшить физико-механические свойства отремонтированных деталей.

Цель исследования – обеспечение высокой износо и коррозионной стойкости, микротвердости покрытий Fe-Ni-P, полученных осаждением на асимметричном переменном токе.

Метериалы и методы. Осаждение Fe-Ni-P покрытия вели на асимметричном переменном токе плотностью ($Д_к$) от 5 до 30 А/дм^2, коэффициентом асимметрии (β) от 2 до 12 и частотой 60 Гц.

Измерение микротвердости осуществлялось на твердомере ПМТ-3 при нагрузке 100-150 кгс. Состав электролита (г/л): серная кислота ((H2SO4) с pH=1,0-0,6) – 350-400 г/л: сернокислое железо ($FeSO_4$•$7H_2O$) – 150-350 г/л, никель сернокислый ($NiSO_4$) – 10-75 г/л, гипофосфит натрия ($Na(PH_2O_2)$) – 5-15 г/л, аскорбиновая кислота ($C_6H_8O_6$) – 3-7 г/л. Время электролиза (t) от 1 до 30 минут. Толщина покрытий варьировалась от 10 до 300 мкм.

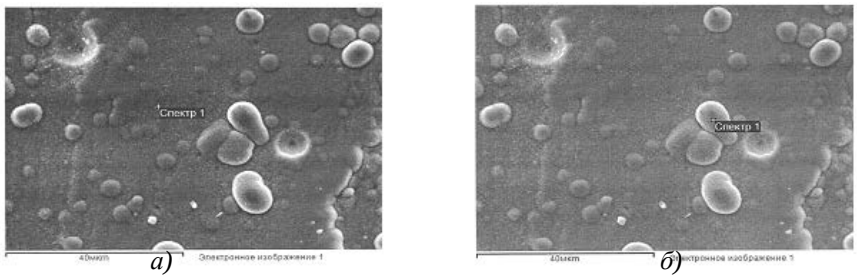
Морфология поверхности и элементный состав исследовали с помощью

микроскопа ЦКПНО ВГУ JEOL-JSM-6380LV с приставкой для энергодисперсионного элементного анализа.

В ряде случаев покрытия подвергались термообработке в муфельной печи в течение 0,5-1 часа при 400 0С с охлаждением в воздушной атмосфере.

Результаты и обсуждения. Исследование морфологии (микроструктуры) поверхности покрытий сплавами Fe-Ni-P в начальные моменты осаждения (t = 1 мин, Дк = 10 А/дм^2, β=12) показало образование массива связанных и несвязанных между собой сфероидальных частиц, которые объединяются в агломераты (рисунок 1).

В покрытии наблюдается углерод, кислород и фосфор. Покрытия Fe-Ni-P отличаются значительным содержанием фосфора (5,25-7,11 вес.%).



а) *б)*

Рис. 1. Морфология поверхности покрытия сплавом Fe-Ni-P при элементном составе: а – на сформировавшейся поверхности, б – в центре кристаллизации

Из литературных данных известно [3,10], что повышенное содержание фосфора в покрытиях железа способствует уменьшению внутренних напряжений, блокирует образование микротрещин и их развитие.

В таблице приведен суммарный спектр элементного состава покрытия Fe-Ni-P, полученного при указанных условиях электролиза в сформировавшейся поверхности (рисунок 1 а) и центре кристаллизации (рисунок 1 б). Включение углерода и кислорода в покрытие обусловлено распадом аскорбиновой кислоты. Увеличение времени электролиза от 10 минут до 1 часа приводит к увеличению содержания фосфора в покрытии до 9,5-10,1%, никеля до 17,5-18%, за счет уменьшения содержания железа.

Таблица

Элементный состав покрытия Fe-Ni-P в зависимости от условий осаждения ($Д_к$ = 10 А/дм^2, β=12, t=10 мин)

Элемент	Ni	C	P	Fe	O	Итого
Содержание, вес.% (рисунок 1а)	10,4	8,51	5,25	67,6	8,24	100
Содержание, вес.% (рисунок 1б)	8,24	6,62	7,11	63,83	14,2	100

С возрастанием содержания фосфора в покрытии формируется сплошное равномерное глобулярно-сфероидальное покрытие со слоисто-блочной структурой, которое и влияет на значение микротвердости (рисунок 2).

После термообработки микротвердость покрытий повышается и достигает значений 950-1090 кгс/мм^2 (рисунок 2 кр.5). Включение углерода в покрытие по данным [1,3] служит барьером для предотвращения движения дислокаций, вакансий, дефектов структуры, что сказывается на развитии микротрещин, а в целом влияет на физико-механические свойства (в сторону увеличения): микротвердости, износостойкости, а так же коррозионной стойкости по…..?

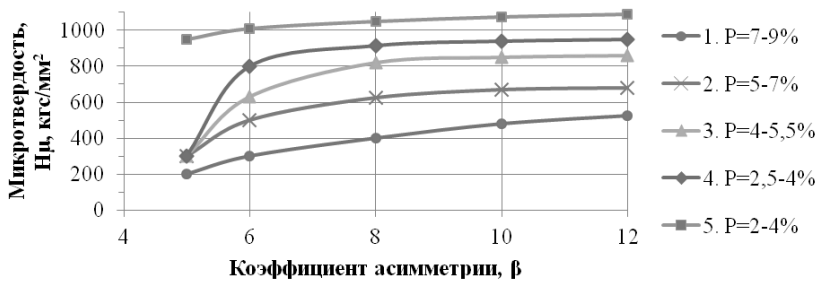


Рис. 2. Зависимость микротвердости покрытий Fe-Ni-P от плотности тока и коэффициента асимметрии: 1 – 5 А/дм², 2 – 10 А/дм², 3 – 20 А/дм², 4 – 30 А/дм², 5 – 30 А/дм² с термообработкой

Выводы. Осаждение Fe-Ni-P покрытия на асимметричном переменном токе в интервале плотностей от 15 до 30 А/дм2, с коэффициентом асимметрии 4-12 приводит к формированию на поверхности деталей сплошных сфероидально-глобулярных структур. Наличие в поверхностных слоях повышенного содержания фосфора в покрытии обеспечивает высокую износо и коррозионную стойкость, микротвердость, которая возрастает после термообработки, что позволяет их рекомендовать для восстановления деталей сельскохозяйственных машин и оборудования, получения покрытий, сравнимых по твердости с хромовыми покрытиями.

Библиографический список

1. *Гнездилова Ю.П. Исследование микротвердости при электрокристаллизации сплавов на основе железа / Ю.П. Гнездилова, В.В. Серебровский, Н.В. Коняев // Вестник курской с/х академии. – 2009, №1, С. 76-78.*
2. *Емцев В.В. Анализ износов сельскохозяйственных машин // Проблемы развития технологий создания, сервисного обслуживания и использования технических средств в агропромышленном комплексе: материалы международной научно-практической конференции – Ч.I – Воронеж: Воронежский ГАУ. - 2017. – С. 266-270.*
3. *Митухова В.А.. СпицинаА.А. , Цупак Т.Е./ Электроосаждение никеля и сплава никель-фосфор из сульфатно-хлоридного электролита, содержащего малоновую кислоту //Успехи в химии и химической технологии. 2012. Т.26. -№7, С. 116-120.*
4. *Попова С.С. Функциональные покрытия на основе железа // Гальваника и обработка поверхности. - 2001. - Т.9. - №1, С. 34-39.*
5. *Серебровский В.В. Влияние нестационарных режимов электролиза на электроосаждение железных покрытий // Вестник курской с/х академии. – 2008, №1, С. 42-44.*
6. *Серебровский В.В. Электроосаждение и упрочнение бинарных покрытий на основе железа / В.В. Серебровский, Л.Н. Серебровская, Р.И. Сафонов, Ю.П. Гнездилова // Вестник курской с/х академии. - 2015. - №3. – С. 74-76.*
7. *Серебровский В.И. Использование электроосажденных сплавов на основе железа для упрочнения и восстановления деталей машин / В.В. Серебровский, В.И. Серебровский, Б.С. Блинков, Е.С. Калуцкий // Региональный вестник. - 2016. - №1. – С. 41-43.*
8. *Серебровский В.И. Упрочняющее легирование электроосажденного железа / В.В. Серебровский, В.И. Серебровский, Р.И. Сафонов, Ю.П. Гнездилова // Вестник курской с/х академии. - 2015. - №4. – С. 68-71.*

9. Стекольников Ю.А. Восстановление изношенных деталей сельскохозяйственной техники гальваническими покрытиями / Н.Ю. Стекольникова, Ю.А. Стекольников, В.К. Астанин, В.В. Емцев, Э.М. Санников // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. - 2017. - № 133. С. 173-185.

10. Шалимов Ю. Н. Образование дефектов структуры при катодном восстановлении металлов. / Ю. Н. Шалимов, И. А. Токарева, Е. П. Евсеев // Технология машиностроения. – 2014. - №2. - С. 5-12.

References

1. Gnezdilova Yu. P. Research of microhardness at electrocrystallization of iron-based alloys / Yu. P. Gnezdilova, V. V. Serebrovsky, N. B. Konyaev // Bulletin of Kursk agricultural Academy. - 2009, №1, P. 76-78.

2. Emtsev V. V. Analysis of agricultural machinery wear // Problems of development of technologies for creation, maintenance and use of technical means in the agro-industrial complex: materials of the international scientific – practical conference – Part I-Voronezh: Voronezh state UNIVERSITY in Voronezh. - 2017. - P. 266-270.

3. Mituhova V. A. Electrodeposition of Nickel and alloy Nickel-phosphorus, sulphate-chloride electrolyte containing malonic acid / V. A. Mituhova, A. A. Spitsin, I.e. Tupac // Successes in chemistry and chemical technology. - 2012. - Vol. 26. - №7. - P. 116-120.

4. Popova S. S. Functional coatings based on iron // Electroplating and surface treatment. - 2001. - Vol. 9. - №1, P. 34-39.

5. Serebrovsky V. V. influence of non-stationary modes of electrolysis on the electrodeposition of iron coatings // Vestnik of Kursk agricultural Academy. – 2008. - №1. - P. 42-44.

6. Serebrovsky V. V. Electrodeposition of binary and hardening of coatings based on iron / V. V. Serebrovsky, L. N. Serebrovskaya, R. I. Safonov, Y. P. Gnezdilova // Vestnik of Kursk agricultural Academy. - 2015. - №3. - P. 74-76.

7. Serebrovsky V. I. Use of electrodeposited iron-based alloys for hardening and restoration of machine parts / V. Serebrovsky, V. I. Serebrovsky, B. S. Blinkov, E. S. Kalutsky // Regional Bulletin. - 2016. - №1. – P. 41-43.

8. Serebrovsky V. I. Hardening alloying of electrodeposited iron / V. V. Serebrovsky, V. I. Serebrovsky, R. I. Safonov, Y. P. Gnezdilova // Vestnik of Kursk agricultural Academy. - 2015. - №4. - P. 68-71.

9. Stekolnikov Yu. A. Restoration of worn parts of agricultural machinery galvanic coatings / N. Yu. Stekolnikova, Yu. A. Stekolnikov, V. K. Astanin, V. V. Emtsev, E. M. Sannikov // Polythematic network electronic scientific journal of the KubSAU. - 2017. - №133. P. 173-185.

10. Shalimov Yu. N. Formation of structural defects in cathodic reduction of metals. / Yu. N. Shalimov, I. A. Tokareva, E. P. Evseev // Technology of mechanical engineering. - 2014. - №2. - P. 5-12.

УДК 621.793.72

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Борис Андреевич Матюшкин, доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, info@firma-tom.ru;
Виктор Иванович Денисов, ведущий научный сотрудник,
Алексей Александрович Толкачев, младший научный сотрудник, prolait1986@mail.ru;
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *Мировой опыт показывает, что ремонтное производство является экономически оправданным. Восстановление изношенных деталей двигателей внутреннего сгорания способно обеспечить предприятия агропромышленного комплекса (АПК) запасными частями и обеспечить повторное использование изношенных деталей, в частности, гильз цилиндров автотракторных двигателей. Практика показала, что ресурс двигателя во многом зависит от износа деталей цилиндропоршневой группы (ЦПГ) и в первую очередь это относится к гильзам цилиндров. На долю дизельных двигателей сельскохозяйственной техники приходится 36…52% от общего количества отказов. Данный дефект (выход из строя сельскохозяйственной техники из-за износа внутренней поверхности гильз цилиндров) довольно-таки распространён, и связан он не только с неправильной эксплуатацией, но и с особенностями работы цилиндропоршневой группы. Изношенные гильзы цилиндров восстанавливаются в недостаточном количестве из-за отсутствия простых, недорогих, производительных способов восстановления и упрочнения. Качественное восстановление гильз цилиндров при его низкой себестоимости позволит снизить расход новых запасных частей машинотракторного парка. Анализ возможности восстановления гильз цилиндров свидетельствует об их высокой ремонтопригодности. Среди многих технологических процессов восстановления гильз цилиндров двигателей сельскохозяйственной техники заслуживает внимания метод электродуговой металлизации, позволяющий уменьшить интенсивность их износа, восстановить посадочные пояски и внутреннюю поверхность гильз цилиндров, в том числе чугунных и имеющих ребра охлаждения. В работе представлены и проанализированы основные технологические параметры операций по подготовке поверхности гильзы и режимы электродуговой металлизации. Даны рекомендации по практическому внедрению технологии восстановления гильз цилиндров автотракторных двигателей.*

Ключевые слова: *электродуговая металлизация, дизельный двигатель, гильза цилиндра, износостойкость, долговечность.*

APPLICATION OF ELECTRIC ARC METALLIZATION FOR RESTORATION OF CYLINDER LINERS OF DIESEL ENGINES OF AGRICULTURAL MACHINERY

Matyushkin Boris Andreevich, Denisov Viktor Ivanovich, Tolkachev Alexey Alexandrovich Federal State Budget Scientific Institution Federal scientific engineering center VIM

Abstract. *World experience shows that repair production is economically justified. Restoration of worn-out parts of internal combustion engines is able to provide enterprises of agroindustrial complex (AIC) with spare parts and ensure the reuse of worn-out parts, in particular, cylinder liners of automotive engines. Practice has shown that the life of the engine depends on the wear of the cylinder-piston group (CPG) first and foremost, this refers to the cylinder liners. The share of diesel engines of agricultural machinery accounts for 36-52% of the total number of failures. This defect (failure of agricultural machinery due to wear and tear of the inner surface of cylinder liners) is quite common, and it is associated not only with improper operation, but also with the peculiarities of the work of the cylinder group. Worn cylinder liners are restored in insufficient quantity due to the lack of simple, inexpensive, productive ways of restoration and strengthening. High-quality restoration of cylinder liners at its low cost will reduce the consumption of new spare parts of the machine-tractor fleet. Analysis of the possibility of cylinder liners restoration testifies to their high maintainability. Among the many technological processes of restoration of cylinder liners of agricultural machinery, the method of electric arc metallization deserves attention, which allows to reduce the intensity of their wear, to restore the landing belts and the inner surface of cylinder liners, including cast iron and having cooling ribs. In work the basic technological parameters of operations on preparation of a surface of a sleeve and modes of electric arc metallization are presented and analysed. Recommendations for the practical implementation of technology of restoration of cylinder liners of automobile and tractor engines.*

Keywords: *electric arc metallization, diesel engine, cylinder liner, wear resistance, durability.*

Введение. Ресурс двигателя во многом зависит от износа деталей цилиндропоршневой группы (ЦПГ) и в первую очередь это относится к гильзам цилиндров. Изношенные гильзы цилиндров восстанавливаются в недостаточном количестве из-за отсутствия простых, недорогих, производительных способов восстановления и упрочнения. О необходимости и возможности исправления геометрии как наружных, так и внутренних поверхностей гильз отмечено в работах [1, 2].

Сущность электродуговой металлизации (ЭДМ) заключена в расплавлении электрической дугой металла и диспергировании его сжатым воздухом с последующим нанесением на предварительно подготовленную поверхность изделия [3].

Технологический процесс ЭДМ путем нанесения специальных металлических покрытий на рабочую поверхность детали улучшает ее служебные характеристики. Диспергированные частицы металла в жидком и твердожидком состоянии разгоняются в потоке воздуха (газа) при помощи специального устройства (металлизатора) и создают условия для закрепления

металлических частиц на поверхности [4-7].

В теоретическом плане механизм приваривания напыляемых металлических частиц к подложке рассматривают с позиции топохимических реакций при сварке металлов, предложенных Ю. Л. Красулиным и М. Х. Шоршоровым [8]. Взаимодействие металла подложки с металлом частиц покрытия поверхности можно условно представить в виде трех последовательно протекающих стадий: сближение металлов до образования физического контакта, активация контактных поверхностей и их химическое взаимодействие, а также объемное развитие взаимодействия вследствие диффузионного массопереноса через границу раздела поверхностей. Образование прочного соединения между частицами и подложкой осуществляется под действием тепловой и кинетической энергий частиц.

Установлено, что оптимальная дистанция металлизации при напылении дозвуковыми соплами составляет 100-120 мм, сверхзвуковыми от 150 до 220 мм. и зависит от диаметра напыляемой проволоки и критического сечения воздушного сопла. Другая важная технологическая особенность ЭДМ заключена в механизме дробления капель жидкого металла (диспергирование). Механизм дробления достаточно полно обосновали Ю.С. Коробов и В.Н. Бороненков [9-11]. Авторы утверждают, что дробление капель жидкого металла происходит под влиянием газодинамического напора газа, электромагнитных сил и сопротивления воздуха.

В этом процессе можно выделить следующие стадии: локальное повышение активности поверхности твердой подложки под действием давления от удара частицы, переход в активированное состояние за счет внутренней энергии колебания атомов (термическая активация) и образования очагов металлической связи (схватывание). В ВИМ разработана специальная головка к металлизатору (рисунок 1) и разработана технология восстановления внутренней поверхности гильз цилиндров, в том числе чугунных и имеющих рёбра охлаждения.

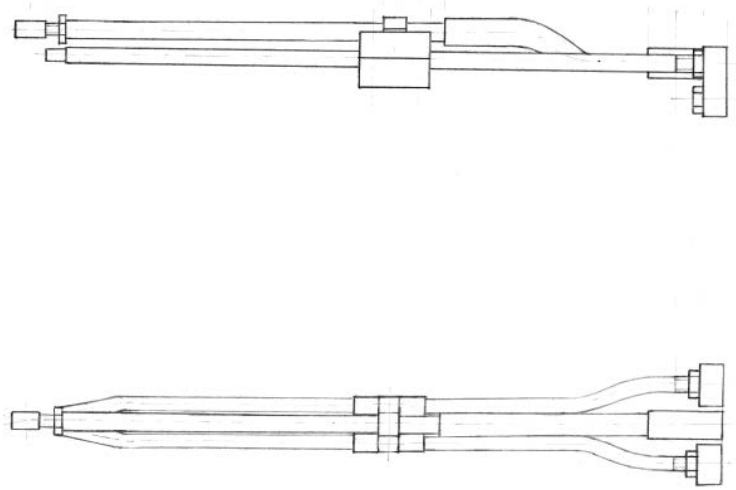


Рис. 1. Специальная головка к металлизатору (распылительная головка): 1– распылительное устройство, 2 – воздуховод, 3 – устройство для подачи проволоки

Перед металлизацией внутренней поверхности гильзы цилиндра применяют два процесса предварительной подготовки детали: 1) токарная обработка и 2) струйно-корундовая обработка.

Токарная обработка.

Диаметр детали занижают на 0,5-0,8 мм на диаметр, чтобы снять поверхностный слой металла, пропитанный маслом или подвергшийся коррозии.

Нарезание рваной резьбы.

При нарезании резьбы вершина резца должна быть смещена вниз относительно центра на 1,5-3 мм, шаг нарезаемой резьбы 0,8-1,5 мм, глубина резания 0,3-0,4 мм. Число оборотов детали 30-60 об/мин.

Для нарезки резьбы берут резец с углом при вершине равным 60о, а передний угол 0-1°.

Струйно-корундовая (пескоструйная) обработка.

Процесс пескоструйной обработки деталей производится в камерах струйно-корундовой или дробеструйной обработки.

Материалы, используемые для струйной обработки: корундовый порошок зернистостью 120-240 - по ГОСТ 3647-80*, ОСТ 2-115-71, или стальная колотая дробь с размером зерна 1,2-1,4 мм или дробь из чугуна ДЧК-1,2, ДЧК-1,4 – по ГОСТ 11964-81. Струйно-корундовая обработка производится не позднее двух часов до начала металлизации. Участок электродуговой металлизации комплектуют компрессором для обеспечения необходимого давления воздуха с учетом производительности, который обеспечивает рабочее давление воздуха 0,5-0,8 МПа и расходе его не менее 1,8 $м^3$/мин.

В качестве источника тока с жесткой вольтамперной характеристикой применяют (ВДУ-506, ВС-600, ТИМЕЗ 500 и другие), которые необходимы для равномерного расплавления металла электродной проволоки и последующего ее диспергирования. При выборе марки проволоки следует учитывать, что металлизированный слой может обладать разной плотностью, твердостью и адгезионно-когезионными свойствами.

Результаты исследований свойств покрытий показали, что адгезия покрытия с увеличением скорости истечения воздуха, (следовательно, и скорость истечения металлизационной струи), повышается, а пористость снижается. При истечении воздуха с дозвуковой скоростью размер расплавленных частиц металла в среднем составляет до 200 мкм. С увеличением скорости истечения воздуха в 2 раза (600м/с) размер расплавленных частиц достигает 30-80 мкм. Режимы металлизации, зависящие от диаметра проволоки и производительности, приведены в таблице .

Таблица

Режимы металлизации в зависимости от диаметра проволоки

Диаметр проволоки, мм	Напряжение дуги V, В	Сила тока I, А	Дистанция метал. L, мм	Давление воздуха P, МПа	Температура напыляемой поверхности, °С
1,6	23-25	80-100	80-100	0,55	60
1,8	26-28	100-140	100-120	0,6	100
2,0	28-32	140-180	120-150	0,6…0,65	100
2,2	32-36	180-220	150	0,6…0,65	100
Давление воздуха P = 0,55…0,65 МПа для всех режимов. Не допускать перегрева напыляемой поверхности. Нужная толщина слоя достигается за несколько проходов. Восстанавливать можно до 7,5 мм.					

После металлизации внутренней поверхности гильзы цилиндра применяют черновое (предварительное) и чистовое (окончательное) хонингования.

При черновом (предварительном) хонинговании расточенной гильзы до ремонтного размера оставляют припуск на окончательное хонингование в пределах 0,01-0,03 мм на диаметр. После предварительного хонингования на внутренней поверхности гильзы не должно быть следов износа, неровностей. Овальность не должна превышать 0,04 мм, а конусность – 0,05 мм (при температуре гильзы, равной температуре окружающего воздуха). Шероховатость поверхности должна быть не ниже 7-го класса чистоты.

Чистовое (окончательное) хонингование заключается в устранении окончательных припусков и создании готовой формы отверстия, которая будет отвечать техническим требованиям, предъявляемым к детали. Вместо хона с крупнозернистыми брусками теперь используется мелкозернистый абразив. Это могут быть алмазные либо керамические бруски (например, бруски КЗЗ-М20 СМ1-С1К).

После окончательного хонингования диаметр внутренней поверхности гильзы должен находиться в пределах допуска на ремонтный размер, а овальность и конусность не должны превышать 0,03 мм. Шероховатость поверхности должна быть не ниже 9-го класса чистоты.

Выводы. Предложен способ восстановления электродуговой металлизацией внутренней и наружной поверхностей гильз цилиндров дизельных двигателей сельскохозяйственной техники, позволяющий обеспечить восстановление гильзы в номинальный размер.

Библиографический список

1. Иванов В.И., Костюков А.Ю., ДенисовВ.А. , Раков Н.В., Потапов А.В. Применение электроискрового и холодного газодинамического методов нанесения металлопокрытий при ремонте блоков цилиндров // Ремонт, восстановление, модернизация. 2012. № 3. С.11-15.

2. Черноиванов В.И., Бобоюдо Л.М., Евтеев В.К. Восстановление гильз цилиндров двигателей ЯМЗ // Сварочное производство». – 1979. Вып. 10.С. 13-16.

3. Электродуговая металлизация — URL: http://www.weldsol.ru/.

4. Коломейченко А.В., Кравченко И.Н. , Логачев В.Н., Литовченко Н.Н., Пузряков А.Ф Улучшение физико-механических свойств покрытий, полученных электродуговой металлизацией // Строительные и дорожные машины». 2015. № 7. С. 25-29.

5. Газотермическое напыление [Электронный ресурс]. URL: http://ural-welding.ru/ru/ articles/gazotermicheskoe-napylenie/sverhzvukovoe-gazovozdushnoe-napylenie.html.

6. Логачев В. Н., Литовченко Н.Н. Электродуговая металлизация: пути совершенствования оборудования и технологии // Труды ГОСНИТИ. 2014. Т 117. С. 228-234.

7. Лялякин, В.П. Исследование процесса газодинамического диспергирования металла при электродуговой металлизации // Науч. тр. / ВНИИТУВИД «РЕМДЕТАЛЬ». М., 1999. Восстановление и упрочнение деталей машин. С. 5-27.

8. Шоршоров М.Х., Гвоздев А.Е .Расчет энергии активации процессов сверхпластического деформирования сталей и сплавов при одноосном растяжении // Материаловедение». 2003. №7.С. 18.

9. Коробов Ю.С. , Шумяков В.И. Упрочнение покрытий, полученных методом активированной дуговой металлизации // В книге «СВАРКА. РЕНОВАЦИЯ. ТРИБОТЕХНИКА» тезисы докладов VIII Уральской научно-практической конференции; УрФУ им. первого Президента России Б. Н. Ельцина. –Нижнетагильский технологический институт (филиал). 2017. С. 108-112.

10. Коробов, Ю. С. Рациональный подход к восстановлению деталей оборудова-

ния газотермическим напылением / Ю. С. Коробов, В. И. Шумяков, А. С. Прядко // «Ремонт. Восстановление. Модернизация». 2013. № 3. С. 17-21.

11. Коробов, Ю. С. Кинетика взаимодействия напыляемого металла с кислородом при электродуговой металлизации Ю. С. Коробов, В. Н. Бороненков // «Сварочное производство». – 2003. – Вып. 7. – С. 30.

12. Дорохов А. С., Корнеев В.М., Катаев Ю.В., Вялых Д.Г. Тихонов С.В., Дорохов А.А., Тришин А.А. Технический сервис как основная составляющая инженерно-технического обеспечения агропромышленного комплекса // Управление рисками в АПК. 2016. N4. С. 46-55

References

1. IvanovV. I., KostyukovA. Yu. , Denisov V.A., Rakov N.V. , Potapov A.V. Application of electro-spark and cold gas-dynamic methods of applying metal coatings in the repair of cylinder blocks // Repair, restoration, modernization". 2012. No. 3. S. 11-15.

2. Chernoivanov, V. I. Restoration of cylinder liners of engines JAMZ / V. I. Chernoivanov, L. M., Robaudo, Evteev V. K. // Journal "Welding production". - 1979. – Vol. 10. P. 13-16.

3. Electric Arc metallization is the URL: http://www.weldsol.ru/.

4. Improvement of physical and mechanical properties of coatings obtained by electrodermal metallization / A.V. Kolomeychenko, I. N. Kravchenko, V. N. Logachev, N. H. Litovchenko, A. F. Puzryakov // Construction and road machines. 2015. No.7.25-29.

5. Thermal spraying [Electronic resource]. URL: http://ural-welding.ru/ru / articles/ gazotermiskoe-napylenie / sverhzvukovoe-gazovozdushnoe-napylenie.html.

6. Logachev, V. N. Electric arc metallization: towards the improvement of equipment and technologies / V.N. Logachev, N. N. Litovchenko // Proceedings of GOSNITI. 2014. T 117. -P. 228-234.

7. Lyalyakin V. P., Study of the process of gas-dynamic dispersion of the metal in electric arc metallising [Text] / V. P. Lyalyakin // Science lab. / UNITUBE "REMDETAL". - M., 1999. - Restoration and strengthening of machine parts. – P. 5-27.

8. Shorshorov, M. Kh., Calculation of activation energy of processes of superplastic deformation of steels and alloys under uniaxial tension [Text] / M. Kh. Shorshorov, A. E. Gvozdev // Journal "Science". - 2003. – No. 7. - P. 18.

9. Korobov, Yu. S. the Hardening of the coatings obtained by the activated arc metallization [Text] / Yu. S. Korobov, V. I. Shumyakov // In the book "WELDING. RENOVATION. TRIBOTEKHNIKA" abstracts of the VIII Ural scientific-practical conference; responsible editors V. A. Korotkov, V. F. Pegaskin; Ministry of education and science of the Russian Federation; Federal STATE Autonomous educational institution "Ural Federal University named after. the first President of Russia B. N. Yeltsin". - Nizhny Tagil technological Institute (branch). - 2017. – P. 108-112.

10. Korobov, Yu. S. Rational approach to the restoration of parts of the equipment of thermal spraying [Text] / Yu. S. Korobov, V. I. Shumyakov, A. S. Pryadko // Journal "Repairs. Recovery. Modernization.» - 2013. – No. 3. - P. 17-21.

11. Korobov, Yu. S. Kinetics of interaction of the deposited metal with oxygen during electric arc metallization / Yu. S. Korobov, V. N. Boronenkov / / Journal "Welding production". - 2003. – Vol. 7. - P. 30.

12. Dorokhov, A. S., Korneev, V. M., Kataev, Yu., V., Vyalykh, D., Tikhonov, S. V., Dorokhov, A. A., technical service as the main component of the engineering and technical support of the agro-industrial complex. 2016. N4. P. 46-55

УДК 631.31

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ, ГЕНЕРИРУЮЩЕГО ФАЙЛ С G-КОДОМ ДЛЯ НАПЛАВКИ УПРОЧНЯЮЩИХ ВАЛИКОВ НА СТРЕЛЬЧАТЫЕ ЛАПЫ КУЛЬТИВАТОРА РАЗЛИЧНЫХ ТИПОРАЗМЕРОВ НА УСТАНОВКЕ ТИПА 4D

Наталья Сергеевна Крюковская, научный сотрудник, аспирант,
robotchch@gmail.com;
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,
Москва, Российская Федерация

Реферат. *Для увеличения долговечности рабочих органов почвообрабатывающих орудий, интенсивно изнашиваемых под действием абразива почвы, а также содержащихся в ней солей, кислот и влаги относительно недавно был разработан метод упрочнения наплавкой отдельных износостойких валиков на их поверхность. Исследования проводились на орудиях плоской формы (лемехах) и показали увеличение долговечности в 2,0-2,2 раза [2-6, 9, 10]. Для упрочнения стрельчатых лап культиватора этим методом в ФНАЦ ВИМ была разработана установка с системой ЧПУ типа 4D. Тип 4D означает, что установка обладает четырьмя степенями свободы: перемещением наплавочной головки по трем осям OX, OY и OZ и вращением рамки, на которой закрепляется лапа культиватора по оси OY. Установка позволяет упрочнять стрельчатые лапы культиватора различных типоразмеров в автоматическом режиме, существенно снижая трудовые, временные и, как следствие, экономические затраты. Кроме того, при этом получается абсолютная идентичность наплавки на всей партии деталей и стабильное качество наплавленных валиков. Для быстрого и безошибочного создания управляющей программы наплавки стрельчатых лап культиватора различных типоразмеров, разработан программный модуль. В окне программного модуля требуется ввести четыре размера стрельчатой лапы культиватора там указанных. После корректного ввода всех требуемых размеров лапы культиватора и нажатия кнопки запуска генерации G-кода программа создает отдельный файл (управляющую программу для установки типа 4D), который сохраняется на жесткий диск компьютера или съемный носитель для дальнейшего использования системой ЧПУ установки для наплавки.*

Ключевые слова: автоматизация наплавки, лапы культиваторов, установка для наплавки типа 4D, программный модуль, генерация управляющей программы наплавки, поворотное приспособление.

DEVELOPMENT OF A SOFTWARE THAT GENERATES THE FILE WITH G-CODE FOR WELDING OF THE STRENGTHENING BEADS OF THE POINTED CULTIVATOR'S PAWS OF VARIOUS SIZES ON THE MACHINE TYPE 4D

Natalya Kryukovskaya, research assistant, graduate student.
Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Agroengineering Center VIM

Abstract. *To increase the durability of the working organs of tillage tools, intensively worn under the influence of abrasive soil, as well as contained therein salts, acids and moisture has recently been developed a method of strengthening the surfacing of individual wear-resistant rollers on their surface. The studies were carried out on flat-shaped tools (ploughshares) and showed an increase in durability by 2.0-2.2 times [2-6, 9, 10]. To strengthen pointed cultivator's paws of various sizes this method in VIM was used to develop of the machine type 4D with CNC. Type 4D means that the machine has four degrees of freedom: the movement of the weld head along the three axes OX, OY and OZ and the rotation of the frame on which the cultivator paw is fixed on the axis OY. The machine allows to strengthen the pointed cultivator's paws of various sizes in automatic mode, significantly reducing labor, time and, as a result, economic costs. In addition, this results in an absolute identity of the entire batch of surfacing parts and a stable quality of the surfaced beads. For fast and error-free creation of the control program of surfacing of pointed cultivator's paws of various sizes, the software is developed. After correctly entering all the required dimensions of the cultivator's paw and pressing the start button of G-code generation, the program creates a separate file (control program for machine of type 4D), which is stored on the computer hard disk or removable drive for further use by the CNC system of the surfacing machine.*

Keywords: *automation of surfacing, paws cultivators, machine type 4D for surfacing, a software, generating the control program of surfacing, swivel fixture.*

Введение. Для увеличения долговечности рабочих органов почвообрабатывающих орудий был разработан перспективный метод упрочнения наплавкой износостойких отдельных валиков на их поверхность. [2-6, 9, 10] Валики наносились на рабочие органы орудий плоской формы (лемеха) и способствовали образованию застойных зон почвы при вспашке. В этих зонах скорость движения частиц почвы снижается до нуля, и приповерхностный слой перемещается уже не по поверхности рабочего органа, а по застойному слою. При этом за застойными зонами частицы почвы движутся, совершая качение, вращение, скольжение и перекатывание в направлении перемещения. Это способствует снижению скорости износа рабочих поверхностей по толщине. [4]

Как следствие, наблюдается общее снижение скорости износа рабочего органа почвообрабатывающего орудия и повышение его долговечности и износостойкости. Было выявлено, что при нанесении валиков кольцами площадь застойных зон увеличивается. [4]

Для упрочнения лап культиваторов этим методом планируется наплавлять на их поверхность отдельные валики в форме дуг из износостойкого материала. Схема расположения упрочняющих валиков на поверхности стрельчатой лапы культиватора представлена на рис. 1.

Стрельчатая лапа имеет сложную пространственную конфигурацию и нанесение на ее поверхность отдельных дугообразных валиков с определенными геометрическими характеристиками, сохраняя при этом идентичность при наплавке партии лап, вызывает определенные сложности. Поэтому для упрочнения этим методом лап культиваторов на базе ФГБНУ ФНАЦ ВИМ была модернизирована ранее разработанная там же установка для наплавки с системой ЧПУ типа 3D в установку типа 4D [1]. Тип 4D означает, что уста-

новка обладает четырьмя степенями свободы – перемещение наплавочной головки по трем осям OX, OY и OZ и вращение рамки поворотного приспособления по оси OY, согласно командам управляющей программы. Это дает возможность упрочнять лапу культиватора в автоматическом режиме за один установ.

Цель исследования – разработка программного модуля для генерации файла с G-кодом для упрочнения наплавкой отдельными валиками стрельчатых лап культиватора различных типоразмеров в автоматическом режиме на установке типа 4D.

Материалы и методы. Упрочнение стрельчатых лап культиваторов наплавкой выполняется на установке для наплавки типа 4D с системой ЧПУ, разработанной на базе ВИМ. На рамке специального поворотного приспособления устанавливается и закрепляется лапа культиватора (рис. 2). Далее запускается управляющая программа наплавки отдельных валиков на ее поверхность. Управляющая программа представляет собой G-код, обычно используемый для программирования в установках и станках с системой ЧПУ и полностью описывающий последовательность перемещений исполнительных органов, а также траекторию и режимы их движения [8].

Управляющая программа наплавки упрочняющих валиков на стрельчатую лапу культиватора содержит следующую последовательность движения исполнительных органов установки:

1. Поворот рамки с закрепленной лапой культиватора на угол, обеспечивающий горизонтальность правой части лапы.
2. Нанесение упрочняющих валиков на правую часть лапы культиватора, начиная от носка.
3. Поворот рамки на угол, обеспечивающий горизонтальность левой части лапы.
4. Нанесение упрочняющих валиков на левую часть лапы культиватора, начиная от носка
5. Поворот рамки на исходный угол, при котором лапа культиватора симметрична относительно горизонтальной плоскости.
6. Нанесение упрочняющих валиков на центральную часть лапы культиватора, начиная от носка.

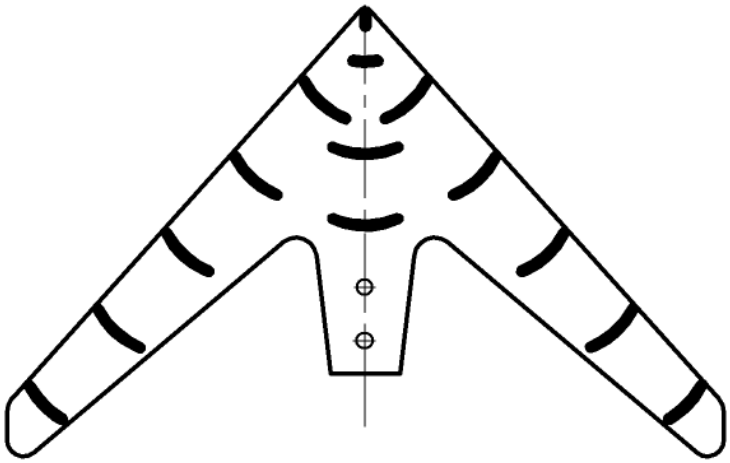


Рис. 1. Схема расположения упрочняющих валиков на поверхности лапы культиватора

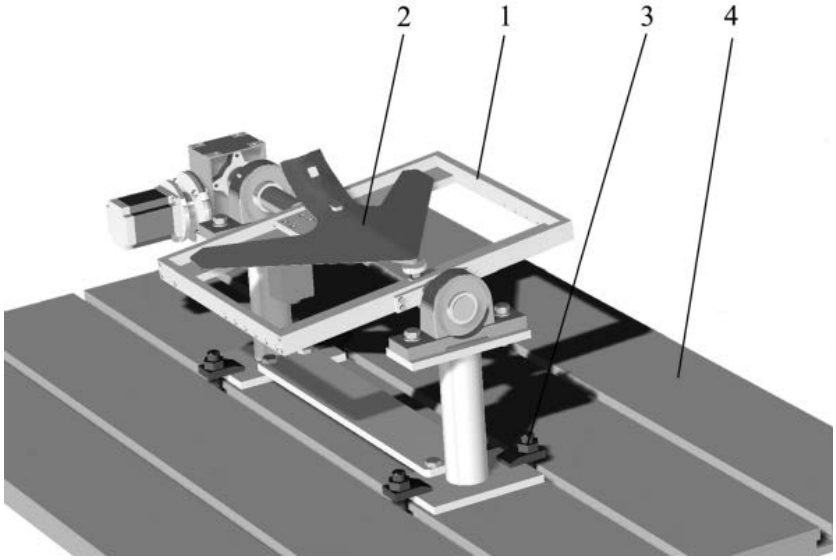


Рис. 2. Поворотное приспособление для автоматизации нанесения упрочняющих валиков на поверхность лап культиваторов:
1 – поворотное приспособление, 2 – упрочняемая лапа культиватора, 3 – крепление поворотного приспособления к столу установки для наплавки, 4 – стол установки

По окончанию цикла наплавки оператор снимает упрочненную лапу с приспособления, закрепляет следующую и снова запускает программу наплавки. [1]

Конструкция поворотного приспособления установки предусматривает возможность упрочнения стрельчатых лап культиватора различных типоразмеров, которых с учетом отечественных и зарубежных производителей существует множество. При этом для упрочнения лап каждого конкретного типоразмера нужна своя управляющая программа. Для быстрого и безошибочного создания управляющих программ наплавки разработан специальный программный модуль, реализованный с помощью языка программирования Borland Delphi. При разработке модуля использовались современные графические средства компьютерного моделирования.

Результаты и обсуждение. Основными размерами стрельчатых лап культиватора, необходимыми для генерации G-кода, являются угол раствора лезвий, угол подъема и ширина захвата (рис. 3). [7] Однако поставщики лап указывают, как правило, лишь производителя и ширину захвата. Поэтому в окне разработанного программного модуля требуется ввести в соответствующие поля четыре размера стрельчатой лапы культиватора – A, B, C, H, определяемых пользователем (например, инженером-технологом).

$$2\gamma = 2 \cdot \arcsin\left(\frac{A/2}{B}\right)$$

$$\alpha_1 = arctg\left(\frac{H}{\sqrt{B^2 - (A/2)^2}}\right)$$

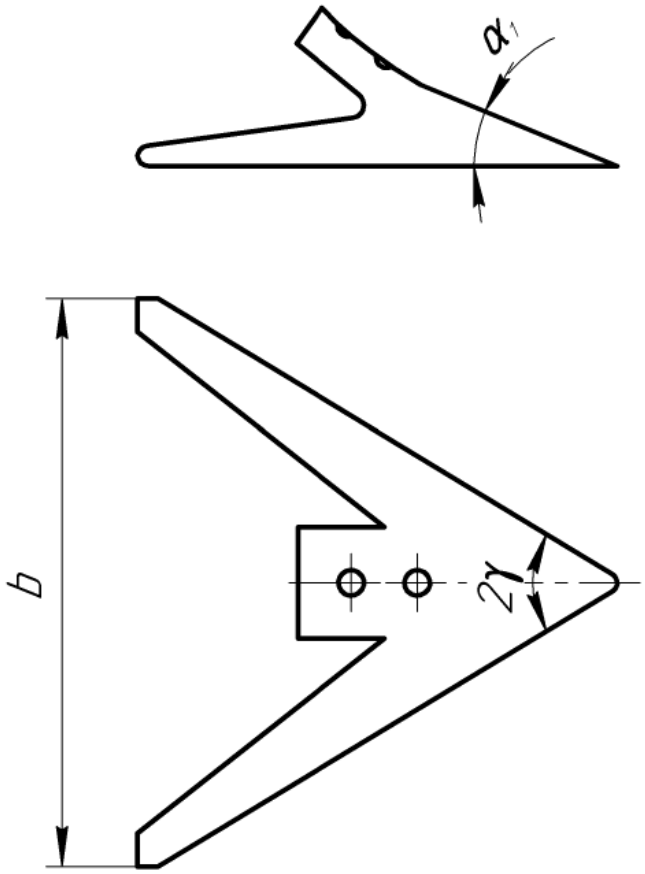


Рис. 3. Основные размеры стрельчатых лап культиватора
α1 – угол подъема, 2γ – угол раствора лезвий, b – ширина захвата

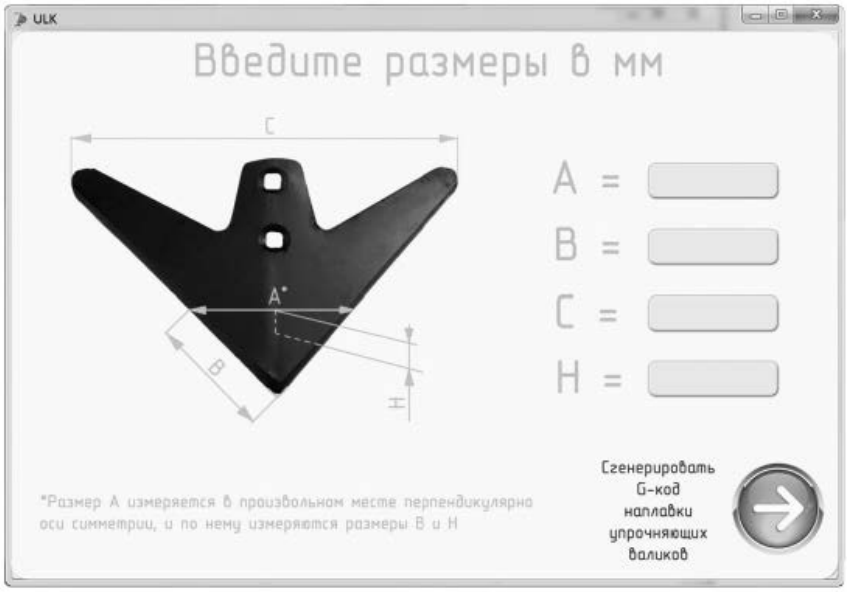


Рис. 4. Окно разработанного программного модуля

Размер А измеряется в произвольном месте лапы от носка до хвостовика (если он имеется) перпендикулярно оси симметрии. Размеры В и Н определяются по А. По этим трем параметрам программа вычисляет углы раствора лезвий и подъема по формулам:

После использует их для дальнейших вычислений. Размер С – это ширина захвата лапы.

Окно разработанного программного модуля представлено на рис. 4.

После ввода всех четырех размеров необходимо нажать левой кнопкой мыши на зеленую кнопку со стрелкой. Если введены не все размеры, то после нажатия на зеленую кнопку появится всплывающее окошко с сообщением «Внимание! Не все размеры введены!». В этом случае следует закрыть это окошко нажатием левой кнопкой мыши на красный крестик или на кнопку «Ок», после чего ввести недостающие размеры в соответствующие поля программного модуля.

В случае корректного ввода всех размеров после нажатия на зеленую кнопку программа запускает вычисления и генерирует файл с G-кодом с расширением .txt (файлы с таким расширением использует установка типа 4D в качестве управляющих программ). Далее всплывает окошко с запросом параметров сохранения файла (требуется указать место куда сохранить и имя созданного файла). После ввода всех параметров и нажатия кнопки «Сохранить», файл сохраняется в указанное место на компьютер или съемный носитель и готов для дальнейшего использования в качестве управляющей программы наплавки упрочняющих валиков на данную лапу культиватора на установке типа 4D.

Окончательный исполнительный файл программного модуля с расширением .exe будет реализован по результатам испытаний опытных лап культиватора на износ и после проведения оптимизации геометрических параметров наплавки упрочняющих валиков. При этом в текст расчетной программы будут внесены соответствующие корректировки.

Выводы. Для упрочнения стрельчатых лап культиваторов наплавкой отдельных валиков на ее поверхность на установке типа 4D разработан программный модуль, позволяющий быстро и безошибочно генерировать файл управляющей программы для любого типоразмера лапы. Окончательная версия программного модуля будет реализована после проведения испытаний опытных образцов лап культиватора на износ и позволит без вмешательства пользователя сгенерировать управляющую программу с оптимальными геометрическими параметрами наплавки упрочняющих валиков.

Библиографический список

1. Крюковская Н.С. Адаптация 3D установки для наплавки деталей под упрочнение лап культиваторов наплавкой отдельных валиков на их поверхность в автоматическом режиме. // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. 2018. Т.5. С.47-50.

2. Лялякин В.П., Соловьев С.А., Аулов В.Ф. Состояние и перспектива упрочнения и восстановления деталей почвообрабатывающих машин сварочно-наплавочными методами. // Труды ГОСНИТИ. 2014. Т.115. С. 96-104.

3. Михальченков А.М., Тюрева А.А., Козарез И.В. Повышение износостойкости плужных лемехов технологическими методами. // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. С. 51-53.

4. Ожегов Н.М., Ружьев В.А., Капошко Д.А., Соловьев С.А. и др. Повышение

ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин на основе совершенствования наплавочных технологий. // Труды ГОСНИТИ. 2015. Т.121. С. 273-281

5. Михальченков, А.М., Жуков А.А. https://elibrary.ru/author_items.asp?refid=369973955&fam=%D0%96%D1%83%D0%BA%D0%BE%D0%B2&init=%D0%90+%D0%90 Технологические приемы армирования для повышения ресурса плужных лемехов // Ремонт, восстановление, модернизация. 2007. №12. С.10-12.

6. Михальченков А.М., Козарез И.В., Горбачев Р.В. Влияние наплавочного армирования на изнашивание восстановленных лемехов компании «Vogel & Noot» // Труды ГОСНИТИ. 2013. Т111. Ч. 1. С. 26-32.

7. Семчук Г.И., Дудников А.А. Мелешко А.В., Гуленко В.В. Конструктивно-технологические характеристики культиваторных лап / // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2013. 4/7(64). С. 12-14.

8. Ермолаев, В.В. Программирование для автоматизированного оборудования: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / М.: Издательский центр Академия, 2014. 256 с.

9. Hrabě, P. Evaluation of techniques for ploughshare lifetime increase. [Electronic resource]/ P. Hrabě, M. Müller, V. Hadač // Research in Agricultural Engineering. 2015. T2. №61. C.72-79. URL: http://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/155246.pdf (дата последнего посещения: 15.04.2018).

10. Novák, P. Research of a material and structural solution in the area of conventional soil processing / P. Novák, M. Müller, P. Hrabě // Agronomy Research. 2014. №12(1).C. 143-150.

11. Sidorov S.A., Khoroshenkov V.K., Lobachevskii Ya.P., Akhmedova T.S. Improving wear resistance of agricultural machine components by applying hard-alloy thick-layer coatings using plasma surfacing. Metallurgist. 2017. T. 60. N11-12. 1290-1294.

12. Измайлов А.Ю., Сидоров С.А., Лобачевский Я.П., Хорошенков В.К., Кузнецов П.А., Юрков М.А., Голосиенко С.А, Научные принципы повышения износостойкости рабочих органов почвообрабатывающей техники. // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2012. №3. С. 5-7.

13. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Сидоров С.А., Хорошенков В.К., Миронов Д.А., Родионова И.Г., Кузнецов П.А., Голосиенко С.А., Бобкова Т.И., Деев А.А., Чернобаев С.П., Пичужкин С.А., Рябов В.В., Кудрявцева И.В., Юрков М.А. К вопросу применения новых наноматериалов для рабочих органов почвообрабатывающих машин // Модернизация сельскохозяйственного производства на базе инновационных машинных технологий и автоматизированных систем. Сборник докладов XII Международной научно-технической конференции. Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства. 2012. С. 229-234.

14. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Сидоров С.А., Хорошенков В.К., Лужнова Е.С., Миронов Д.А., Зайцев А.И., Родионова И.Г., Павлов А.А., Амежнов А.В. Использование биметаллических сталей для повышения ресурса рабочих органов сельскохозяйственных машин. // Вестник российской академии сельскохозяйственных наук. 2013. № 2. С. 80-81.

15. Лобачевский Я.П., Сидоров С.А., Миронов Д.А., Хорошенков В.К., Вайнерман А.Е., Пичужкин С.А., Голосиенко С.А., Чернобаев С.П., Юрков М.А. Новые износостойкие наплавочные материалы в сельскохозяйственном машиностроении // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2014. N 6. С. 27-31.

16. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Лискин И.В., Миронов Д.А.. Хорошенков В.К., Сидоров С.А. Повышение конструкционной прочности рабочих органов почвообрабатывающих машин // Российская сельскохозяйственная наука. 2018.N3. С. 57-60.

References

1. Kryukovskaya, N. Adaptation machine of the type 3D for welding the parts for strengthening cultivator's paws applying particular beads on their surface in automatic mode. / N. Kryukovskaya // Agricultural machinery: maintenance and repair. – 2018. – v.5. – P.47-50

2. Lyalyakin, V.P. Status and Perspective of Hardening and Restoration of Parts of Soil Welding Machines by Welding and Welding Techniques. / V.P. Lyalyakin, S.A. Solovev, V.F. Aulov // Transactions of GOSNITI. 2014.-v.115. P. 96-104

3. Mihalchenkov, A.M. Increase of wear resistance of plowshares by technological methods. / A.M. Mihalchenkov, A.A.Tyureva, I.V. Kozarez // Bulletin of Bryansk State Agricultural Academy. 2015. P. 51-53

4. Ozhegov N.M. Increase the resource of working parts of tillers on the basis of improving surfacing technologies. / N.M. Ozhegov, V.A. Ruzhev, D.A. Kaposhko, S.A. Solovev and others // Transactions of GOSNITI. 2015. v.121. P. 273-281

5. Mihalchenkov, A.M. https://elibrary.ru/author_items.asp?refid=369973955&fam=%D0%96%D1%83%D0%BA%D0%BE%D0%B2&init=%D0%90+%D0%90 Technological methods of reinforcement to increase the resource of ploughshares / A.M. Mihalchenkov, A.A. Jukov// Repair, restoration, modernization. 2007. № 12. P.10-12.

6. Mihalchenkov A.M. The influence of the surfacing of the reinforcement on the wear of the restored plowshares company «Vogel & Noot» / A.M. Mihalchenkov I.V., Kozarez R.V. Gorbachev // Transactions of GOSNITI. 2013. v. 111 P. 26-32

7. Semchuk, G. I. Constructive-technological features of cultivator paws / G. I. Semchuk A.A. Dudnikov A.V., Meleshko V.V. Gulenko // Eastern European journal of advanced technology. 2013. 4/7(64). P. 12-14.

8. Ermolaev, V.V. Programming for computer-aided equipment: a textbook for students ' institutions of secondary vocational education / V.V. Ermolaev. – M.: Publishing center Academy, 2014. 256 p.

9. Hrabě P. Evaluation of techniques for ploughshare lifetime increase. [Electronic resource]/ P. Hrabě, M. Müller, V. Hadač // Research in Agricultural Engineering. 2015.v.2, №61. P.72–79. – URL: http://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/155246.pdf (date of last visit: 15.04.2018).

10. Novák, P. Research of a material and structural solution in the area of conventional soil processing / P. Novák, M. Müller, P. Hrabě // Agronomy Research. 2014. № 12(1), P. 143-150

11. Sidorov S.A., Khoroshenkov V.K., Lobachevskii Ya.P., Akhmedova T.S. Improving wear resistance of agricultural machine components by applying hard-alloy thick-layer coatings using plasma surfacing. Metallurgist. 2017. T. 60. N11-12. 1290-1294.

12. Izmailov A. Yu., . Sidorov S.A, khoroshenkov,I.P., V. K., Kuznetsov, P. A., Yurkov, M. A., S. A., the scientific principles of increasing the wear resistance of the working bodies of the soil-Cultivating equipment. // Bulletin of the Russian Academy of agricultural Sciences. 2012. No. 3. P. 5-7.

13. Izmailov, A., Lobachevsky J. P., Sidorov S. A., Horoshenkov V. K., Mironov, D. A., Rodionova I.G., Kuznetsov P.A., Golovenko S. A., Bobkova T.I., Deev A.A. Chernobaev S.P., Pichuzhkin S. A., Ryabov V.V., Kudryavtseva I.V., Yurkov M.A. To the question of the application of new nanomaterials for working bodies tillage machines // Modernization of agricultural production based on innovative machine technology and automated systems. Collection of reports of the XII International scientific and technical conference. All-Russian research Institute of agricultural mechanization. 2012. PP. 229-234.

14. Izmailov, A., Lobachevsky J.P., Sidorov S.A., Horoshenkov V.K., Loginova E.S., Mironov A.D., Zaitsev A.I., Rodionova I.G., Pavlov A.A., A.V. Aminov the Use of bimetallic

steel to increase the service life of the working bodies of agricultural machinery. // Bulletin of the Russian Academy of agricultural Sciences. 2013. No.2. P. 80-81.

15. Lobachevsky, P.Ya., Sidorov S.A., Mironov, D. A., Horoshenkov V. K., Vainerman A.E., Pichuzhkin S.A., Golovenko S.A. Chernobaev S.P., Yurkov M.A., New wear-resistant hardfacing materials in agricultural engineering / Agricultural machinery and technologies. 2014. N 6. P. 27-31.

16. Izmaylov A. I., Lobachevsky I. P., Liskin I. V., Mironov D. A.. Horoshenkov V.K., Sidorov S. A. Increase of structural strength of working bodies of tillage machines // Russian agricultural science. 2018.N3. P. 57-60.

УДК 631.363

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ МОЛОТКОВ КОРМОДРОБИЛЬНЫХ МАШИН КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Виталий Васильевич Коноводов[1], кандидат технических наук, профессор, e-mail: 9132068650@mail.ru;
Екатерина Васильевна Агафонова[1], старший преподаватель, e-mail: ekateri79@mail.ru;
Сергей Вячеславович Щелоков[2], кандидат технических наук, доцент, e-mail: stu-ssv@yandex.ru;
Вячеслав Федорович Аулов[3], ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук, gosniti@mail.ru
[1]Новосибирский государственный аграрный университет, г. Новосибирск, Российская Федерация;
[2]Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск, Российская Федерация;
[3]Федеральный научный агроинженерный Центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *В настоящее время большинство операций технологического процесса кормоприготовления выполняются группами взаимосвязанных машин. Одной из основных машин этих групп являются дробилки кормов молоткового типа. Они не лишены недостатков, одним из которых – низкая износостойкость основных рабочих органов – молотков. При этом производительность, энергозатраты и качество измельчаемого продукта при дроблении в значительной мере определяются состоянием молотков. Выпускаемые в настоящее время стандартные пластинчатые молотки имеют низкую долговечность, предельный износ наступает после дробления 250-300т зерна. Износ молотков сопровождается скруглением передней грани, что приводит к резкому снижению производительности более чем на 40% и как следствие повышению энергозатрат в 1,5-2,2 раза, качество кормов ухудшается. Цель исследования – снижение эксплуатационных затрат при производстве кормовых смесей на основе совершенствования технологии упрочнения рабочих органов молотковых дробилок. В качестве гипотезы принято предположение о возможности повышения ресурса молотков путем комбинированного упрочнения рабочих поверхностей. Сделан вывод, что перспективным решением повышения ресурса новых и восстановленных молотков является разработка и внедрение технологии на основе армирования рабочих углов металлокерамическими твердыми сплавами с применением железоуглеродистых припоев, позволяющих решать проблему прочности и твердости рабочих поверхностей. По результатам производственных испытаний установлено увеличение эксплуатационной надежности молотков, упрочненных армированием твердым сплавом и железоуглеродистым припоем в 3,5-4 раза по сравнению с серийными (Сталь 65 Г, закалка ТВЧ). Наработка упрочненных молотков по достижению ими*

предельного состояния в среднем составила до 1000т зерна.
Ключевые слова: *дробилка молоткового типа, молоток, пайка, наплавка, армирование, комбинированное упрочнение, самозатачивание, железоуглеродистый припой.*

THE UPGRADE OF SERVICE RELIABILITY HAMMERS OF CRASHING MACHINES BY CONSTRUCTIVE AND TECHNOLOGICAL METHODS

Vitaly V. Konovodov[1],
Ekaterina V. Agafonova[1],
Sergey V. Schelokov[2],
[1]Novosibirsk State Agrarian University, Dobrolyubova str.,
[2]Siberian State University of Railway Engineering,
Novosibirsk, Russian Federation
Aulov V.F., Federal State Budget Scientific Institution
Federal Scientific Agroengineering Center VIM

Abstract. *At the present time, most operations of the technological process of feed processing are carried out by groups of interlocking machines. One of the main machines of these groups are hammer type crushers. They aren't without failures, one of which is low durability of the main work tool-hammers. At the same time, the productivity, energy requirement and quality of the chaff product during crushing are determined to a large extent by the condition of the hammers. Currently production standard lamellar hammers have low durability, the limiting wear is reached after a working time of 250...300 tons. Wear of the hammers is accompanied by the roundening of the front facet, which leads to a sharp decrease in productivity by more than 40%. As a result of an increase in energy consumption by 1.5...2.2 times, the quality of feed deteriorates. The purpose of the study is to reduce operating costs in the production of feed blend on the basis of improving the technology of strengthening the working organs of hammer crushers. As a hypothesis, it has been assumed that it is possible to increase the resource of hammers by combining the hardening of working surfaces. It can be concluded that a promising solution to increase the resource of new and restored hammers is the development and introduction of technology based on the reinforcement of working angles with iron-carbon solders that solve the problem of strength hardness of working surfaces. Based on the result of production tests, an increase in the operational reliability of hammers reinforcement and iron-carbon solder of 3.5...4 times as compared with serial (steel 65G, HDTV hardening) was established. The operating time of hardened hammers before reaching the limit state averaged up to 1000 tons.*
Keywords: *beater type crusher, beater, soldering, fusing, reinforcement, the combined hardening, self-sharpening, iron-carbon solder.*

Введение. В процессе работы дробилок частицы измельчаемого продукта ударяются о молотки, а также скользят по их поверхностям. В течение часа молоток воспринимает 10-50 млн. ударов с силой 10-20 кг, что приводит к пластической деформации и усталостным разрушениям [1]. Динамика и характер износа молотков обуславливается совокупностью процессов:

1. усталостными разрушениями в микрообъемах при многократном деформировании поверхностных слоев ударами зерен и частицами примесей минерального происхождения;

2. царапанья вследствие скольжения этих частиц по рабочим поверхностям молотка;

3. вероятными ударами молотков о посторонние предметы.

Взаимодействие молотка на высоких скоростях (в современных конструкциях молотковых дробилок окружная скорость молотков колеблется в пределах 40…120м/с) с дробимой средой приводит к быстрому изнашиванию передней (лобовой) грани молотка [2]. Износу подвержены вершины углов, в результате чего поверхность принимает вид кривой переменного радиуса (см. рисунок 1). В результате износа увеличивается зазор между молотком и решетом (декой), что сильно сокращает зону воздействия молотков. Все это сказывается на падении производительности дробилки на 30…45% и увеличении энергопотребления на 25…35% [3, 4].

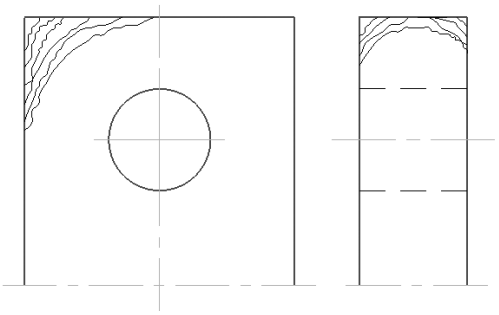


Рис. 1. Профили зон износа молотка

Исследования молотков, выполненных из ряда материалов (сталей 65Г, 30ХГСА, У8А, 110Г13Л, 30ХГСА, 12Х13А, HARDOX500, конструкционных сталей с цементацией на различные глубины, закалкой в электролите, различными наплавками и напылениями, а также трехслойного проката и т. д.) не выявили реальных путей значительного повышения износостойкости рабочих органов.

Наиболее эффективными способами повышения эксплуатационной надежности молотков являются конструктивно-технологические методы упрочнения (восстановления). Они сочетают в себе возможности технологических методов и некоторые конструктивные изменения, в основном связанные с изменением формы ударной части молотка [5, 6, 7].

Условию сохранения при работе заданных геометрических параметров рабочих углов вследствие разной скорости износа применяемых материалов, т.е. соблюдения принципа самозатачивания, соответствует биметалл, состоящий из несущего слоя, изготовленного из малоуглеродистой стали, и высокотвердого металлопокрытия, нанесенного на него, а также, например, армирование рабочего угла молотка твердосплавными элементами.

Таким образом, наиболее перспективным и актуальным является дальнейшие исследования по применению технологий комбинированного упрочнения рабочих поверхностей молотков и других рабочих органов сельскохозяйственных машин.

Цель исследования – снижение эксплуатационных затрат при производ-

стве кормовых смесей на основе совершенствования технологии упрочнения рабочих органов молотковых дробилок.

Материалы и методы. Для реализации идеи самозатачивания в процессе эксплуатации молотков исходя из анализа условий работы и результатов ранее проведенных исследований разработана технология повышения эксплуатационной надежности молотков кормодробильных машин технологическими методами за счет комбинированного упрочнения рабочих поверхностей при индукционной наплавке специальных железоуглеродистых сплавов и армирования твердыми сплавами [2]. Для реализации идеи самозатачивания в процессе эксплуатации молотков предлагаются варианты упрочнения рабочих граней (рисунок 2):

- армирование рабочего угла вольфрамокобальтовыми твердосплавными элементами (ВК6, ВК8) с пайкой-наплавкой высокопрочным железоуглеродистым сплавом-припоем (пат. РФ №5036802 от 12.03.93.) [8] (рисунок 2а);
- индукционная наплавка рабочего угла специальным высоколегированным чугуном: по всем рабочим граням (рисунок 2б) [9], по трем рабочим граням (фронтальная поверхность не упрочнена) (рисунок 2, в) с одновременной термомеханической обработкой.

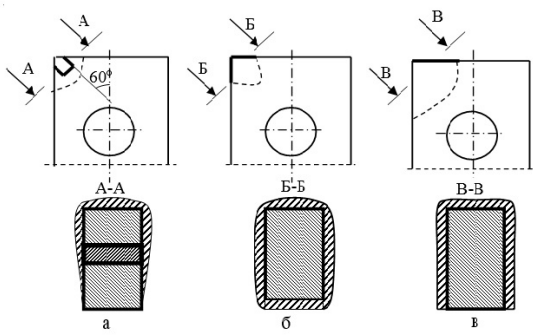


Рис. 2. Варианты упрочнения молотков

Для реализации гипотезы комбинированного упрочнения требовалось произвести выплавку железо-углеродистого припоя [8] для первого варианта упрочнения (рисунок 2, а) и выплавку легированного никелем чугуна для наплавки по второму и третьему вариантам (рисунок 2, б и в). Выплавка припоя осуществлялась на высокочастотной плавильно-закалочной установке ЛПЗ-67М емкостью до 50 кг.

Для проведения микроструктурных исследований, проведения лабораторных и производственных испытаний рабочих органов, определение механических и эксплуатационных свойств изготовливались образцы молотков пайкой (наплавкой) на установке ЛПЗ-67М. Для проведения лабораторных и производственных испытаний производилась пайка прямоугольных пластинчатых молотков размером 110×50 мм и толщиной 4, 6 и 8 мм. Для реализации разрабатываемой технологии упрочнения требовалась предварительная подготовка рабочих углов молотка (см. рисунок 2, а), которая заключалась в формировании паза у рабочего угла молотка для твёрдосплавной пластинки.

Пайка производилась с использованием индукционного нагрева высокочастотной установкой ЛПЗ-67М. Скорость нагрева варьировалась в преде-

лах оптимизации технологической операции формирования паяного шва с ограничением максимально допустимой скорости нагрева твёрдых сплавов в зависимости от марки и размеров пластинок.

Результаты и обсуждение. При изучении микроструктуры зоны паяного соединения были изготовленны поперечные и продольные микрошлифы паяных образцов из реальных рабочих органов. Исследования микроструктуры осуществлялось на металлографических микроскопах МИМ-7, МИМ-8М при увеличении 80...1350 раз.

Определение микротвердости элементов упрочненного (восстановленного) молотка проводилось на приборе ПМТ-3. Определения механической прочности паяного соединения испытания на износостойкость и ударно-усталостную прочность твердого сплава и стали, и соединения сталь – модифицированный чугун проводилось по известным методикам [10].

Исследования показали, что предложенные решения принципиально изменяют характер износа и существенно повышают долговечность молотков. При армировании рабочего угла твердым сплавом (рисунок 3, а), эффект достигается, тем что вставка установлена в зоне максимальной скорости и давления, ее угловое расположение обеспечивает малое (2-3 мм) сечение затылочной фаски и защиту твердосплавного элемента от разрушения при вероятных ударах инородных предметов. Применяемый при этом железоуглеродистый припой, обеспечивает высокопрочное диффузионное (см. рисунок 3, а и в) соединение твердого сплава с корпусом молотка ($\tau_{ср}$> 420 МПа), упрочняет рабочие грани молотка за счет формирования на поверхности слоя 0,2-0,5мм отбеленного чугуна и высокоуглеродистой диффузионной зоны глубиной до 0,5мм на границе взаимодействия стального

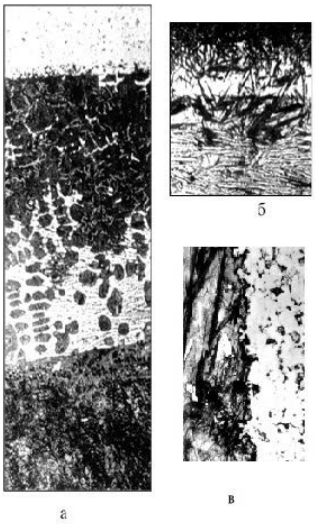


Рис. 3. Микроструктура упрочненных зон молотков

При упрочнение молотков по другим вариантам происходит также на диффузионном науглераживании корпуса молотка при наплавке износостойкого слоя. В результате граням рабочего угла придается прямолинейность и формируется ориентированная высокотвердая (HRC52…61) вязкая микроструктура наплавленного слоя (рисунок 3, б).

Экспериментальное исследование структурообразования проводилось

применительно к разработанной схеме упрочнения рабочих углов молотков.

Конструктивно-технологическими режимами, определяющими физические процессы структурообразования паяного соединения являются:

- скорость нагрева, $V_н$, град·с$^{-1}$;
- температура пайки, t°C;
- время выдержки при температуре пайки, τ_β, с;
- толщина паяного шва, $H_п$, мм;
- скорость охлаждения, $V_{охл}$ град·с$^{-1}$;

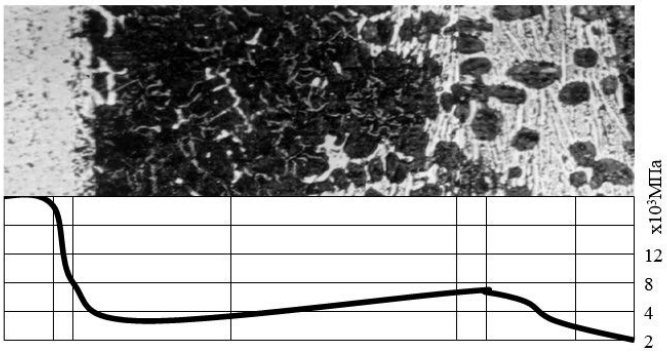


Рис. 4. Микроструктура и микротвердость паяного соединения «Твердый сплав – припой – сталь»

Экспериментальные исследования влияния технологических режимов на структурообразование проводились варьированием факторов в пределах наложенных технологических ограничений. Полученные зависимости приведены на рисунке 4, 5 и 6.

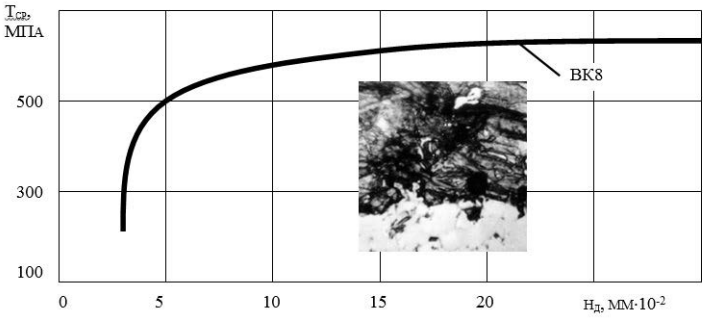


Рис. 5. Зависимость прочности соединения от величины диффузионной зоны

Выводы. По результатам производственных испытаний – установлено увеличение износостойкости молотков, упрочнённых армированием твердым сплавом и железоуглеродистым припоем в 3,5-4 раза и наплавкой с термомеханической обработкой до 3 раз по сравнению с серийными (сталь 65Г, закалка ТВЧ), при этом на молотках, наплавленных по всем граням в меньшей степени проявляется эффект самозатачивания.

Наработка упрочнённых молотков до достижения ими предельного состояния в среднем составила до 1000т зерна.

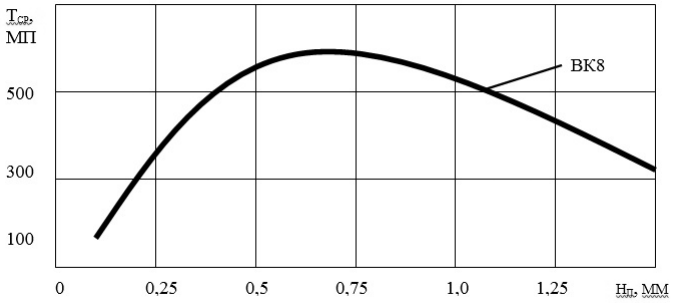


Рис. 6. Зависимости прочности соединения от толщины паяного шва

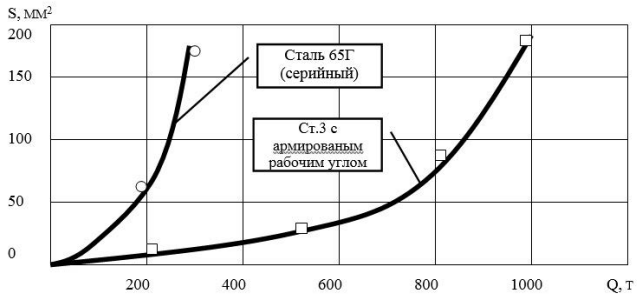


Рис. 7. Динамика изнашивания молотков

Оценка состояния опытных изношенных молотков подтверждает их высокую усталостно–абразивную стойкость, повреждения на некоторых образцах, свидетельствующие о соударениях, об инородные предметы показывают достаточную ударную прочность, а профили изношенных молотков подтверждают проявление эффекта самозатачивания.

Библиографический список

1. *Ардышев А.Н., Коноводов В.В. Повышение долговечности молотковых рабочих органов кормодробилок // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования // Материалы VIII региональной научно-практической конференции студентов и аспирантов, посвященной 80-летию НГАУ-НСХИ. Новосибирский государственный аграрный университет. 2016. С. 90-93.*
2. *Коноводов В.В., Агафонова Е.В. Способы повышения эксплаутационной надежности рабочих органов кормодробильных машин //В сборнике: Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования // Материалы IX региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти доцента М.А. Анфиногенова. Новосибирский государственный аграрный университет. Инженерный институт. 2017. С. 123-126.*
3. *Тимановский А.В. Обоснование рациональной формы молотка для измельчения зерновых материалов // Исследование и конструирование машин для животноводства и кормопроизводства: Сборник научных трудов Вып. 10 // ВНИИживмаш. К.: 1985*
4. *Надёжин А.В. Исследование износа молотков рабочего органа измельчителя ИРМ-50 // Механизация и электрификация производственных процессов в животноводстве: Сборник научных трудов // ВНИПТИМЭСХ. Зерноград. 1989. С. 139-143.*

5. Петров А.А., Алямов И.Д., Козловцев А.П., Стеновский В.С., Наумов Д.В. Повышение производительности кормодробилки за счёт оптимизации конструктивных параметров молотка // Известия Оренбургского Государственного аграрного университета. 2016. №1 (57). С. 43-45.

6. Широбоков В.И., Ипатов А.Г., Харанжевский Е.В. Повышение износостойкости молотков зерновых дробилок //Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. №1 (34). С. 69-71.

7. Аулов В.Ф., Лялякин В.П., Ишков А.В., Иванайский В.В., Кривочуров Н.Т., Коваль Д.В., Соколов А.В., Щеголев А.В. Новый способ упрочнения деталей сельхозмашин с большим износом // В книге: Аграрная наука – сельскому хозяйству сборник статей: в 3 книгах. Алтайский государственный аграрный университет. 2016. С. 5-7.

8. Пат. 5036802 RU C1, МПК6 B23K035/30. Припой для пайки инструмента / Глазачев С.У., Каллойда Ю.В., Коноводов В.В., Малышко А.А., заявитель Глазачев С.У. №5036802 опубл. 12.03.1993.

9. Пат. 65402 RU U1, МПК B02C13/28. Молоток дробилки / Коноводов В.В., О.Ю. Ретюнский К.Н. Юдина, заявитель Коноводов В. В. № 65402 опубл. 10.08.2007.

10. Виноградов В.Н. Изнашивание при ударе / В.Н. Виноградов, Г. М. Сорокин, А. Ю. Албагачиев. М. : Машиностроение, 1982. 192 с.

11. Семейкин В.А., Корнеев В.М., Дорохов А.С. Входной контроль качества сельскохозяйственной техники и оценка его эффективности // М.: МГАУ. 2010. 140 с

References

1. Ardashev A. N., Konovodov V. V. Improving the durability of the hammer of the working bodies of kormodrobilok //In the book: Status and innovations of service vehicles and equipment// materials of the VIII regional scientific-practical conference of students and postgraduates, devoted to the 80th anniversary of Novosibirsk State Agrarian University-NSHI. Novosibirsk State Agrarian University. 2016. P. 90-93

2. Konovodov V. V., Agafonova E. V. Methods of improving the operational reliability of working bodies of fodder-crushing machines// In the book: Status and innovations of technical service of machinery and equipment // Proceedings of IX regional scientific-practical conference of students, postgraduates and young scientists dedicated to the memory of associate Professor M.A. Anfinogenova. Novosibirsk State Agrarian University. engineering Institute. 2017. P. 123-126.

3. Timanovskoe A. V. Substantiation of rational forms of a hammer for crushing grain materials // Study and design of machines for animal husbandry and fodder production: Collection of scientific works. works Vol. 10/ VNIINMASH, 1985.

4. Nadein A. V. Research of wear of the hammers of the working body of the chopper IWW-50//Mechanization and electrification of production processes in animal husbandry: Sat. scientific. Tr./FARM. – Zernograd, 1989. P. 139-143.

5. Petrov A. A., Alamo I. D., Kozlova A. P., Stanowski V. S., Naumov D. V. The productivity korsakovichi by optimizing the design parameters of hammer / proceedings of the Orenburg State Agrarian University. 2016. No. 1 (57). P. 43-45.

6. Shirobokov V. I., Ipatov A. G., Kharanzhevsky E. V. Increase of wear resistance of hammers of grain crushers //Vestnik of Izhevsk state agricultural Academy. 2013. No1 (34). C. 69-71.

7. V. F. Aulov, V. P. Lyalyakin, Ishkov A.V., Ivanaysky V. V., Krivotulov N. T., Koval D. V., Sokolov A. V., Shchegolev A.V. A New method of strengthening of parts of agricultural machines with large wear //In book: agricultural science – agriculture a collection of articles: in 3 books. Altai state agrarian University. 2016. C. 5-7.

8. Pat. 5036802 RU C1, MPC6 B23 C 035/30. Solder soldering tool/ U. S. Glazachev,

Yu. V. Colloid, V. V. Konovodov, A. A. Malyshko, the complainant Glazachev S. U. – No. 5036802 publ. 12.03.1993.

9. Pat. 65402 RU U1, MPC B02C 13/28. The crusher hammer / V. V. Konovodov, O. Yu. Retyunsky, K. N. Yudina, the complainant V. V. Konovodov – No. 65402 publ. 10.08.2007.

10. Vinogradov V. N. Wear at blow V.N. Vinogradov, G. M. Sorokin, A. Yu Albagachiev. Moscow: Mechanical Engineering, 1982. 192 p.

11. Semeykin V. A., Korneev, V. M., and Dorokhov, A. S. quality control of agricultural machinery and evaluation of its effectiveness // M.: MGAU, 2010. 140 p.

УДК 621.793.74: 620.19

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПЛАЗМЕННОГО ПОКРЫТИЯ ПРИ АБРАЗИВНОМ ИЗНАШИВАНИИ

[1]Жачкин С.Ю., доктор технических наук, профессор,
e-mail: zhach@list.ru;
[1]Трифонов Г.И., соискатель, e-mail: grishakip@yandex.ru;
[1]Воронежский государственный технический университет»,
г. Воронеж, Российская Федерация;
[2]Слинко Дмитрий Борисович, кандидат технических наук,
доцент, maks52@inbox.ru,
[2]Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,
Москва, Российская Федерация

Реферат. *Из литературных источников известно, что наиболее распространенной причиной эксплуатационных отказов машин и механизмов в подавляющем большинстве случаев является износ и повреждение рабочих поверхностей деталей. В связи с этим, вопрос повышения износостойкости с помощью газотермических воздействий, в частности плазменного напыления с одновременным уменьшением металлоемкости, приобретает все большую актуальность. При плазменном напылении на первом месте стоит изучение явлений износа поверхности, так как в основе данного процесса лежат сложные физические и химические процессы, происходящие в поверхностном слое контактирующих тел. В данной работе изучение приведенных явлений осуществлялось на детале-представителе – шнеке, который используется в машине бурильно-шнековой МБШ 303. Проанализированы эксплуатационные условия работы шнека, действующие нагрузоки, приходящихся на его рабочую поверхность, определены основные виды износа, которому подвергается рабочая поверхность детали. Опираясь на уравнения по расчету винтовых передач, рабочей поверхности шнека, а также на существующие расчетные методики для определения величины абразивного износа детали, были разработаны расчетные методы по определению износа при упругом и пластическом контакте абразивных частиц с рабочей поверхностью шнека и его износа при микрорезании. Также были смоделированы выражения для определения величины абразивного износа плазменных покрытий рабочей поверхности шнека машины бурильно-шнековой МБШ 303. Разработанные системы аналитических выражений можно будет использовать при анализе износа не только плазменных покрытий, но и для всех видов газотермических покрытий на автоматических установках при напылении деталей со сложнопрофильной поверхностью.*

Ключевые слова: *износ, абразивные частицы, микрорезание, плазменное напыление, покрытие, оценка.*

ESTIMATION OF PLASMA COATING DURABILITY UNDER ABRASIVE DETERIORATION

S.Yu. Zhachkin, G.I. Trifonov, D.B. Slinko,
Federal state budgetary educational institution of higher professional education
Voronezh state technical University"
Federal State Budget Scientific Institution Federal Scientific
Agroengineering Center VIM

Abstract. *It is known from literature that the most widespread reason for machinery and mechanism operational failures is a deterioration and damage of part active surfaces. Due to that, durability improvement by means of gas-thermal treatments, particularly a plasma deposition with simultaneous metal fraction decrease, is of high interest. In a plasma deposition process, a research on surface degradation is of the highest priority. The degradation is based on complex physical and chemical processes taking place in surface layers of parts in contact. In this work, discussed phenomena were studied on a prototype part, which is a helical screw used in a boring machine МБШ 303. Operational conditions and types of loads affecting a helical screw active surface were analyzed. Major degradation mechanisms were determined. Based on equations calculating helical gear, screw active surface and part abrasive deterioration estimation methods, computational algorithms for screw active surface degradation estimation were developed. These algorithms include the elastic and inelastic interaction of a screw active surface with abrasive particles, as well as microcutting-induced deterioration. As a result, expressions estimating a degree of abrasive deterioration in boring machine's МБШ 303 plasma deposited screw coating were modeled. Developed analytical expression systems are applicable not only to plasma coating deterioration analysis but also to all kinds of gas-thermal treatments of complex surface parts performed with an automatic equipment.*

Keywords: *plasma spraying, a mathematical model, equation, sprayer, spot spray, surface, detail, auger.*

Введение. Проблема трения и изнашивания в настоящее время является одной из наиболее важных при эксплуатации машин. Вместе с тем более 80% всех отказов машин связано с износом их деталей при трении. В России на ремонте изделий вследствие износа их рабочих поверхностей задействовано в несколько раз больше производственных мощностей, чем на их изготовление.

Одним из эффективных направлений решения проблемы повышенного износа поверхностей деталей является нанесение защитных износостойких покрытий газотермическими методами, в т. ч. плазменным напылением [1].

Цель исследования. Цель данной работы усовершенствовать расчетные методы по определению величины абразивного износа, в частности расчет износа при упругом и пластическом контакте частиц с поверхностями, а также расчет износа при микрорезании абразивных частиц с плазменным покрытием поверхности детали.

Материалы и методы. В качестве детали-представителя для проведения исследований по усовершенствованию расчетных методов оценки износа был выбран шнек, который используется в машине бурильно-шнековой

МБШ 303. Данная машина предназначена для бурения с промывкой и сухим способом, также может быть использована при строительстве для установки столбов и свай [2].

При подробном анализе условий работы шнека, а также видов нагрузок, приходящихся на его рабочую поверхность, были определены основные виды его износа: абразивный, усталостная прочность, адгезивное изнашивание.

Следует отметить, что абразивный износ обычно составляет доли миллиметров. При этом шнек уже не может обеспечить нормальное протекание технологического процесса и должен быть заменен [3].

Для оценки целесообразности плазменной обработки контактной поверхности шнека проводятся расчеты напряжений, которым подвергается поверхность, в частности напряжение смятия $\sigma_{см,}$ расчет на прочность с учетом устойчивости $\sigma_{сж,}$ приведенное напряжение $\sigma_{пр}$ [4]:

$$\begin{aligned} &\sigma_{см} \le [\sigma_{см}] \\ &\sigma_{сж} =\le \psi_1 [\sigma_{см}] \\ &\sigma_{пр} =\le [\sigma_p] \end{aligned} \qquad (1)$$

где ψ_1 – коэффициент уменьшения допускаемых напряжений для сжатых стержней, который выбирают в зависимости от гибкости λ из таблицы 1 [4].

Таблица 1

Зависимость коэффициента уменьшения допускаемых напряжений от гибкости

λ	30	50	60	80	100	120	140	160
Ψ_1	0,91	0,86	0,82	0,70	0,51	0,37	0,29	0,24
	0,91	0,83	0,79	0,65	0,43	0,30	0,23	0,19

Для оценки износа рабочей сложнопрофильной поверхности шнека необходимо произвести усовершенствование расчетных уравнении по оценке износа пар трения скольжения, а именно уравнения расчета износа при упругом и пластическом контакте абразивных частиц с поверхностью, а также уравнения расчета износа при микрорезании [5].

Результаты и обсуждение. Внедрение абразивных частиц в поверхность сопровождается их относительным скольжением. Объем вовлеченного в контактную деформацию материала [6]:

$$\Delta V = \pi h^2 (R - \frac{1}{3} h) n_a \qquad (2)$$

где h – глубина внедрения частицы (мкм); R – усредненный объемный радиус частиц (мкм); $n_а$ – число частиц, находящихся в зоне трения.

Удельная интенсивность изнашивания рассчитывается следующим образом [6].

$$i_h = \frac{\Delta V}{2 A_r a n_p}$$

где A_r – фактическая площадь контакта (мкм^2); a – радиус пятна контакта (мкм); $n_р$ – число циклов.

Интенсивность абразивного изнашивания, основанная на усталостной природе разрушения поверхности трения I_1 и интенсивность абразивного изнашивания при микрорезании I_2, в общем виде имеют вид [6]:

$$I_1 = \frac{4 i_h A_r}{\pi A_a}$$
$$I_2 = \frac{h k n_a}{A_a} \times 10^{-6} \qquad (3)$$

где A_a – номинальная площадь контакта (мкм^2), k – ширина царапания (мм).

Учтем уравнения, описывающие геликоидную поверхность [7]:

$$x = r \cos \varphi$$
$$y = r \sin \varphi \qquad (4)$$
$$z = h_1 \varphi$$

где $0 < r < b$, $0 < \varphi < 2\pi$; r – внешний радиус винтовой поверхности (мм); h_1 – шаг винтовой линии, I – ширина винтовой поверхности (мм), φ – угол подъема винтовой линии (град).

Помимо уравнения площади геликоидной поверхности, стоит учитывать площадь той части поверхности, которая подвергалась обработки плазменного напыления:

$$S_1 = \pi \left[(r - r_1)\sqrt{(r - r_1)^2 + h_1^2} + h_1^2 \ln \frac{(r - r_1) + \sqrt{(r - r_1)^2 + h_1^2}}{h_1} \right] \times m \qquad (5)$$

где r_1 – максимальный радиус рабочей поверхности, которая не подвергалась плазменному напылению (мм), m – количество витков шнека.

В итоге учитывая объем вовлеченного в контактную деформацию материала, удельную интенсивность изнашивания и уравнение по расчету площади (5) выводим систему уравнений для расчета интенсивности абразивного изнашивания рабочей поверхности шнека и интенсивности абразивного изнашивания при микрорезании:

$$I_{h1} = \frac{2h^2 (R - \frac{1}{3}) n_a}{m \times a \times n_p \times \left[(r - r_1)\sqrt{(r - r_1)^2 + h_1^2} + h_1^2 \ln \frac{(r - r_1) + \sqrt{(r - r_1)^2 + h_1^2}}{h_1} \right]} \qquad (6)$$
$$I_{h2} = \frac{h k n_a}{\pi \left[r\sqrt{r^2 + h_1^2} + h_1^2 \ln \frac{r + \sqrt{r^2 + h_1^2}}{h_1} \right] \times m} \times 10^{-6}$$

После приведенных преобразований в расчетных методах по оценке изнашивания и износа винтовой поверхности шнека после плазменной обработки можно рассчитать величину износа во всех описанных случаях.

В общем виде величина износа определяется $U = I_h \times L \times 10^{-6}$, где L – путь трения (мм). Есть несколько предположений, что с увеличением скорости скольжения интенсивность изнашивания быстро уменьшается, износ зависит не от скорости скольжения, а лишь от пути трения.

Путь трения можно определить по формуле [8]:

$$L = L_1 \times N_ц \tag{7}$$

где L_1 – путь трения за один оборот геликоида (мм), при этом $L_1 = \frac{\pi d_2}{\cos\psi}$; $N_ц$ – число циклов за время работы.

Угол подъема геликоида ψ определим по схеме, приведенной на рисунке.

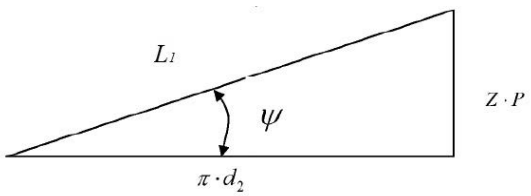


Рис. Развертка винтовой линии

Число циклов за время работы определяется [8] $N_ц = 60 \times n \times t_h \times K_E$,

где n – частота вращения шнека (об/мин); t_h – время работы (мин); K_E – коэффициент эквивалентности.

В итоге моделируя уравнение для расчета величины износа при упругом и пластическом контакте абразивных частиц с поверхностью, а также износа при микрорезании, получаем:

$$U_1 = \frac{120\pi \times h^2 \times d_2 \times (R - \frac{1}{3}) n_a \times n \times t_h \times K_E}{m \times a \times n_p \times \left[(r - r_1)\sqrt{(r - r_1)^2 + h_1^2} + h_1^2 \, ln \frac{(r - r_1) + \sqrt{(r - r_1)^2 + h_1^2}}{h_1} \right] \times cos\psi} \times 10^{-6}$$

$$U_2 = \frac{60\pi \times h \times k \times n_a \times d_2 \times n \times t_h \times K_E}{\pi \left[r\sqrt{r^2 + h_1^2} + h_1^2 \, ln \frac{r + \sqrt{r^2 + h_1^2}}{h_1} \right] \times m \times cos\psi} \times 10^{-6}$$

где U_1 – величина износа рабочей поверхности шнека, которая основана на усталостной природе разрушения поверхности трения (мм); U_1 – величина износа при микрорезании (мм).

Выводы. Опираясь на уравнения из теории механизмов и машин, в частности на уравнения по расчету винтовых передач, сложнопрофильной поверхности, а также на существующие расчетные схемы для определения величины абразивного износа детали, были предложены новые методы по прогнозированию износа рабочей поверхности шнека.

Получены выражения для определения величины абразивного износа плазменных покрытий на сложнопрофильной рабочей поверхности шнека машины бурильно-шнековой МБШ 303 [9-12].

Библиографический список

1. Жачкин С.Ю. Применение технологии плазменного напыления для повышения эксплуатационной надежности сельхозмашин / С.Ю. Жачкин, Г.И. Трифонов, Н.А. Пеньков // Журнал «Наука в Центральной России Science in the central Russia» ФГБНУ ВНИИТИН. №4 (28), 2017 г. С.131-136.

2. Комбалов В.С. Методы и средства испытаний на трение и износ конструкционных и смазочных материалов: справочник / под. ред. К.В. Фролова, Е.А. Марченко // М.: Машиностроение, 2008. 384 с.

3. Трифонов Г.И. Влияние плазменного напыления композиционных порошковых материалов на износостойкость деталей машин / Г.И. Трифонов, С. Ю. Жачкин // Журнал «MASTER'S JOURNAL». ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет». 2017 г. С. 30-36.

4. Зотов Б.Н. Расчет характеристик шнеков постоянного и переменного шага //Машины и установки: проектирование, разработка и эксплуатация. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электронный журнал, 2015. № 03. С. 29-40.

5. Пеньков Н.А. Расчет напряжений в дисперсно-упрочненных композитных гальванических покрытиях / Н.А. Пеньков, С.Ю. Жачкин, О.А. Сидоркин, С.В. Нелысов // Журнал «Наука в Центральной России Science in the central Russia» ФГБНУ ВНИИТИН. 2016. № 2. С. 32-37.

6. Икрамов У.А. Расчетные методы оценки абразивного износа. М.: Машиностроение, 1987. 288 с.

7. Гевко Б.М. Технология изготовления спиралей шнеков // М. Львов: Вища шк. 1986. 128 с.

8. Чичинадзе А.В., Берлинер Э.М., Браун Э.Д. и др. Трение, износ и смазка (трибология и триботехника) // М.: Машиностроение. 2003. С. 107–139.

9. Соснин Н.А. Плазменные технологии. Руководство для инженеров /С.А. Ермаков, П.А. Тополянский // СПб: Изд-во Политехи, ун-та, 2013 г. – 406 с.

10. Нелысов С.В. Математическое моделирование нанесения композитных покрытий плазменным напылением / С.В. Нелысов, С.Ю. Жачкин, Г.И. Трифонов // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн: материалы IV Международной научно-практической конференции: в 3 т. / под общ. ред. В. А. Немтинова; ТГТУ. Тамбов: ТГТУ, 2017. Вып. 4. С. 63-69.

11. Лобачевский Я.П., Сидоров С.А., Миронов Д.А., Хорошенков В.К., Вайнерман А.Е., Пичужкин С.А., Голосиенко С.А., Чернобаев С.П., Юрков М.А. Новые износостойкие наплавочные материалы в сельскохозяйственном машиностроении // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2014. N 6. С. 27-31.

12. Sidorov S.A., Khoroshenkov V.K., Lobachevskii Ya.P., Akhmedova T.S. Improving wear resistance of agricultural machine components by applying hard-alloy thick-layer coatings using plasma surfacing. Metallurgist. 2017. T. 60. N11-12. 1290-1294.

References

1. Zhackin S.Yu. Application of the technology of plasma spraying to improve the operational reliability of the machinery / S.Yu. Zhackin, G.I. Trifonov, N.A. Pen'kov // Journal "Science in the Central Russia Science in the central Russia". No. 4 (28), 2017 p. 131–136.

2. Kombalov V.S. Methods and means of testing for friction and wear of structural and lubricating materials: Handbook / pod. ed. K.V. Frolov, E.A. Marchenko / / M.: Machine building, 2008. - 384 p.

3. Trifonov, G.I. Influence of plasma spraying of composite powder materials on the wear resistance of machine parts / G.I. Trifonov, S.Yu. Zhackin // «MASTER'S JOURNAL».

Perm national research Polytechnic University. 2017 P. 30–36.

4. Zotov, B.N. Calculation of the characteristics of screws with constant and variable pitch / B.N. Zotov // Machinery and plants: design, development and operation. MGTU name of. H. E. Bauman. Electronic journal, 2015. No. 03. – P. 29-40.

5. Pen'kov N.A. The calculation of stresses in dispersion-strengthened composite galvanic coatings / N.A. Pen'kov, S.Yu. Zhackin, O.A. Sidorkin, S.V. Nelysov // Journal «Science in the Central Russia Science in the central Russia». 2016. No. 2. P. 32–37.

6. Ikramov U.A. Computational methods for the evaluation of abrasive wear. M.: Engineering, 1987 – 288 p.

7. Gewko, B.M. Technology of production of spirals of the screws // M. – Lviv: Publishing house at Lviv, 1986. - 128 p.

8. Chichinadze A.V., Berliner E.M., Brown E.D. et al. Friction, wear and lubrication (tribology and tribotechnics) // M.: Mechanical engineering, 2003. - P. 107-139.

9. Sosnin N.A. Plasma technology. A guide for engineers / N.A. Sosnin, S.A. Ermakov, P.A. Topolyansky // SPb: Izd-vo Politiche University press, 2013 406 p.

10. Nelysov S.V. Mathematical modeling of the deposition of composite coatings by plasma spraying / S.V. Nelasov, S.Yu. Zhackin, G.I. Trifonov // Virtual modeling, prototyping and industrial design: materials of IV International scientific-practical conference: in 3 t. / - Tambov:Ppublishing House of f "TGTU", 2017. - Issue. 4. - P. 63-69.

11. Lobachevsky, P. Ya., Sidorov S. A., D Mironov.Oh, Horoshenkov.K., Weinerman, A. E., Pichuzhkin.Golosienko S., With Chernobaev.P., Yurkov M. M. wear-resistant surfacing materials in agricultural engineering // Agricultural machinery and technology. 2014. N 6. P. 27-31.

12. Sidorov S.A., Khoroshenkov V.K., Lobachevskii Ya.P., Akhmedova T.S. Improving wear resistance of agricultural machine components by applying hard-alloy thick-layer coatings using plasma surfacing. Metallurgist. 2017. T. 60. N11-12. 1290-1294.

УДК 631.358

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛОСНОЙ ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Бадри Хутаевич Ахалая[1], кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail:badri53@yandex.ru;
Юрий Хасанович Шогенов[2], доктор технических наук, заведующий Сектором механизации электрификации и автоматизации, e-mail:yh1961s@yandex.ru;
Юлия Сергеевна Ценч[1], кандидат педагогических наук, ведущий научный сотрудник;
Сергей Андреевич Квас[1], аспирант
[1]Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация
[2]Российская академия наук, Москва, Российская Федерация

Реферат. *Привели краткий анализ метода обработки почвы, который в мире принято называть технологией «Strip-Till». Основная особенность данного метода состоит в том, что одновременно с рыхлением верхнего плодородного слоя на глубину обработки в почву вносятся минеральные или органические удобрения, при этом обрабатывается не вся площадь, а ее часть. (Цель исследований) Повышение качества обработки почвы при полосном способе возделывания с совмещением нескольких операций. (Материалы и методы) Задачу для достижения цели решили путем создания комбинированного рабочего органа, при котором технология полосной обработки почвы содержит лучшие свойства традиционной и безотвальной обработок почвы. Известно, что многократные проходы почвообрабатывающих агрегатов по полю, связанные с необходимостью выполнения нескольких операций, неизбежно приводят к чрезмерному уплотнению и распылению почвы. Под действием колес тракторов агрегатные комочки почвы разрушаются, распыляются, плотность почвы повышается, а капиллярность и влагопроницаемость уменьшаются. (Результаты и обсуждение) Разработкой новой конструкции комбинированной лапы культиватора обеспечили повышение качества обработки почвы и беспрепятственный доступ оросительной воды в нижележащие слои почвенной структуры, доступные для корневой системы растений. Выполнили щелеватель в виде диска с углом заточки 8…10°, чем улучшили не только процесс работы, поскольку на рабочей поверхности диска не скапливаются растительные остатки, но и снизили тяговое сопротивление агрегата, а соответственно и расход горючего. (Выводы) Разработкой комбинированного почвообрабатывающего рабочего органа для технологии полосной обработки почвы повысили урожайность большинства культур до 25%. Это стало возможным благод11аря развитию более мощной и разветвленной корневой системы растений, которая позволяет культурам охватывать большую площадь плодородного горизонта.*

Ключевые слова: *полосная обработка почвы, плодородие, культивация, щелевание, урожай, экология.*

IMPROVED TECHNOLOGY FOR STRIPE ENERGY RESOURCE-SAVING SOIL PROCESSING

[1]Akhalaya B. Kh., e-mail:badri53@yandex.ru;
[2] ShogenovYu.Kh., e-mail:yh1961s@yandex.ru;
[1]Julia S. Tsench,
Kvas1S.A. postgraduate
[1]Federal agricultural research center VIM, 109428. Moscow.
[2]Russian Academy of Sciences, 119991. Moscow.

Abstract. *They gave a brief analysis of the method of tillage, which in the world is called the technology "Strip-Till". The main feature of this method is that simultaneously with the loosening of the upper fertile layer to the depth of treatment, mineral or organic fertilizers are introduced into the soil, while not the entire area, but its part is processed. (The purpose of research) Improving the quality of tillage in the band method of cultivation with the combination of several operations. (Materials and methods) the Task to achieve the goal was solved by creating a combined working body, in which the technology of strip tillage contains the best properties of traditional and non-soil tillage. It is known that multiple passes of tillage units on the field, associated with the need to perform several operations, inevitably lead to excessive compaction and spraying of the soil. Under the action of the wheels of the tractor aggregate clumps of soil dissolved, sprayed, soil density increases and the capillarity and the moisture permeability decreases. (Results and discussion) The development of a new design of the combined leg of the cultivator provided improved quality of treatment and unhindered access of irrigation water to the underlying soil layers available for the root system of plants. Performed slitter in the form of a disk with a sharpening angle of 8 ... 10°, which improved not only the operation process, since the working surface of the disk does not accumulate plant residues, but also reduced the traction resistance of the unit, and accordingly the fuel consumption. (Conclusions) The development of a combined tillage working body for the technology of strip tillage increased the yield of most crops to 25%. This was made possible by the development of a more powerful and branched root system of plants, which allows crops to cover a large area of fertile horizon*

Keywords: *way treatment of soil, fertility, cultivation, meleanie, crop, ecology.*

Введение. Технологию полосной обработки почвы широко применяют во многих странах Европы, это связано с преимуществами данного вида возделывания почвы.

В разрыхленные полосы одновременно с внесением удобрений часто производится и посев семенного материала в зависимости от готовности почвы. Благодаря этой технологии у культур развивается мощная корневая система, что способствует получению хорошего урожая в будущем.за счет отсутствия традиционной механической обработки с оборотом плодородного слоя, в грунте снижаются потери влаги, и поддерживается постоянная температура земельного горизонта. При этом технология полосной обработки почвы позволяет значительно экономить дорогостоящие ресурсы и самое главное - при данном способе обработки земли сохраняется ее естественное плодородие и снижается риск образования ветровой и водной эрозии [1-3].

Благодаря тому, что удобрения непосредственно с зерном попадают на

идеальную глубину в нужном количестве, обеспечивается последующая равномерность всходов, что является еще одним немаловажным плюсом для повышения общей урожайности. При этом значительно экономится общее количество затрачиваемых удобрений и стимуляторов роста.

Кроме того, для проведения полосной обработки на высоком уровне сельхозпроизводителям понадобятся высокоточные навигационные станции для быстрого нахождения предварительно обработанных и необработанных рядов. Высокая точность сигнала и четкое позиционирование позволяет выращивать на подготовленных и обработанных участках промежуточные культуры, которые способствуют оздоровлению почвы, обогащая ее полезными веществами и микроэлементами. Одним из главных условий повышения эффективности производства конкурентоспособной сельскохозяйственной продукции является обеспеченность агропромышленного комплекса высокоэффективными машинными технологиями, агрегатами и техническими средствами для обработки почвы, к числу которых относятся и культиваторы [4-7]. Наиболее распространенными видами культиваторов являются те, которые снабжены двухсторонними стрельчатыми и подрезными лапами, производящие рыхления почвы на глубину 8-16 см вслед за подрезными лапами и – для совместной работы – подрезания сорняков с одновременным рыхлением, ими оснащены многие почвообрабатывающие агрегаты [8-10].

Цель исследования – повышение качества обработки почвы при полосном способе возделывания с совмещением нескольких операций.

Матералы и методы. Поставленная цель достигается тем, в комбинированном рабочем органе (Рис.1), содержащем держатель, два крыла

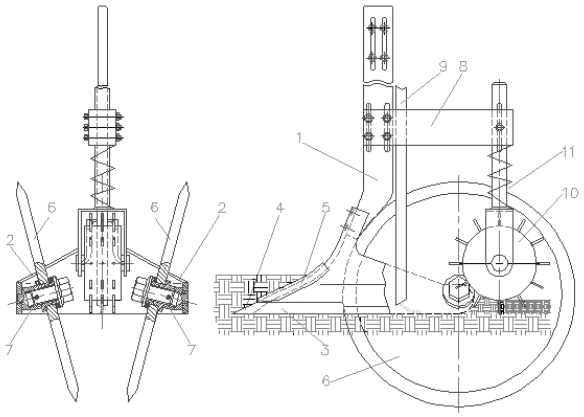


Рис.1. Комбинированная лапа культиватора с двумя щелевателями: 1 – держатель; 2 – крыло культиваторной лапы; 3 – лезвие лапы; 4 – лобовая часть; 5 – долото; 6 – щелеватель; 7 – цапфа щелевателя; 8 – кронштеин держателя; 9 – семяпровод; 10 – прикатывающий каточек; 11 – шипы каточка; 12 – прижимная пружина

с лезвиями, наплавленными износостойким слоем на ее лобовой части от носка лапы до места крепления к держателю, и долото, щелеватель выполнен в виде двух смонтированных на цапфах дисков, установленных под углом 20…25° к вертикальной оси и жестко закрепленных на концах кры-

льев с возможностью их демонтажа. На держателе культиватора размещен кронштейн с жестко закрепленными на нем семяпроводом и прикатывающим каточком. Каточки выполнены с шипами и с прижимной пружиной, установленными с возможностью регулировки по высоте и демонтажа, при этом параметры высоты рабочей части лапы, длины шипа, диаметры каточка и щелевателя определены соотношением 1:1:2:3.Выполнение щелевателяв виде двух смонтированных на цапфах дисков, установленных под углом 20…25° к вертикальной оси, позволяет нарезать щели для циркуляции водовоздушного режима в непосредственной близости от вертикальной плоскости размещения семян высеянных семяпроводом. Следом за семяпроводом вращающимся каточком уплотняется почва, а выполнение их с шипами обеспечивает возможность для дополнительного доступа влаги. Размещение на цапфах дисков, жестко закрепленных на концах крыльев с возможностью их демонтажа, а на держателе культиватора - кронштейна с жестко закрепленными на нем семяпровода и прикатывающим каточком с шипами и с прижимной пружиной, позволяет, при необходимости, комбинированную лапу культиватора легко перевести на однооперационный режим работы, т. е. на культивацию почвы. Во время движения культиватора долото, закрепленное на лобовой части лапы рыхлит почву и лезвия лапы, имеющие заточку, обеспечивают полное подрезание корней сорняков. Щелеватель, в виде двух дисков, нарезает щели, одновременно через семяпровод высеваются семена, вращающимся каточком с помощью прижимной пружиной прикатывается почва для улучшения ее контакта с семенами. Щелеватель способствует улучшению процесса регулирования водо-воздушного режима происходящего в почве, необходимого для корневой системы растений. В лаборатории рекультивации земель и мелиоративных машин ВИМ разработаны конструкции различных почвообрабатывающих агрегатов [5] среди которых культиваторы [патент РФ 2017г. №2622694] для полосной обработки почвы, которую можно использовать для культивации и щелевания, при этом щелевание проводят одним диском расположенным вертикально и установленным между крылами культиваторной лапы рис. 2.

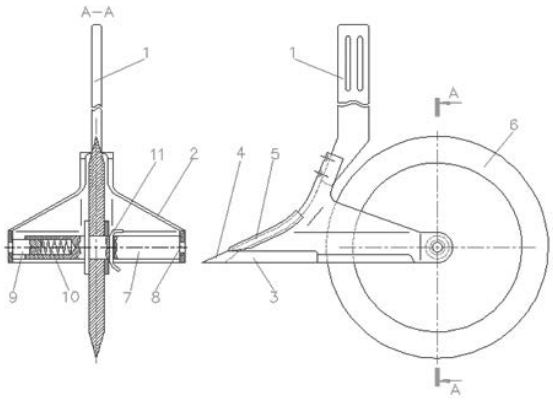


Рис.2. Устройство для обработки почвы с одним дисковым щелевателем: 1 – держатель лапы культиватора; 2 – крыло; 3 – лезвие крыла; 4 – лобовая часть; 5 – долото; 6 – щелеватель; 7 – ось крыльев лапы; 8, 9 – отверстия крыла; 10 – пружина; 11 – шплинт держателя диска

Лапа культиватора состоит из держателя и двух крыльев с лезвиями, расположенным на наружной поверхности вдоль края крыльев, лобовой части, долота и щелевателя установленного в отверстиях с помощи оси, подпружиненные одним концом. Диск на оси крепится шплинтом.

Результаты и обсуждение. В результате за один проход агрегат выполняет рыхление верхнего слоя почвы без оборота пласта, подрезание сорняков, нарезания щелей, высев семян, прикатывания почвы. С помощью демонтажа дополнительных рабочих органов лапы культиватора обеспечивается перевод его на одну операцию – культивацию и достигается его универсальность. Применение предлагаемой конструкции комбинированной лапы культиватора обеспечивает повышение качества обработки, эксплуатационной надежности щелевателя и беспрепятственный доступ оросительной воды в нижележащие слои, доступные для корневой системы растений.

Выполнение щелевателя в виде диска с углом заточки 8…10°, не только улучшается процесс работы, поскольку на рабочей поверхности диска не скапливаются растительные остатки, но и снижается тяговое сопротивление агрегата, а соответственно и расход горючего. В процессе работы культиваторные лапы уничтожают сорную растительность. Щелеватель установленный на оси, выполненный в виде диска с возможностью вращения, легко погружается в почву и нарезает щель, этим регулируется водо - воздушный баланс происходящий в почве и улучшается состояние корневой системы растений.

Выводы.

Технология полосной обработки способна увеличить урожайность большинства культур до 25%. Это стало возможным благодаря развитию более мощной и разветвленной корневой системы растений, которая позволяет культурам охватывать большую площадь плодородного горизонта.

Применение такой технологии является экономически выгодным, экологически обоснованным способом обработки почвы, при котором повышается урожайность возделываемой культуры, и восстанавливается плодородный слой почвы. Разработанные конструкции рабочих органов культиватора с долотом, совмещенная со щелевателем, позволяет производить обработку почвы, как комбинированным способом, так и отдельно культивацию со снятым щелевателем, что достигается очень просто. Наличие щелевателя способствует более устойчивому ходу культиватора и обеспечивает улучшение качества обработки почвы до 10%.

Библиографический список

1. Измайлов А.Ю. Шогенов Ю.Х. Разработка интенсивных машинных технологий и новой энергонасыщенной техники для производства основных видов сельскохозяйственной продукции // Техника и оборудование для села. 2016. №5. С.2-5.

2. Лобачевский Я.П. Новые почвообрабатывающие технологии и технические средства // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2000. № 8. С. 30-32.

3. Лобачевский Я.П., Колчина Л.М. Современное состояние и тенденции развития почвообрабатывающих машин. М.: Росинформагротех. 2005. С. 116.

4. Ахалая Б.Х., Шогенов Ю.Х. Механизация и автоматизация рабочих процессов обработки почвы и посева // Российская сельскохозяйственная наука. 2017. №2. С. 59-62.

5. Катков П.И., Ахалая Б.Х. Анализ конструкций комбинированных плугов // Техника в сельском хозяйстве. 2006. №6. С. 32-34.

6. Sidorov S.A., Lobachevskii Y.P., Khoroshenkov V.K., Akhmedova T.S., Vorob'ev D.A, Metallurgist. Wear and breakage resistance of hard alloy coatings strengthened with

tungsten carbide 2018. T. 61. № 11-12. C. 1023-1028.

7. Мазитов Н.К., Лобачевский Я.П., Рахимов З.С., Хлызов Н.Т., Шарафиев Л.З., Садриев Ф.М., , Дмитриев С.Ю. Российская технология обработки почвы и посева на основе собственных конкурентоспочсобных инновационных машин // Достижения науки и техники АПК. 2014.N.7.C 68-70

8. Лобачевский Я.П., Старовойтов С.И., Чемисов Н.Н. Энергетическая и технологическая оценка почвообрабатывающего рабочего органа. //Сельскохозяйственные машины и технологии. 2015. N5. C. 10-13.

9. Лобачевский Я.П., Эльшейх А.Х. Обоснование расстановки дисковых рабочих органов в комбинированных почвообрабатывающих агрегатах// Сельскохозяйственные машины и технологии. 2009. N4. C. 22-28.

10. Несмиян А.Ю., Ценч Ю.С. Тенденции и перспективы развития отечественной техники для посева зерновых культур //Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. T.12.N3.C. 45-52.

11. Елизаров В.П., Артюшин А.А. Ценч Ю.С. Перспективные направления развития отечественной сельскохозяйственной техники //Вестник ВИЭСХ. 2018. 2(31) С.12-18.

References

1. Izmailov A.Yu. ShogenovYu.Kh. development of intensive machine technologies and new energy-saturated machinery for production of the main types of agricultural products // Machinery and equipment for rural areas. 2016. No.5. P. 2-5.

2. Lobachevsky Ya.P.. New tillage technologies and technical means of Mechanization and electrification of agriculture. 2000. №8. P. 30-32.

3. Lobachevsky Ya.P. ,Kolchina, L.M. current status and development trends of soil-cultivating machines . Moscow: Rosinformagrotekh, 2005. 116 p.

4. Akhalaya B.H., Shogenov Yu.Kh. Mechanization and automation of working processes of tillage and seeding // Russian agricultural science. 2017. №2. 59-62.

5. Rollers P.I., Akhalaia B.H., Analysis of structures combined plows // Technique in agriculture. №6. 2006. P. 32-34.

6. Sidorov S.A., Lobachevskii Ya.P., Khoroshenkov V.K., Akhmedova T.S., Vorob'ev D.A, Metallurgist. Wear and breakage resistance of hard alloy coatings strengthened with tungsten carbide 2018. T. 61. № 11-12. C. 1023-1028.

7. Mazitov N.K., Lobachevsky Ya.P., Rahimov Z.S., R & D Center N.T., Of its convenient L. Z., Sadriev F.M. , Dmitriev, S. Yu., the Russian technology of processing of soil and crops based on your own konkurentosposobnoi innovative machines // Advances in science and technology AIC. 2014.N. 7.From 68-70

8. Lobachevsky Ya.P., Starovoitov S.I., Chemezov N.N. Energy and technological assessment of tillage of the working body. // Agricultural machinery and technology. 2015. N5. P. 10-13.

9. Lobachevsky Ya.P., Elsheikh A.H. The rationale for the placement of disk working bodies in the combined soil-cultivating aggregates //Agricultural machinery and technologies. 2009. N4. 22-28.

10. Nesmiyan A.Y., Tsench Yu.S. Trends and prospects of development of domestic machinery for sowing crops //Agricultural machinery and technologies. 2018. Vol. 12. N3. P. 45-52.

11. Liskin I.V., Mironov D.A., Sidorov S.A. the Balance of the plow in the vertical plane. Agricultural machines and technologies. 2014. N6. P. 41-46.