Федеральное агентство научных организаций

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

ТРУДЫ ГОСНИТИ

Том 130

Москва
2018

Теоретическое и научно-практическое издание «Труды ГОСНИТИ» основано в 1963 году. Учредитель и издатель – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (ФГБНУ ФГБНУ ФНАЦ ВИМ). Труды зарегистрированы в федеральной службе по надзору в сфере связи информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) св-во о рег. ПИ №ФС77-71468 от 13.11.2017 года.

Редакционный совет:
Черноиванов В.И. – академик РАН, д.т.н., профессор – председатель редакционного совета.
Лялякин В.П. – д.т.н., профессор – заместитель председателя, ведущий научный сотрудник ФНАЦ ВИМ.
Соловьев С.А. – д.т.н., профессор, чл.корр. РАН – ФНАЦ ВИМ.
Соловьев Р.Ю. – к.т.н., зав отдела сельскохозяйственного машиностроения.
Дорохов А.С. – д.т.н., чл.корр.РАН – зам.директора ФНАЦ ВИМ
Денисов В.А. – д.т.н. – зав.отдела ФНАЦ ВИМ
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.
Шарифуллин С.Н. – д.т.н., профессор филиала Казанского федерального университета, член совета.
Кешуов С.А. – д.т.н., профессор, Казахский НИИМЭСХ Республики Казахстан, член совета.
Буксман В.Э., к.т.н., региональный менеджер по СНГ Amazonen-Werbe, Германия – член совета.

Адрес редакции: 109428, г. Москва, 1-й Институтский пр., д. 1.
Тел.(495)371-21-44
www.gosniti.ru e-mail: valpal-1938@mail.ru

Свидетельство о регистрации:
ПИ №ФС77-71468 от 13.11.2017года

Выходит 4 раза в год.
Подписано в печать __.___.2018 г.
Формат 60х84/8. Объем ___п.л.
Тираж 100 экз., заказ 945.
Отпечатано в типографии ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

ISSN-2587-6864

«Труды ГОСНИТИ» включены в перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ для публикации трудов соискателей ученых степеней кандидатов и докторов наук.

«Труды ГОСНИТИ» включены 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 «Proceedings of GOSNITI» was founded in 1963. The founder and publisher is the Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Agroengineering Center VIM» (FGBKU FGBNU FNAC VIM). Proceedings are registered with the Federal Service for Supervision in the Area of Communications of Information Technologies and Mass Communications (Roskomnadzor) ПИ №ФС77-71468 from 11/13/2017.

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 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)
Soloviev R.Yu. - Ph.D., director of the center of agricultural machinery (rudsol@mail.ru)
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 SN - doctor of technical sciences, professor of the branch of Kazan federal university, member of the council. (saidchist@mail.ru, + 7-960-054-85-95) R.Tatarstan, Chistopol
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)
Buksman V.E., Ph.D., regional manager for the CIS Amazonen-Werbe, Germany - member of the council. (+ 49-173-933-94-61, +49 (05405) 501-321 Viktor.Buxmann@amazone.de)

Actual address of the editorial office: 109428, Moscow, 1 st Institutsky pr., 1.
Phone: (495) 371-21-44 e-mail: valpal-1938@mail.ru, www.gosniti.ru

Certificate of registration (Roskomnadzor):
PI № FSC77-71468 of 11/13/2017

It turns out 4 times a year.
The format is 60x84 / 8. Circulation 100 copies,
Printed in the printing house of the FGBACU FNAC VIM

Certificate of registration at the National Center
ISSN-2587-6864

«Proceedings of GOSNITI» are included in the list of publications recommended by the Higher Attestation Commission of the Russian Federation for the publication of the works of applicants for academic degrees of candidates and doctors of science.
«Proceedings of GOSNITI» are 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

Мишина З.Н., Табаков П.А.
Состояния инженерно-технического обеспечения сельскохозяйственного производства России 12

Петрашев А.И., Кузнецова Е.Г., Клепиков В.В., Губашева А.М.
Технология противокоррозионной защиты техники мазутным составом 20

Пархоменко Г.Г., Пархоменко С.Г.
Метод модернизации машинно-тракторных агрегатов путём рециклизации функциональных блоков 26

Кузьмин В.Н., Горячева А.В.
Поддержка экспорта российской сельскохозяйственной техники 35

Кушнарев С.Л.
Фирменный технический сервис машин и оборудования 43

Лебедев А.Т., Павлюк Р.В., Глебова Е.Н., Волкова К.С.
Современные тенденции организации инновационной деятельности в сельском хозяйстве развитых стран 49

Неговора А.В., Нигматуллин Ш.Ф.
Совершенствование устройства для определения характеристики впрыскивания дизельной форсункой 57

Немцев А.Е., Коротких В.В., Деменок И.В., Лившиц В.М.
Определение количества предприятий технического сервиса 63

Русаков А.Н.
Техническое обслуживание стригальных машинок в крестьянских фермерских хозяйствах 68

Черноиванов В.И., Габитов И.И., Неговора А.В.
Цифровые технологии и электронные средства в системе технического обслуживания и ремонта автотракторной и комбайновой техники 74

Гвоздев А.А.
Опыт работы научно-технического образовательного и производственного центра при Ивановской ГСХА 82

Костомахин М.Н., Табаков П.А., Федоров Д.И.
Использование беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве 87

Дунаев А.В.
Методы повышение ресурса, экономичности и экологичности автотракторной техники при техническом обслуживании 91

Мазитов Н.К., Сорокин Н.Т., Шарафиев Л.З., Лобачевский Я.П., Сахапов Р.Л.
Механизм ликвидации продовольственной зависимости России 97

Казакова В.А., Шинкевич В.А., Дунаев А.В.
Стандарт - инструмент повышения качества проведения сертификации в АПК . . 103

Козеев А.А., Балтиков Д.Ф., Лукманов Р.Л.
Оптимизация параметров энергетического комплекса на основе газогенераторной установки 108

Костомахин М.Н., Воронов А.Н., Табаков П.А.
Компьютерная программа и устройство в системе сбора информации о надежности техники в условиях рядовой эксплуатации 115

Табаков П.А., Федоров Д.И., Мишина З.Н.
Проблемы технической оснащенности АПК Чувашской республики 120

Богатырев С.А., Рудик Ф.Я., Лялякин В.П.
Оценка динамики нагружения и дефектного состояния ножей центробежных свеклорезок 126

Кравченко И.Н., Овчинникова М.С., Сиротов А.В.
Методические основы управления качеством предоставления услуг на предприятиях технического сервиса 134

ВОССТАНОВЛЕНИЕ И УПРОЧНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ 141

Стребков С.В., Слободюк А.П., Сахнов А.В., Бондарев А.В.
Об упрочнении рабочей кромки почвообрабатывающих орудий электроискровым легированием 142

Тополянский П.А., Ермаков С.А., Тополянский А.П.
Кремниевые покрытия для предотвращения образования углеродистых отложений, связанных с горением топлива 151

Цирков П.А., Вялков В.Г., Глазунов С.Н., Якушин Б.Ф.
Способ выбора наплавочных материалов и режимов наплавки гладких поверхностей изделий из легированных сталей, работающих в агрессивных средах в условиях циклического термомеханического нагружения 159

Фархшатов М.Н., Муйдинов А.Ш., Мадазимов М.Т.
Перспективы сотрудничества с республикой узбекистан в области восстановления изношенных деталей сельскохозяйственных машин 163

Сенин П.В., Ионов П.А., Кузнецов В.В., Столяров А.В., …
Оценка триботехнических свойств конструкционных материалов 168

Лебедев А.Т., Марьин Н.А., Захарин А.В., Лебедев П.А., …
Исследование износа высевающего комплекта пневматической пропашной сеялки 177

Логачев В.Н.
Свойства покрытий полученных электродуговой металлизацией с применением аэрозольного флюсования 184

Иванов В.И., Костюков А.Ю., Чавдаров А.В.
Автоматизация процесса ЭИЛ на примере установки 4D 190

Иванов В.И.
Об использовании и развитии метода электроискрового легирования в России . . . 196

Задорожний Р.Н., Романов И.В., Шемберев И.А.
Исследование свойств металлических порошков, полученных из отходов твердых сплавов электроэрозионным диспергированием 208

Голубев И.Г., Спицын И.А., Быков В.В., Голубев М.И.
Перспективы применения аддитивных технологий при ремонте сельскохозяйственной техники 214

Герасимов В.С.
Утилизация сельскохозяйственной техники в АПК 220

Гвоздев А.А., Усольцева Н.А., Березина Е.В., Дунаев А.В., …
Исследование триботехнических характеристик перспективных смазочных материалов с углеродными наночастицами 228

Вялков В.Г., Глазунов С.Н., Цирков П.А.
Расчёт химического состава наплавочных материалов и наплавленного слоя при электродуговой наплавке ферромагнитной шихтой 232

Бирюков В.П., Фишков А.А., Татаркин Д.Ю.
Влияние лазерного упрочнения профилированным и колеблющимся лучом на повышение износостойкости деталей машин 238

Артамонов С.Н., Скоропупов Д.И., Милованов Д.А.
Математическое исследование кинетики роста МДО-покрытия при использовании нанолегирования с эффектом электрофореза 244

Кириллов К.И., Слинко Д.Б.
К вопросу о выборе технологии восстановления работоспособности режущего инструмента туннелепроходческих механизированных комплексов 249

Корнейчук Н.И., Лялякин В.П.
Перспективы использования индустриальных методов восстановления изношенных деталей машин гальваническими и полимерными покрытиями в современных условиях развития агропромышленного технического сервиса 254

Иванов В.П., Вигерина Т.В.
Источники экономической эффективности ремонтно-восстановительного производства 265

Михальченков А. М., Бардадын Н.А.
Имитационные лабораторные испытания на абразивное изнашивание исполнительных органов почвообрабатывающих орудий 271

CONTENTS

MAINTENANCE. REPAIR 11

Vorobiev, Y.V., Dunaev, A.V., Makarkin, I.M.
Activation of motor fuels 12

Tekuchev, I.K., Tekucheva, M.S.
The new direction in mechanization of processes in cowsheds 20

Dunaev A.V., Pustovoi, I.F., Ryzhov V.G.
The mechanisms of formation of tribotechnical coatings
when using geomodificators friction. 29

V.V. Alt, O.F. Savchenko, S.N. Olshevsky, O.V. Elkin, D.N. Klimenko
Automated technology of energy monitoring of the tractor fleet of agricultural
enterprises 40

Ivanov Y.A., Tsoi L.M.
The livestock technical base – state and prospects of development 49

V.S. Gerasimov, V. I. Ignatov, S. A. Buryakov, N.V. Artyukh
Features of formation of system of recycling of road construction
and municipal equipment 65

ChavykinYu.I.
Scientific and practical aspects of factual database “Machinery and Equipment
for Technical Service in Agro-Industrial Complex (AIC)” and its representation
in the Internet 71

Pastukhov A.G., Timashov E.P.
Evaluation of the calorific intensity of transmission units on the basis
of system approach 77

Sakovich N.Ye., Khristoforov Ye.N., Nikolaev M.Yu.
Assessment of Safety of Transport Processes in Agribusiness, Defined
by Actions Service Staff 83

L.A. Nemenushchaya, L. JU. Konovalenko
Green technology AIC 91

Tverdohlebov S.A., Parkhomenko G.G.
Progressive method for determination operating and technological parameters
for machines tillage. 95

Baltayev T.A., Salimov B.N. Korolev A.A., Korolev A.V.
Technology nonabrasive ultrasonic testing superfinish rings thrust bearings. 100

E.V. Bykova
Using of Nanopraparation Dispersant Additive for Varnish and Paint Materials. . . . 107

V.M. Korneev, Yu.V. Kataev
On the issue of the formation of carbon deposits on the details
internal combustion engine. 112

Sakovich N.Ye., Khristoforov Ye.N., Nikolaev M.Yu.
To the Question of Safety of Transport Processes in Agricultural Production 116

Solonitsyn E.V, Olkhovatsky A.K
Ensuring sustainable functioning effective repair In agricultural enterprises. 123

Sukharev V.A
Calculation of tension of static and indefinable flat farms by a method of movements 130

Ponomarev, A.S., Metelev, A.A., Nemchikova, M.N., Davydov, A.A.
Improving full load curve of engine VAZ-21127, by application turbocharged and new engine management system 135

RESTORATION AND HARDENING OF DETAILS 145

Mikhalchenkov, A. M., Loktev, A. A., Feskov, S. A. Ermakova, T. A.
To the question about the shape of the particle quartz fraction of soil and their influence on the wear of components of the working bodies of tillers 146

Pastukhov, A. G., Sharaya, O. A., Berezhnaya, I. Sh.
Experimental study of electro-mechanical modes of hardening of details of the «plunger» 152

Novikov, A. A., Ermakova, T. A., Semashev, M. V., Semicheva, V. M.
The application of the strengthening in the recovery of executive bodies of tillers 162

Drizhov, V. C.
Analysis of stress-strain state during surfacing of the roller on the heat-resistant steel plate. 168

Ageeva, E. V., Zubarev, M. A.
Development of the installation for production of powder materials suitable for technological processes of restoration and hardening of details 173

Senin, P. V., Ionov, P. A., Kuznetsov, V. V., Stolyarov, A. V…
Evaluation of tribotechnical properties of construction materials 178

Zhachkin, S. Yu., Penkov, N. A., Sidorkin, O. A., Nelysov, S. V.,
Manage internal stresses in the plating of composite coatings based on iron 187

Rakov, N. V., Lezin, P. P., Rubtov, O. S.
Calculation and selection of landing to connect «Engine block - a bush camshaft» engine D-260 192

Zhachkin, S. Yu., Penkov, N. A
Modeling of the effect of the dimensions and concentration of the reinforcing filler phase on the properties of dispersed-hardened composite electroplating coatings. 197

Artamonov, S. N., Milovanov, D. A., Chavdarov, A. V., Skoropupov, D. I.
Electrochemical behavior of MDO coatings in acidic, alkaline and neutral media. . . .202

Denisov, V. A., Kotin, A. V., Salmin, V. V.
Indigenous recovery support cylinder block of engines KAMAZ-740 208

Kotin, A. V., Konakov, A. V., Denisov, V. A.
Modeling of the restored bearing connection load process 212

Zubina V.
Methods of optimization and computer programs for improving the efficiency of the machine and tractor fleet 217

Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Shaykhov M.K., Shaykhov M.M.
Grain seeders in complex of machines for technologies of restoration agricultural lands. 223

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…)

Кроме статьи в редакцию представляются рецензия на публикуемую статью.

Представляемые в редакцию материалы в обязательном порядке рецензируются специалистами по тематике рецензируемых материалов. 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.

ОРГКОМИТЕТ 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.

Ваша статья будет опубликована в очередном научном сборнике «Труды ГОСНИТИ», который включен в Перечень ВАК и систему цитирования «AGRIS» для публикации результатов исследований по докторским и кандидатским диссертациям.

Адрес для отправления материалов:
E-mail: valpal-1938@mail.ru
109428, г.Москва, 1-й Институтский проезд, дом 1, с отметкой «Труды ГОСНИТИ», 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.

Your article will be published in the next scientific collection «Proceedings of GOSNITI», which is included in the VAK List and the «AGRIS» citation system for publication of research results on doctoral and candidate dissertations.

Address for sending materials:
E-mail: valpal1938@mail.ru
109428, Moscow, 1-st Institutsky Proezd, Building 1, FGBNU FNAC VIM
with the note «Proceedings of GOSNITI», addressed to the leading employee
of Lyalyakin Valentin Pavlovich.
Telephones for information: 8 (495) 371-21-44;

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ. РЕМОНТ

УДК 631.173.2/4

СОСТОЯНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА РОССИИ

З.Н. Мишина, ст.науч.сотр.,
ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»
Тел. +7 (499) 174-80-70, e-mail: zoy4538@mail.ru)
Табаков П.А., к.т.н., профессор, Чебоксарский институт (филиал) «Московского политехнического университета» petr_46@mail.ru

ENGINEERING STATUS-TECHNICAL SUPPORT OF AGRICULTURAL PRODUCTION OF RUSSIA

Z. N. Mishina, senior researcher Federal state budgetary scientific institution «The Federal agricultural research centre VIM» e-mail: zoy4538@mail.ru
Tabakov PA, Ph.D., professor, petr_46@mail.ru, 89278546421
Cheboksary Institute (branch) of the Moscow Polytechnic University, Cheboksary

Реферат. *В статье приводится анализ парка сельскохозяйственной техники. Показано, что парк тракторов ежегодно сокращается на 25 тыс. шт., парк комбайнов ежегодно сокращается на 5 тыс. единиц. Обеспеченность сельхозтоваропроизводителей техникой оценивается в 40-65%. Сокращаются объемы поставок импортной техники. В эксплуатации сокращается большая доля техники находящейся за пределы нормативных сроков использования. Показано, что одновременно растут затраты на ремонт техники, так за пять лет эксплуатации тракторов типа К-700 выросли затраты на его ремонт с 100 до 300 тыс. руб. Большинство ремонтных работ выполняются в ремонтных мастерских сельских товаропроизводителей. Проведен анализ обеспеченности ремонтных мастерских оборудованием. С целью повышения качества ремонта, выполнения всех операций технологий предложен табель замены существующего оборудования не принципиально новое, разработанное и рекомендованное специалистами научно-исследовательских институтов. Проведен анализ наличия инженерных структур в системе управления АПК в регионах. Показано, что инженерные службы функционируют только в 25 субъектов РФ из 85. В 18 субъектов РФ существуют смешенные отделы, в 23 субъектах только планируют создать инженерно-технические службы. Проведен мониторинг парка техники и состояние инженерно-технической инфраструктуры АПК показал тенденции сохранения парка машин, определил необходимость модернизации ремонтно-технологического оборудования новым, современным с целью улучшения качества ремонта и сокращения затрат на содержание техники.*

Abstract. *The article provides an analysis of Park of agricultural machinery. It is shown that the fleet of tractors is annually reduced by 25 thousand units, a fleet of harvesters annually reduced by 5 thousand units. Provision of agricultural equipment is estimated at 40-65%. Reduced supplies of imported equipment.*

In operation is reduced, a large proportion of equipment which is beyond the standard terms of use. It is shown that the simultaneously rising costs for repair of equipment, in five years of operation of the tractors K-700 increased the cost of its repair from 100 to 300 thousand rubles. Most repairs performed in repair shops rural producers. The analysis of provision of workshop equipment. With the aim of improving the quality of repairs, all operations of the technologies proposed Timecard replacement of existing equipment is not completely new, developed and recommended by the experts of the research institutes. The analysis of presence of engineering structures in the system of management of agriculture in the regions. It is shown that the engineering service function only in 25 constituent entities of the Russian Federation from 85. In 18 constituent entities of the Russian Federation, there are mixed divisions, in 23 constituent entities plan to create an engineering and technical services. The monitoring of the fleet and the condition of the engineering infrastructure agriculture showed a tendency of maintaining the fleet, has identified the need for repair and modernization of technological equipment with new, modern with the aim of improving the quality of repairs and reduce maintenance costs of equipment.

Ключевые слова: *парк техники, затраты на ремонт, инженерная инфраструктура, восстановление деталей, сельхозтоваропроизводители.*

Keywords: *machinery, repair costs, engineering infrastructure, restoration parts, agricultural producers.*

В настоящее время, в связи со значительными количественными и качественными изменениями парка сельскохозяйственной техники, а также изменяющимися условиями хозяйствования, требуется дальнейшее совершенствование форм и правил использования машин, улучшение организации их обслуживания, ремонта и модернизации ремонтно-эксплуатационной базы (РЭБ).

Для построения эффективной инфраструктуры технического сервиса на уровне хозяйств и региона необходимо знать ее фактическое состояние и сформировавшиеся тенденции изменений по наличию парка техники, количеству предприятий, видам ремонтно-обслуживающих работ, затратам средств на технический сервис и другим показателям.

Наличие и состояние сельскохозяйственной техники, объемы работ и затраты средств на ремонт анализировались на основании данных формы «1-РЕМ» отчетности, представленных Министерствами агропромышленных формирований субъектов Российской Федерации в Минсельхоз России за период 2003-2017 г.г.

Обобщенная информация об изменении парка машин, охвата их ремонтом, плановых затрат средств на ремонт в период 2003-2016 гг. представлена в табл. 1.

По состоянию машинно-тракторного парка на 2017 г., в сельском хозяйстве России, эксплуатировалось 385,7 тыс. тракторов, в том числе класса 5 и импортных этого же класса – 44,7 тыс. шт., кл. 4, включая импортные – 39,8 тыс. шт. Среднее ежегодное сокращение парка тракторов всех классов в среднем после 2003 г. составило более 25,0 тыс. шт.

В 2017 г. в стране насчитывалось 109,2 тыс. зерноуборочных комбайнов всех классов, в том числе 50,2 тыс. шт. комбайнов кл. 7 и 8. За последние четырнадцать лет ежегодное среднее сокращение парка зерноуборочных комбайнов всех классов составило около 5,0 тыс. единиц.

Таблица 1

Парк машин, охват ремонтом и затраты средств на ремонт техники в сельском хозяйстве России в период 2003-2017 г.г.

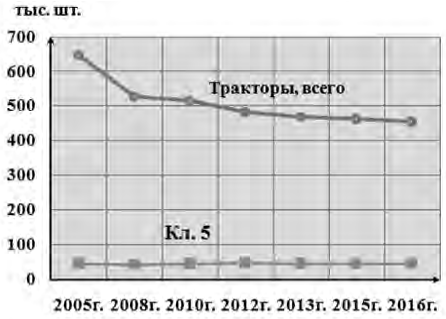
Наименование показателей	Ед. изм.	2003г.	2005г	2008г.	2010г.	2012г.	2015г.	2016 г	2017г.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Наличие техники									
- тракторы, всего	тыс. шт.	738,3	645,6	525,6	514,8	481,6	463,3	454,6	385,7
- в т.ч. класса 5		48,4	46,4	43,8	45,9*)	49,8*)	46,6	47,3	44,7
- в т.ч. класса 4		58,8	49,6	45,3	44,2*)	45,5*)	43,8	43,1	39,8
- комбайны зерноуборочные, всего		188,4	168,6	140,2	135,6	128,7	124,4	123,1	109,2
- в т.ч. класса 7-8		37,9	39,2	36,8	45,3*)	48,9*)	52,0	50,9	50,2
- грузовые автомобили		400,2	330,2	248,7	225,9	207,5	196,8	189,7	161,2
- комбайны кормоуборочные		48,0	43,3	31,2	25,8	21,8	19,9	18,6	15,2
Структура годовых затрат средств на ремонт техники, всего	%	100	100	100	100	100	100	100	100
- тракторы		46,0	44,1	46,7	40,9	46,7	46,2	44,5	32,8
- комбайны зерноуборочные		25,0	22,5	23,6	27,6	21,7	23,7	25,4	10,2
- грузовые автомобили		15,0	14,2	12,7	13,9	13,0	10,8	11,3	8,8
- комбайны кормоуборочные		5,0	5,8	4,1	3,5	4,0	4,6	4,2	3,4
- плуги, сеялки, культиваторы		9,0	9,0	10,4	11,8	12,0	12,2	12,0	10,0
- косилки самоходные		-	1,7	1,1	1,3	1,4	1,2	1,4	1,1
- комбайны свеклоуборочные		-	2,7	1,4	1,0	1,2	1,3	1,2	1,3
Затраты средств на один ремонт	тыс. руб.								
- тракторы, в среднем		40,4	49,0	74,5	85,0	100,7	119,8	148,3	156,8
- в т.ч. класса 5		104,0	118,0	176,0	196,0	199,8	248,7	326,5	305,1
- в т.ч. класса 4		64,6	67,0	106,2	119,0	142,5	189,7	204,7	211,8
- комбайна зерноуборочного		62,9	73,0	108,8	110,0	135,6	176,0	233,0	239,8
- в т.ч.класса 7-8		94,8	154,0	217,0	169,0	176,0	203,4	279,6	316,2
- грузового автомобиля		26,8	33,6	44,7	69,0	63,2	67,7	91,4	101,3
- комбайна кормоуборочного		53,8	76,0	88,9	110,0	143,4	217,7	247,0	283,9
- плуги		5,4	5,8	9,7	13,0	18,1	23,3	28,9	37,1
- сеялки		6,7	9,1	12,7	19,0	21,4	26,1	32,3	48,8
- культиватора		5,9	8,0	13,2	18,0	19,7	24,3	27,9	30,5
- косилки самоходной		-	59,0	50,0	85,0	99,7	111,7	147,6	173,5
Охват ремонтом парка машин:	%								
- тракторы, всего		54,0	58,0	55,0	49,0	46,0	42,0	39,7	38,2
- в т.ч. класса 5		56,0	59,0	56,0	52,0	47,0	45,0	44,8	44,1
- в т.ч. класса 4		59,0	63,0	58,0	54,0	48,0	45,0	44,3	42,4
- комбайны зерноуборочные		72,0	75,0	68,0	62,0	59,0	54,0	53,3	51,8
- в т.ч. класса 7-8		70,0	60,0	47,0	54,0	51,0	50,0	50,2	46,4
- грузовые автомобили		47,0	53,0	51,0	47,0	47,0	41,0	39,3	38,3
- комбайны кормоуборочные		70,0	71,0	66,0	62,0	60,	54,0	54,6	54,5
- плуги		65,0	61,0	59,0	57,0	55,0	43,0	41,1	40,5
- сеялки		71,0	70,0	66,0	64,0	47,0	50,0	49,4	49,7
- культиваторы		71,0	71,0	67,0	63,0	55,0	47,0	47,5	46,4
- косилки самоходные		-	58,0	60,0	57,0	53,0	50,0	46,5	46,5
- комбайны свеклоуборочные		-	55,0	57,0	60,0	58,0	50,0	50,1	49,2

**) включая импортную технику такого же класса.*

Парк кормоуборочных комбайнов уменьшился за период с 2003 года в 2,4 раза и составил в 2017 г. 15,2 тыс. шт.

Аналогичное сокращение парка происходило и по другим видам сельскохозяйственных машин.

Изменения наличия тракторов и зерноуборочных комбайнов в сельском хозяйстве России за 2003-2016 гг. показаны на рисунке 1.



Тракторы *Комбайны*

Рисунок. 1. Изменение наличия тракторов и зерноуборочных комбайнов в сельском хозяйстве России

Анализ кривых на рисунке 1 показывает, что наиболее высокие темпы сокращения парка тракторов всех классов и зерноуборочных комбайнов всех классов были в период 2003-2008 г.г.: так по тракторам в этот период сокращение парка составило 42 тыс. ед. в год, в сравнении с 15 тыс. ед. в год в период 2008-2016 г.г., по зерноуборочным комбайнам всех классов, такие показатели составили соответственно 9 и 3 тыс. ед. в год.

Обеспеченность сельхозтоваропроизводителей техникой в соответствии с Методикой использования условных коэффициентов перевода тракторов в эталонные единицы [1] оценивается в 40-65%.

Сократилась поставка импортной техники. За 2015г. Общий объем таких поставок в Россию уменьшился в среднем с 2014 годом, на 54% (табл.2) [2].

Таблица 2

*Поставка техники на внутренний рынок России в январе-марте 2015 г.**

Наименование техники	Заводы России		Импорт	
	2015 г., шт.	Изменения к 2014 г., %	2015 г., шт.	Изменения к 2014 г., %
Тракторы (более 50 л.с.)	911	-31,0	955, в т.ч. 640 б/у	-45,0
Зерноуборочные комбайны	334	-41,3	2	-50,0
Плуги	504	70,8	4237	-32,0
Бороны	3961	73,3	3144	53,0
Культиваторы	788	17,8	146000**	-21,0
Сеялки	704	-2,5	1166	-44,0
Общий объем поставок заводами сельскохозяйственного машиностроения	-24,3		-54,0	

* *по данным ОАО «Росагромаш»*

** *вклю*чая рыхлители

Положение усугубляется еще тем, что сохраняется большая доля техники находящейся за пределами нормативных сроков использования (табл. 3).

Анализ инженерной инфраструктуры хозяйств показал, что имеющееся в производственных мастерских ремонтно-технологическое оборудование старых моделей не используется из-за невозможности адаптировать его с поступающей новой техникой. В этих мастерских не осуществляется вос-

становление изношенных деталей.

В этой связи по всем видам техники сохраняется рост удельных годовых затрат на ремонт.

Таблица 3

Структура парка сельскохозяйственной техники

Наименование	Всего, тыс.шт.	До 3-х лет, %	От 3-х лет,%	Более 10 лет, %
Тракторы	454,6	15,0	24,1	60,9
Зерноуборочные комбайны	123,1	20,5	32,4	47,1
Кормоуборочные комбайны	18,6	23,0	34,6	42,4

По тракторам затраты на ремонт приходящие на одну списочную машину в 2016 г. необходимо денежных средств 148,3 тыс. руб.

- на один трактор класса 5 – 47,3 тыс. руб.,
- на один трактор класса 4 – 41,3 тыс. руб.

Графически изменения средних годовых затрат на ремонт одной списочной машины по годам показаны на рис. 2.

Отмечается большой разброс значений затрат на ремонт в разрезе регионов. Так, при средних затратах на ремонт одного трактора в 49,3 тыс. руб. по России, разброс затрат составляет от 22,0 до 105,0 тыс. руб. Значительный разброс затрат на ремонт имеет также место по зерноуборочным комбайнам и грузовым автомобилям.

Тракторы *Комбайны*

Рисунок 2. Изменение затрат средств на ремонт, приходящихся на одну списочную машину

В соответствии с данными регионов (форма «1-РЕМ») 95-97% от общего объема работ по ремонту техники выполняется в ремонтных мастерских сельскохозяйственных товаропроизводителей и других владельцев техники, которые в основном сохранили сложившуюся в 90-е годы структуру и состоят из объектов на центральной усадьбе и в подразделениях - филиалах (бригадах и отделениях).

Укрупненное группирование сельхозорганизаций по среднему количеству тракторов в одном хозяйстве приведено в таблице 4 на основе данных регионов о количестве сельхозорганизаций и парке тракторов в 2016 г.

По данная таблицы 4 видно, что наибольшая доля сельхозпредприятий имеет парк тракторов до 50 ед. (97%).

В 90-е годы доля хозяйств с указанным парком до 50 тракторов составляло 47% и с парком 50-100 тракторов – 40%%. То есть произошло значительное сокращение размеров хозяйств по обеспеченности парком тракторов [3].

Таблица 4

Группирование сельскохозяйственных организаций по количеству тракторов в 2016 году в Российской Федерации

Среднее количество тракторов в одном сельхозпредприятии, шт.	Число сельхозпредприятий, шт.	Количество сельхозпредприятий, в %
1	2	3
До 10	2016	10
10-20	7661	38
21-35	6653	33
36-50	3024	15
51-75	604	3
76-100	202	1
–	20160	100

К регионам с наиболее крупными сельхозпредприятиями (со средним показателем парка тракторов на одно хозяйство более 30) относятся: Белгородская, Воронежская, Орловская, Тамбовская, Тульская области в Центральном федеральном округе; Астраханская, Волгоградская области, Краснодарский край, Ростовская область в Южном федеральном округе; Кабардино-Балкарская республика, Ставропольский край в Северо-Кавказском федеральном округе; Республика Татарстан, Оренбургская, Саратовская области в Приволжском федеральном округе; Челябинская область в Уральском федеральном округе; Алтайский край, Омская область в Сибирском федеральном округе.

С учетом существующего типажа проектов центральных ремонтных мастерских: на 25, 50, 75, 100, 150, 200 для указанных регионов при модернизации центральных мастерских наиболее востребованным будет проект на 50 тракторов общей площадью 1583 м^2 и годовой трудоёмкостью выполнения работ 23,6 тыс. чел.-ч.

Остальная группа регионов имеет более низкий средний показатель парка тракторов в одном хозяйстве – менее 30 тракторов на одно хозяйство. Для этой группы наиболее востребованным будет проект мастерской на 25 тракторов площадью 1281 м^2.

Главным фактором эффективности центральных ремонтных мастерских хозяйств, которые выполняют в настоящее время более 95% объемов работ по ремонту техники является их обеспеченность современным ремонтно-технологическим оборудованием (РТО). Для обслуживания парка техники большинство имеющихся старых испытательных, разборо-сборочных, обкаточных стендов требует замены или модернизации. В таблице 5 приводятся рекомендации учеными ФНАЦ ВИМ по замене существующего оборудования современными моделями [3].

В рамках ежегодного мониторинга в 2017 году проводился анализ наличия инженерных структур в системе управления АПК регионов оказывающих непосредственное влияние на состояние и развитие технического обеспечения сельскохозяйственного производства.

По оперативным данным имеют инженерную службу в виде самостоятельных отделов 25 регионов. Республика Башкортостан единственный из регионов имеющий во всех своих 54 районах в структуре райуправлений – главных инженеров.

Таблица 5

Рекомендации по замене табеля оборудования в ремонтных мастерских сельхозтоваропроизводителей

Наименование оборудования	Заменяемая модель	Рекомендуемая модель
1	2	3
Сварочное оборудование		
Трансформатор сварочный	ТС-300	ТДМ-503
Преобразователь сварочный	ПСО-300М	Ресанта САИ 250 ПН
Генератор ацетиленовый	АСК-1-67	АСП-15
Генератор ацетиленовый	АСМ-1-66	АСП-10
Моечное оборудование		
Машина моечная	ОМ-837Г-ГОСНИТИ	ОМ-35468
Машина моечная	ОМ-947И-ГОСНИТИ	ОМ-35494
Установка насосная для наружной мойки тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин	П12-ГАРО	Моечная машина высокого давления Karcher HD 6/15 C Plus
Установка для промывки системы смазки тракторов	ОМ-2871-ГОСНИТИ	КИ-28241ГОСНИТИ
Стенды, приборы и приспособления для диагностики и контроля		
Стенд обкаточно-тормозной для обкатки и испытания двигателей	КИ-1363В-ГОСНИТИ	КИ-28249
Стенд универсальный для испытания, регулировки топливных насосов, подкачивающих помп и фильтров с комплектом «А»	КИ-921-ГОСНИТИ	КИ-35478-1-ГОСНИТИ
Стенд универсальный контрольно-испытательный для проверки электрооборудования	КИ-968-ГОСНИТИ	Э-250М02
Стенд универсальный для испытания масляных насосов и фильтров двигателей	КИ-1575М-ГОСНИТИ	КИ-28199-ГОСНИТИ
Прибор для определения технического состояния цилиндропоршневой группы двигателя	НИИАТ-К-69	КИ-28134М-ГОСНИТИ
Вольтамперметр	КИ-1093-ГОСНИТИ	Мультиметр DMM-1000
Ремонтно-технологическое оборудование, приспособления и инструмент		
Стенд универсальный для разборки и сборки двигателей	ОПР-989-ГОСНИТИ	Р-500Е
Стенд для разборки и сборки коробки перемены передач тракторов	ОПР-626-ГОСНИТИ	ОПР-626-ГОСНИТИ
Станок для шлифовки фасок клапанов	ОПР-823-ГОСНИТИ	Serdi HVR90
Приспособление для сборки муфты управления тракторов	ОПР-1540-ГОСНИТИ	КИ-28163-ГОСНИТИ
Комплект оснастка мастера-наладчика	ОРГ-4999-ГОСНИТИ	КИ-28092.01-ГОСНИТИ
Набор оборудования, приборов и приспособлений для ремонта электрооборудования	ПТ-761-2-ГОСНИТИ	КИ-5920М КИ-28246-ГОСНИТИ
Комплект оборудования, приборов и приспособлений для технического обслуживания аккумуляторных батарей	КИ-389-ГОСНИТИ	Э-412М1
Комплект универсальный приспособлений и съемников	ПИМ-483-ГОСНИТИ	ОР-15727М
Комплект приспособлений и инструмента для разборки и испытаний масляных насосов и фильтров двигателей	ОПР-3854-ГОСНИТИ	Комплект инструментов для ТР гидроагрегатов ОР-28155, для диагностики стенд КИ-28256.01
Оборудование для заправки, смазки и нанесения антикоррозионных покрытий		
Бак маслораздаточный	133-1-ГАРО	С -230
Установка для смазки и заправки	ОЗ-4967-ГОСНИТИ	МР-40, С-223-1
Оборудование для восстановления и упрочнения деталей		
Универсальная установка для восстановления деталей методами наплавки	-	01.01-305-ГОСНИТИ
Универсальный сверхзвуковой электродуговой металлизатор	-	ЭДМ-9ШД
Аппарат для скоростной электродуговой цементации	-	ЭДУ-2
Универсальная установка для сварки и восстановления деталей типа «Вал» методами наплавки и газотермического напыления	-	Вращатель 35500-ГОСНИТИ

В 18 субъектах функционируют смешанные отделы (3-5 чел.) курирующие наряду с вопросами механизации и технического сервиса вопросы растениеводства (Вологодская, Псковская обл.), мелиорации (Дагестан), регулирование продрынка (Кировская обл.), охраны труда (Оренбургская обл.), строительства (Кемеровская обл.) и другие направления.

23 региона только планируют в своих структурах создание инженерно-технических служб.

Таким образом, проведенный мониторинг парка техники и состояния инженерно-технической инфраструктуры АПК показал тенденции сокращения парка техники приходящегося на одно хозяйство, определил необходимость модернизации ремонтных мастерских хозяйств путем замены устаревшего ремонтно-технологического оборудования новыми современными образцами РТО, а также выявил обеспеченность государственных структур управления регионов инженерными подразделениями.

Литература

1. Методика использования условных коэффициентов перевода тракторов, зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов в эталонных единицы при определении нормативов их потребности. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 53 с.

2. Производство и рынок сельскохозяйственной техники в Российской Федерации. Ежемесячный информационный бюллетень. – М.: Росагромаш, 2015. – №12. – 62 с.

3. Инновационные направления развития ремонтно-эксплуатационной базы для сельскохозяйственной техники. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 160 с.

Literature

1. The method of using conventional conversion factors tractors, grain and forage harvesters in the reference unit in determining the standards to their needs. – Moscow: FGNU «Rosinformagrotekh», 2009. – 53 p.

2. Production and market of agricultural machinery in the Russian Federation. Monthly newsletter. – M.: Rosagromash, 2015. – No. 12. – 62 p.

3. Innovative directions of development of repair and maintenance base for agricultural machinery. – M.: FSBSI «Rosinformagrotech», 2014. – 160 p.

УДК 621.892: 620.197.7

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОТИВОКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ ТЕХНИКИ МАЗУТНЫМ СОСТАВОМ

А.И. Петрашев, ст.науч. сотр., зав лаб. организации хранения и защиты техники от коррозии, д-р техн. наук,
+7-920 474-64-07, vitin-10.pet@mail.ru
Е.Г. Кузнецова, ст.науч. сотр., канд. хим. наук,
В.В. Клепиков, ст.науч. сотр., канд. техн. наук
ФГБНУ ВНИИТиН, г. Тамбов,
А.М. Губашева, магистр, ст. преподаватель кафедры «Строительство и строительные материалы»
НАО «Западно-Казахстанский АТУ им. Жангир хана», г. Уральск, Республика Казахстан

THE TECHNOLOGY OF CORROSION PROTECTION OF MACHINERY BY BLACK OIL COMPOSITION

A.I. Petrashev, Dr. Sci. Tech., E.G. Kuznetsova, Ph. D. (Chem.), V.V. Klepikov, Ph.D. (Tech.) FGBNU VNIITiN, Tambov, vitin-10.pet@mail.ru
A.M. Gubasheva, master NAO ZKATU, Uralsk, Kazakhstan

Реферат. *Известно, что стоимость консервационных составов определяет величину эксплуатационных издержек на подготовку сельскохозяйственной техники к хранению. Изучали процесс противокоррозионной защиты стальных деталей консервационными составами на основе топочного мазута М100. Исследовано влияние концентрированных растворов минеральных удобрений на степень защиты стали 08кп покрытиями на мазутной основе, содержащими кубовые амины. Кубовые амины улучшали защитные свойства консервационных покрытий в растворах минеральных удобрений, снижая скорость коррозии металла до 4 раз. Отмечена высокая адгезия к металлу и хороший уровень атмосферостойкости покрытия из мазута М100 с 10 % кубовых аминов. Покрытие пригодно для защиты деталей сельскохозяйственной техники от атмосферной коррозии на срок до 12 месяцев. Разработан навесной агрегат, позволяющий осуществлять быстрый нагрев консервационного материала от низковольтного нагревателя. Навесной агрегат мобилен и технологически эффективен в условиях консервации сельскохозяйственной техники при пониженных температурах.*

Abstract. *It known that the cost of conservation structures determines the size of operational costs for preparation of agricultural machinery for storage. Studied process of anticorrosive protection of steel details by conservation structures based on M100 fuel black oil. Influence of strong solutions of mineral fertilizers on degree of protection became steel 08kp the coverings on a black oil basis supporting of bottoms amines. Bottoms amines improved protective properties of conservation coverings in solutions of mineral fertilizers, reducing corrosion rate of metal to four times. High adhesion to metal and good level of resistant to the atmosphere of a covering from M100 fuel oil and 10 % of bottoms amines. The*

covering is suitable for protection of details of agricultural machinery against atmospheric corrosion for a period of up to 12 months. Tractor-mounted unit that allows for rapid heating of conservation of the material from low-voltage heater designed. Mounted unit is mobile and technologically effective in terms of conservation of agricultural machinery at lower temperatures.

Ключевые слова: *сельскохозяйственная техника, противокоррозионная защита, топочный мазут, кубовые амины, навесной агрегат.*

Keywords: *agricultural machinery, corrosion protection, fuel black oil, bottoms amines, tractor-mounted unit.*

Введение. Стоимость защитных составов является основной статьей затрат на консервацию сельскохозяйственной техники. При подготовке машин к хранению механизаторы используют бензино-битумные составы с добавлением отработанного масла [1]. Однако, в современных условиях, из-за достаточно высоких цен на бензин и битум, себестоимость такого состава достаточно высока (порядка 38 руб/л). Поэтому актуален поиск дешевых и доступных компонентов для получения составов со сроком защитного действия на 10-12 мес. Анализ стоимости нефтепродуктов показал, что низкий ценовой уровень занимает топочный мазут М100 (7-10 руб/л). Он состоит из смеси углеводородов, нефтяных смол, асфальтенов, карбенов, карбоидов и металлорганических соединений, которые способны ингибировать коррозию стали [2].

Результаты и их обсуждение. Исследовали защиту пластин из стали 08кп покрытиями, содержащими мазут М100 и мазутные составы с присадками. Защищенные пластины погружали в 3 % раствор хлорида натрия на 14 суток. Мазутные составы готовили смешиванием мазута М100 с загущающими присадками (3-10 %) при нагреве до 80-100 оС. В качестве присадок использовали кубовые амины, кубовые остатки синтетических жирных кислот (КО-СЖК) и пушечное сало. Степень защиты (Z) пластин покрытиями определяли по формуле:

$$Z = \frac{\Delta m_{\text{о}} - \Delta m_{\text{п}}}{\Delta m_{\text{о}}} \cdot 100\,\%$$

где Δm_o – потеря массы пластины без покрытия, г/м^2; $\Delta m_{\text{п}}$ – потеря массы пластины, испытанной с покрытием, г/м^2.

Степень защиты (Z) стали 08кп мазутом М100 равнялась 94%. Введение в мазут пушечного сала от 3 до 10% немного повысило степень защиты стальных пластин в хлориде натрия от 95 до 97% соответственно (рисунок 1).

Добавление в мазут 3-10% КО-СЖК привело к снижению степени защиты металла до 87-92 %, что указывает на нецелесообразность использования данного вещества в качестве присадки к мазуту.

Введение в мазут 3 % кубовых аминов повысило степень защиты покрытия в растворе хлорида натрия от 94 до 98 % и снизило скорость коррозии металла в 3 раза. Под покрытиями с содержанием кубовых аминов в мазуте 5-10 % скорость коррозии металла снизилась до 6 раз.

В тех же условиях исследованы защитные свойства пленок из смесей мазута М100 с отработанным синтетическим маслом Мобил-1. Пленка из мазута М100 в 12 раз сильнее тормозила скорость коррозии в 3 % растворе

хлорида натрия, чем пленка из отработанного масла Мобил-1. Добавление в мазут до 10% отработанного масла Мобил-1 практически не меняло защитные свойства нанесенной пленки. Смесь данных компонентов в соотношении 1 : 1 в 3 раза сильнее замедляла скорость коррозии стали 08кп, чем отработанное масло Мобил-1.

Рисунок 1 – Зависимость степени защиты (Z) покрытий на основе мазута М100 от содержания в нем присадок при воздействии раствора хлорида натрия Исследуемый состав: 1 – (мазут М100 + кубовые амины); 2 – (мазут М100 + пушечное сало); 3 – (мазут М100 + КО-СЖК)

При работе с минеральными удобрениями несущие узлы и ходовая часть самоходных разбрасывателей, детали зернотуковых сеялок, культиваторов-растениепитателей подвергаются воздействию коррозионно-активных веществ и корродируют [3]. Нами изучена возможность их защиты от коррозии покрытием из мазута М100, а также мазутными составами с загущающими присадками: кубовыми аминами, кубовыми остатками синтетических жирных кислот (КО-СЖК), пушечным салом. Исследования проводили в концентрированных растворах азофоски (ТУ 2184-093-43499406-2001), аммиачной селитры (ТУ 2387-001-62423998-2009), карбамида Б (ГОСТ 2081-2010), сернокислого калия (ТУ 2184-093-43499406-2001), двойного суперфосфата (ТУ 2182-003-56937109-2002) и хлористого калия (ГОСТ 4568-95).

Исследования показали, что по степени коррозионного воздействия на сталь 08кп, защищенную покрытием из мазута М100, концентрированные растворы минеральных удобрений располагаются в следующем порядке (от сильного к слабому): азофоска > суперфосфат > сернокислый калий > карбамид > хлористый калий > аммиачная селитра.

Добавление в мазут 10 % кубовых аминов улучшило защитные свойства покрытия, обеспечив снижение скорости коррозии металла до 4-х раз, а введение 10 % присадки КО-СЖК или пушечного сала – ухудшило (рисунок 2).

Таким образом, в концентрированных растворах минеральных удобрений лучшую степень защиты углеродистой стали показало покрытие из состава, содержащего мазут М100 с 10 % кубовых аминов. Покрытие было подвергнуто годовым испытаниям на атмосферостойкость. При этом защищенные составом пластины размещались на стенде под открытым небом, и, в зависимости от погодных условий, подвергались действию осадков, нагреву и замораживанию, солнечной радиации и выветриванию.

Покрытия на пластинах высыхали и становились твердыми через 1,5 месяца испытаний. По истечению годового периода испытаний нанесенные покрытия имели высокую адгезию к металлу (11 балл по ГОСТ 15140-78) и

100% уровень атмосферостойкости. По результатам проведенных исследований ингибированный консервационный состав Инкос-ЭМ, содержащий мазут М100 с 10% кубовых аминов, рекомендован к применению при защите сельскохозяйственной техники от коррозии в период длительного хранения – до 1 года. Себестоимость его производства – 25 руб/л.

Рисунок 2 – Степень (Z) защиты стали 08 кп консервационными покрытиями, содержащими мазут М100 с присадками, при воздействии концентрированных растворов минеральных удобрений
Исследуемый состав: 1 – мазут М100 + 10 % кубовых аминов; 2 – мазут М100; 3 – мазут М100 + 10 % КО-СЖК; 4 – мазут М100 + 10 % пушечного сала

Для нанесения состава Инкос-ЭМ на рабочие органы машин, хранящихся на открытых площадках сельхозпредприятий, разработан навесной консервационный агрегат УЛН-03 (рисунок 3).

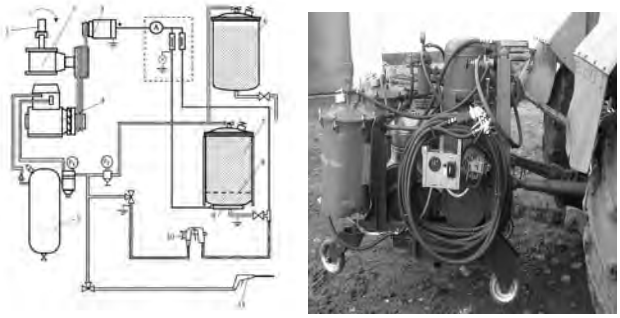


Рисунок 3 – Схема и общий вид навесного агрегата УЛН-03
1 – карданный вал; 2 – редуктор; 3 – генератор; 4 – компрессор; 5 – ресивер; 6 – напорный бак для состава Герон; 7 – напорный бак для состава Инкос-ЭМ; 8 – сетка; 9 – низковольтный нагреватель; 10 – пистолет-распылитель; 11 – продувочный пистолет

Навесной агрегат состоит из рамы на колесах, замка автосцепки, редуктора с карданом, компрессора У43102, генератора Г1000 (1 кВт, 28 В), ресивера, двух напорных баков для составов Герон и Инкос-ЭМ, шлангов, пистолета-распылителя, продувочного пистолета [4].

Напорный бак для вязкого состава Инкос-ЭМ вместимостью 20 л имеет теплоизоляцию и низковольтный нагреватель (0,45 кВт) под дном, работающий от тока генератора. Внутри полости бака установлена мелкоячеистая сетка, отделяющая от нее цокольный отсек объемом 4-5 л. В цокольном отсеке, прилегающем к дну бака, небольшой объем вязкого состава в течение

0,25-0,3 ч нагревается до 45 оС и становится жидким [5].

Внутри шланга, по которому состав нагнетается к пистолету-распылителю, пропущена нагревательная спираль из стальной сварочной проволоки. Один конец спирали соединен с «массой» установки, второй - подключен к клемме «плюс» генератора. Перед нанесением состава Инкос-ЭМ, шланг в течение 0,3 ч прогревают, подав ток от генератора к спирали. Для выдачи состава из бака используют сжатый воздух давлением 0,05-0,2 МПа.

Производственные испытания в течение 3-х лет позволили повысить надежность агрегата УЛН-03, обеспечить высокий уровень его технической и технологической безотказности при работе в полевых условиях. В настоящее время он эксплуатируется на площадках хранения техники в АО «Голицыно» Тамбовской обл. Используется для обдува поверхностей машин, для нанесения составов Инкос-ЭМ и Герон, подкачки пневматических шин. Посредством агрегата за одну смену (4-5 ч) наносят до 60 л консервационных составов на рабочие поверхности почвообрабатывающей и уборочной техники, разбрасывателей минеральных и органических удобрений.

Заключение. В результате применения мазутного состава Инкос-ЭМ и агрегата УЛН-03 в 3-5 раз снижены затраты и повышена производительность консервации машин в условиях пониженной до 3 оС температуры воздуха, улучшено качество противокоррозионной защиты аграрной техники при хранении на площадках до 12 мес. Достигнута экономия бензина - до 0,5 л на каждый литр нанесенного состава Инкос-ЭМ.

Список литературы

1. Сохраняемость и противокоррозионная защита техники в сельском хозяйстве / В.И. Черноиванов, А.Э. Северный, А.Н. Зазуля и др. – М.: Изд-во ГОСНИТИ, 2009. - 240 с.

2. Петрашев, А.И. Консервационные составы на мазутной основе для защиты сельскохозяйственной техники / А.И. Петрашев, Е.Г. Кузнецова, Ф.Д. Таха // Наука в центральной России. – 2016. - №5 (23). – С. 30-37.

3. Губашева, А.М. Противокоррозионная защита сельскохозяйственной техники для внесения минеральных удобрений / А.М. Губашева, Л.Г. Князева // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. - 2015. - Т. 3. - № 8-2 (19-2). - С. 116-124.

4. Губашева, А.М. Навесной агрегат для консервации аграрной техники при пониженных температурах / А.М. Губашева, А.И. Петрашев, Л.Г. Князева, А.Н. Зазуля // Наука в центральной России. - 2017. - №1 (25). - С. 43-54.

5. Петрашев, А.И. Исследование гидростатических напоров в консервационной жидкости при нагреве в резервуаре с цокольным отсеком / А.И. Петрашев, Л.Г. Князева, А.М. Губашева // Наука в центральной России. – 2017. - № 4 (28). – С. 71-81.

References

1. Sohranjaemost' i protivokorrozionnaja zashhita tehniki v sel'skom hozjajstve / V.I. Chernoivanov, A.Je. Severnyj, A.N. Zazulja i dr. – M.: Izd-vo GOSNITI, 2009. - 240 s.

2. Petrashev, A.I. Konservacionnye sostavy na mazutnoj osnove dlja zashhity sel'skohozjajstvennoj tehniki / A.I. Petrashev, E.G. Kuznecova, F.Y. Taha // Nauka v central'noj Rossii. – 2016. - № 5 (23). – S. 30-37.

3. Gubasheva, A.M. Protivokorrozionnaja zashhita sel'skohozjajstvennoj tehniki dlja vnesenija mineral'nyh udobrenij / A.M. Gubasheva, L.G. Knjazeva // Aktual'nye napravlenija nauchnyh issledovanij XXI veka: teorija i praktika. - 2015. - T. 3. - № 8-2

(19-2). - S. 116-124.

4. Gubasheva, A.M. Navesnoj agregat dlja konservacii agrarnoj tehniki pri ponizhennyh temperaturah / A.M. Gubasheva, A.I. Petrashev, L.G. Knjazeva, A.N. Zazulja // Nauka v central'noj Rossii. - 2017. - № 1 (25). - S. 43-54.

5. Petrashev, A.I. Issledovanie gidrostaticheskih naporov v konservacionnoj zhidkosti pri nagreve v rezervuare s cokol'nym otsekom / A.I. Petrashev, L.G. Knjazeva, A.M. Gubasheva // Nauka v central'noj Rossii. – 2017. - № 4 (28). – S. 71-81.

УДК: 631.343:631.538

МЕТОД МОДЕРНИЗАЦИИ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ ПУТЁМ РЕЦИКЛИЗАЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ БЛОКОВ

Пархоменко Г.Г., вед.н.сотр.
отдела механизации растениеводства, к.т.н.
Северо-Кавказский научно-исследовательский институт
механизации и электрификации сельского хозяйства
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», г. Зерноград,
тел. 89188917774, e-mail: parkhomenko.galya@yandex.ru
Пархоменко С.Г., доцент кафедры тракторов и автомобилей, к.т.н.,
Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО
«Донской государственный аграрный университет»,
г. Зерноград, тел. 89188917773, e-mail: s-parkhom@mail.ru

METHOD OF MODERNIZATION OF MACHINE-TRACTOR UNITS BY RECYCLING OF FUNCTIONAL BLOCKS

Parkhomenko G.G., Leading Researcher Department
of Mechanization of Plant Growth, Candidate of Technical Sciences
North-Caucasian Research Institute mechanization and electrification of agriculture
FBBU «Agrarian Science Center» Donskoy «, Zernograd,
tel. 89188917774, e-mail: parkhomenko.galya@yandex.ru
Parkhomenko S.G., Associate Professor of the Department
of Tractors and Cars, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Azov-Black Sea Engineering Institute FGBOU VO «Don State Agrarian University»,
Zernograd, tel. 89188917773, e-mail: s-parkhom@mail.ru

Реферат. *Статья посвящена вопросам совершенствования автоматических устройств. Автоматические устройства можно разделить на две группы: прямого и непрямого действия. Предпочтительнее непрямое воздействие. В статье представлен анализ автоматических устройств, применяемых для обработки почвы. Следящие устройства могут быть гидравлическими, электрогидравлическими и пневматическими. Гидравлические устройства дешевле электрических и пневматических. Гидравлические устройства имеют более высокую удельную энергонасыщенность. Вес гидравлических элементов благодаря высокой энергонасыщенности в 7-10 раз меньше веса электрических элементов той же мощности. Выбраны гидравлические следящие устройства. Приведены результаты усовершенствования гидравлической следящей системы машин для обработки почвы в рядах многолетних насаждений, применение которой позволит снизить затраты энергии на 49%. Проанализированы недостатки существующих гидравлических следящих систем, управляющих рабочим органом для обработки почвы. Установлено, что трапецеидальный механизм оставляет наименьшую необработанную площадь почвы. Другие механизмы оставляют необработанную площадь в 1,37-1,46 раза больше, чем трапецеидаль-*

ный. Разработана конструкция гидрораспределителя. Рассмотрен рабочий процесс в предлагаемой гидравлической следящей системе, который характеризуется повышением давления только в штоковой полости гидроцилиндра. Положительный эффект снижения затрат энергии может быть увеличен путём рационального выбора параметров рабочего органа.

Abstract. *The article is devoted to the questions of perfection of automatic devices. Automated devices can be divided into two groups: direct and indirect action. Preferable to indirect action. The article presents an analysis of the automatic devices used for a soil cultivation. Follower devices can be hydraulic, electro-hydraulic and pneumatic. Hydraulic devices at lower electric and pneumatic. Were chosen hydraulic follower devices. The best of energy and quality indicators of the technological process provided by when using hydraulic follower devices of devices. Hydraulic devices have higher specific energy content. The weight hydraulic elements thanks to high energy content of 7-10 times less the weight of electrical elements of the same capacity. Developed the method of computer modeling of follower systems. Presents results of improvement of hydraulic servo system of tillage machines for processing the soil in rows of perennial plants, the application of which will reduce energy costs by 49%. Analyzed the shortcomings of the existing hydraulic servo systems governing the working body for tillage. It is established that the smallest a trapezoidal mechanism leaves the untreated soil area. Other mechanisms leave untreated area 1,37-1,46 times than a trapezoidal. The developed design of the valve. Reviewed the workflow in the proposed hydraulic servo system, which is characterized by a pressure increase only in the rod end of cylinder cavity. The positive effect of reducing the cost of energy can be increased by rational choice of parameters of the working body.*

Ключевые слова: *гидравлическая следящая система, затраты энергии, защитная зона, рабочий орган, почва, гидрораспределитель*

Keywords: *hydraulic servo system, energy costs, safety zone, working body, soil, valve.*

Повышение точности регулирования режимов эксплуатации требует разработки современных систем автоматического регулирования (САР) почвообрабатывающих агрегатов. Все автоматические устройства можно разделить на две группы: прямого и непрямого (косвенного) действия. В устройствах прямого действия управление осуществляется непосредственно за счёт реакции объекта на обрабатываемую среду [1, 2]. В устройствах непрямого (косвенного) действия перемещение объекта управления осуществляется за счёт энергии, подводимой извне, источником которой в общем случае является двигатель трактора. Подобное управление осуществляется чувствительным элементом, взаимодействующим непосредственно с обрабатываемой средой. В устройствах непрямого действия чувствительный элемент оказывает определенное силовое воздействие на обрабатываемую среду, исключающее повреждение или нарушение её свойств. Автоматические устройства непрямого действия по виду алгоритма функционирования могут быть программными, астатическими и следящими. Механические устройства по виду алгоритма функционирования являются программными. При получении сигнала от обрабатываемой среды срабатывает пусковое (или спусковое) устройство, затем исполнительный механизм с объектом управления совершает заранее предопределенное движение с постоянными

параметрами, далее возвращается в исходное положение и находится в нём до получения следующего сигнала [1, 2]. Основным недостатком программных устройств является отсутствие в них позиционного соответствия между положениями объекта управления и чувствительного элемента: если по какой-либо причине началось движение, то оно должно полностью завершиться. Механический привод не пригоден, поскольку требуются большие усилия на его включение, что вызывает недопустимо сильное воздействие на обрабатываемую среду; значительная инерционность привода заставляет снижать рабочие скорости; конструкция устройства содержит значительное количество звеньев и поэтому очень сложна. Гидравлические устройства не имеют данных недостатков. Их основными достоинствами являются: малые усилия при включении исполнительных механизмов; возможность получения больших исполнительных усилий; простота устройства, малый вес на единицу мощности; малые перемещения щупа; малая инерционность привода позволяет применять достаточно высокие скорости движения агрегата. Наряду с достоинствами, у гидравлических устройств отмечен ряд недостатков [2]. К ним относятся: возможность утечки жидкости, изменение характеристик привода из-за изменения вязкости жидкости от температуры, чувствительность к загрязнениям рабочей среды и т.д. Однако эти недостатки не снижают функциональных преимуществ гидравлических устройств. У астатических устройств, как и у программных, не существует однозначного статического соответствия между положениями чувствительного элемента и объекта управления. Характер и параметры движения объекта управления не могут быть заданы заранее, они непрерывно изменяются при движении в существенных пределах. Таким образом, технологический процесс нецелесообразно осуществлять по заранее установленному жёсткому закону его перемещений, когда управляемая величина независимо от режима работы объекта сохраняет постоянное значение, т.е. в астатическом режиме. Поэтому необходимо устройство, осуществляющее слежение, т.е. управление объектом производится в соответствии с задающим воздействием, содержащим текущую информацию о взаимодействии с обрабатываемой средой. Следящие устройства характеризуются наличием обратной связи. Наличие отрицательной обратной связи по регулируемым параметрам, к которым относят положение объекта управления или его производные (скорость, ускорение), является характерным признаком следящего устройства. Отрицательная обратная связь уменьшает суммарное воздействие звеньев автоматического устройства, связанных обратной связью. Следящие устройства по типу исполнительного механизма могут быть гидравлическими, электрогидравлическими и пневматическими. Гидравлические устройства обладают преимуществами по сравнению с электрическими и пневматическими. Гидравлические устройства имеют более высокую удельную энергонасыщенность. Вес гидравлических элементов благодаря высокой энергонасыщенности в 7-10 раз меньше веса электрических элементов той же мощности [2]. Немаловажным фактором является также наличие на тракторе источника гидравлической энергии, который позволяет использовать до 30% всей мощности двигателя. Поэтому гидравлические системы автоматического регулирования (САР) значительно дешевле электрических и пневматических, для работы которых необходима установка соответствующих источников.

Целью исследований является сокращение затрат энергии на осуществле-

ние технологического процесса при повышении точности регулирования режимов эксплуатации машинно-тракторных агрегатов.

Гидравлические системы автоматического регулирования (САР) нашли своё применение в конструкциях машин для обработки почвы в рядах садов и виноградников [3, 4, 5, 6]. В результате несовершенства конструкции гидросистем САР заданные энергетические показатели технологического процесса могут не соответствовать требуемым. Узлы существующих гидросистем машин для обработки почвы в рядах садов и виноградников не согласованы между собой по функциональным параметрам (подаче масла, давлению). Поэтому их работа сопровождается нагревом масла гидросистемы трактора свыше 70ºС за короткий период времени, обусловленная несовершенством конструкции гидрораспределителя. Несмотря на предусмотренные в конструкции машины (например, культиватора КСГ-5, фрезы ФА-0,76) три положения золотника, во время его работы используется в основном только промежуточное положение между нейтральным и одним из крайних для удержания рабочего органа в ряду за счёт избыточного давления в поршневой полости гидроцилиндра.

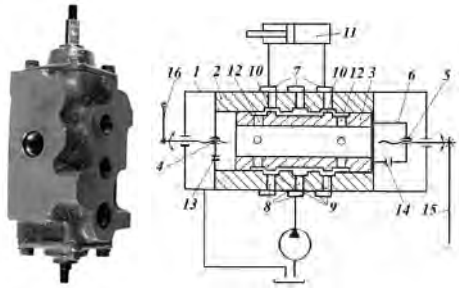
Методика. Совершенствование конструкций гидросистем машин для обработки почвы в рядах садов и виноградников возможно осуществить путём рециклизации – заменой существующего гидрораспределителя на изделие вторичного изготовления, получаемое в результате демонтажа и технологических переделов соответствующего функционального блока, используемого ранее по иному назначению (согласно ГОСТ 30772-2001 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения»).

Предлагаемый гидрораспределитель унифицирован с регулятором Р-50, который устанавливался на тракторах МТЗ-80 в САР глубины хода навесных машин. Использование предлагаемого регулятора в качестве гидрораспределителя машин для обработки почвы в рядах садов является по сути его возвращением в процесс техногенеза. Таким образом, осуществляется рециклинг вышедшего из эксплуатации, но пригодного для повторного использования функционального блока.

Результаты и обсуждения. Принципиальная схема регулятора Р-50 реализована в конструкции предлагаемого гидрораспределителя. Гидросистема является следящей за счёт обратной связи, передающей движение штока гидроцилиндра корпусу гидрораспределителя и, тем самым перемещающей корпус относительно золотника. Обратная связь обеспечивает исполнительное перемещение штока, точно согласованное с перемещением золотника, благодаря тому, что перемещение корпуса восстанавливает исходное положение всех элементов следящей системы. В регуляторе Р-50 обратная связь воздействует на подвижную гильзу в корпусе гидрораспределителя. Внутри гильзы перемещается золотник. Перемещение гильзы и золотника осуществляется винтовыми механизмами, гайки которых жёстко соединены с гильзой и золотником. Винты вращаются рычагами, которые соединены с их валами. Благодаря иному функциональному назначению гидрораспраспределителя, значительно упрощено конструктивное исполнение гильзы и золотника за счёт применения винтовых механизмов. В регуляторе Р-50 перемещение золотника к периферии продольного отверстия корпуса происходит под действием пружины, расположенной внутри золотника и упирающейся в торцы гильзы и золотника. Пружина также исключает осевое

перемещение винта гильзы. В предлагаемом распределителе можно отказаться от пружины, если жёстко закрепить гайку винтового механизма с золотником. Вал винта золотника должен фиксироваться в этом случае от осевого перемещения. Чтобы потери давления в системе при температуре масла свыше 40°С не превышали 0,20-0,25 МПа, проходные сечения щелей и каналов гидрораспределителя должны быть не менее 120 мм^2 для подачи масла 60 л/мин. Предлагаемый гидрораспределитель можно устанавливать на машины для обработки почвы не только в садах, но также в виноградниках и других культур с интервалом посадки растений в ряду 2м и менее. В этом случае следящая система отключается и предлагаемый гидрораспределитель используется как оснащённый двухпозиционным золотником с силовым (за счёт контакта со штамбом) переключением положений золотника. При этом отпадает необходимость наличия обратной связи и гильза устанавливается в фиксированном положении; гидросистема упрощается. Таким образом, предлагаемый гидрораспределитель может использоваться как в следящих системах, так в силовых с управлением без обратной связи.

Предлагаемый гидрораспределитель имеет золотник диаметром 30 мм, выполненный по схеме с отрицательным перекрытием. Ширина щелей с каждой стороны пояска 1 мм. Диаметр проходного сечения для перепуска масла на слив 188 мм^2. Шаг винта перемещения золотника и гильзы 50 мм. Для перемещения золотника на 1 мм винт требуется повернуть на угол 7,2°, который служит мерой чувствительности следящей системы. Полное перемещение золотника – 6,25 мм, максимальный угол поворота винта 45° (рисунок 1).



а) *б)*

Рисунок 1 – Гидрораспределитель МВ:
а) внешний вид; б) устройство
1 – корпус; 2 – гильза; 3 – золотник; 4, 5 – винтовые механизмы; 6 – хвостовик золотника;
7, 9 – проточки в корпусе и гильзе; 8, 12 – отверстия в гильзе и золотнике;
10 – поясок золотника; 11 – гидроцилиндр; 13 – сливное отверстие;
14 – дренажное отверстие; 15 – щуп; 16 – рычаг гидрораспределителя

Недостатком гидрораспределителей с отрицательным перекрытием является потеря расхода и дросселирование потока рабочей жидкости около нейтральной позиции золотника. Поэтому механизм перемещения рабочего органа должен исключить нахождение золотника в этой позиции. Механизм перемещения рабочего органа должен принудительно осуществлять отвод от штамба, а вводить в ряд – в результате взаимодействия с почвой при движении агрегата. Установлено, что трапецеидальный механизм оставляет наименьшую необработанную площадь почвы. Другие механизмы оставля-

ют необработанную площадь в 1,37-1,46 раза больше, чем трапецеидальный [1-6]. Трапецеидальный механизм создан на основе синтеза четырехзвенных механизмов: параллелограммного, механизма подъёмного крана и механизма культиватора Н-7 фирмы «Holder» (Германия). При этом нейтральное положение золотника возможно в отдельные моменты отвода, после окончания отвода, но ещё до включения гидросистемы в позицию «ввод», а также после ввода рабочего органа в ряд деревьев. В процессе работы механизм перемещения рабочего органа находится под воздействием переменных нагрузок, поэтому исключено длительное нахождение золотника в положении около нейтрального и, следовательно, исключено дросселирование масла. Гидрораспределитель МВ, разработанный во ВНИПТИМЭСХ (в настоящее время – СКНИИМЭСХ АНЦ «Донской») совместно с ГСКБ «Гидравлика» при заводе «Мосгидропривод» (г. Москва), имеет отрицательное перекрытие и выполнен как дифференциальный элемент с двумя степенями свободы. Гидрораспределитель МВ (рисунок 1) имеет подвижную гильзу в корпусе. Внутри гильзы поступательно перемещается золотник. Перемещение гильзы и золотника осуществляется винтовыми механизмами, гайки которых жёстко соединены с гильзой и золотником. В процессе функционирования рабочий орган садовой почвообрабатывающей машины движется между деревьями в ряду, золотник гидрораспределителя находится в нейтральном положении, масло от насоса гидросистемы трактора поступает в гидрораспределитель и затем на слив. При соприкосновении со штамбом щуп поворачивается и перемещает золотник влево. Масло от насоса поступает в штоковую полость гидроцилиндра, а из поршневой полости направляется в бак гидросистемы трактора. Рабочий орган начинает выводиться из ряда деревьев и перемещается поперёк направления движения агрегата. Гильза перемещается механизмом обратной связи вслед за золотником. При остановке щупа и золотника гильза будет перемещаться до тех пор, пока ее проточки 9 (рисунок 1) не займут относительно поясков 10 золотника положение, соответствующее нейтральному. Таким образом, осуществляется слежение, т.е. каждому положению щупа соответствует определенное положение рабочего органа. Если при фиксированном положении щупа попытаться переместить рабочий орган в какую-нибудь сторону, то вместе с ним будет перемещаться гильза гидрораспределителя и под давлением масла рабочий орган возвратится в рабочее положение. Поэтому устройство называется следящим с обратной связью [7, 8, 9]. Обратная связь удерживает рабочий орган в положении, заданном щупом, и не позволяет ему выйти из него под действием внешних сил. Рабочий орган возвращается в ряд деревьев под совместным действием сил сопротивления почвы и усилия гидроцилиндра, поэтому давление в поршневой полости практически совпадает с давлением в сливной гидролинии. Заполнение поршневой полости маслом обеспечивает жёсткость гидросистемы.

Проведены исследования фрезы ФА-0,76 с гидрораспределителем МВ, на оси золотника которого крепится щуп; при этом параллелограммный механизм перемещения рабочего органа заменен на трапецеидальный (рисунок 2). Во время движения фреза находится в рабочем положении. После соприкосновения со штамбом дерева щуп поворачивается, после чего начинает расти давление в штоковой полости гидроцилиндра. В поршневой полости давление изменяется незначительно и соответствует давлению слива. Затем

после поворота щупа на угол 65º, начинается падение давление в штоковой полости. В исходное положение фреза возвращается под действием сил сопротивления почвы и гидросистема устройства с приводным рабочим органом разгружается.

Рисунок 2 – Установка гидрораспределителя МВ на фрезу ФА-0,76

Вывод: Основная часть энергии, затрачиваемой на осуществление технологического процесса [10] с предлагаемым гидрораспределителем, расходуется на отвод рабочего органа из ряда деревьев. Возврат осуществляется под действием сил сопротивления почвы. При этом энергозатраты [11] уменьшаются до 49% по сравнению с применяемыми машинами (типа КСГ-5, ФА-0,76 [12]) в равных условиях их функционирования [13].

Литература

1. Пархоменко, Г.Г. Совершенствование технологического процесса обработки почвы в рядах многолетних насаждений / Пархоменко Галина Геннадьевна // Дисс….канд. техн. наук: 05.20.01 – Зерноград, 2000. – 156 с.

2. Пархоменко Г.Г. Результаты модернизации гидравлических следящих устройств для обработки почвы в рядах многолетних насаждений // Селскостопанска техника. – 2014. – №1.– С. 3-7.

3. Пархоменко Г.Г. Обработка почвы в рядах садов и виноградников. Процессы, устройства. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing. (ISBN 978-3-659-30811-6), 2012. – 148 с.

4. Пархоменко, С.Г. Моделирование следящих систем почвообрабатывающих агрегатов. / С.Г. Пархоменко, Г.Г. Пархоменко // Тракторы и сельхозмашины. – 2017. – №1. – С. 22-31.

5. Пархоменко, Г.Г. Повышение эксплуатационной надёжности САР почвообрабатывающих машин / Г.Г. Пархоменко, С.Г. Пархоменко // Труды ГОСНИТИ. – 2016. – Т. 122. – С. 87-91.

6. Пархоменко, Г.Г. Теоретическое исследование механизмов перемещения рабочих органов для обработки почвы / Г.Г. Пархоменко, С.Г. Пархоменко // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства: Сб. науч. докладов Междунар. научно-технич. конф. ФГБНУ ВИМ. – Москва, 2015. – С. 210-214.

7. Пархоменко, Г.С. Методика параметрической оптимизации в программном комплексе «МВТУ» комбинированной следяще-силовой САР пахотного агрегата с трактором класса 1,4 / Г.С. Пархоменко, С.Г. Пархоменко, Г.Г. Пархоменко // Совершенствование технических средств в расте-ниеводстве. Межвуз. сб. науч. трудов – Зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2010. – С. 3-12.

8. Пархоменко, С.Г. Параметрическая оптимизация комбинированной следяще-силовой системы автоматического регулирования пахотного агрегата / С.Г. Пархоменко, Г.Г. Пархоменко // Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства: сб. науч. докладов Междунар. научно-практ. конф. – Тамбов, 2015. – С. 18-22.

9. Пархоменко, Г.Г. Исследование ротационного рабочего органа для обработки

почвы в рядах многолетних насаждений / Г.Г. Пархоменко // Селскостопанска техника – 2014. – № 3-4. – С. 17-26.

10. Пархоменко, Г.Г. Оптимизация показателей технологических процессов сельскохозяйственного производства в растениеводстве / Г.Г. Пархоменко, С.Г. Пархоменко // Хранение и переработка зерна. – 2017. – №1(209). – С. 55-60.

11. Пархоменко, С.Г. Повышение энергоэффективности мобильных почвообрабатывающих агрегатов / С.Г. Пархоменко, Г.Г. Пархоменко // Инновации в сельском хозяйстве. – 2016. – №3 (18). – С. 40-47.

12. Костадинов Г.Д. Систематизация устройств для обработки почвы в садах / Г.Д. Костадинов, Г.Г. Пархоменко, С.А. Твердохлебов, А.В. Пономарёв // Растениевъдни науки. – 2016. – №53 (1-3). – С. 88-97.

13. Пархоменко, С.Г. Метод структурного моделирования систем автоматического регулирования эксплуатационных режимов работы почвообрабатывающих агрегатов / С.Г. Пархоменко, Г.Г. Пархоменко // Труды ГОСНИТИ. – 2017. – Т. 126. – С. 55-61.

Literature

1. Parkhomenko, G.G. Perfection of the technological process of soil cultivation in the rows of perennial plantations / Parkhomenko Galina Gennadievna // Diss ... .kand. tech. Sciences: 05.20.01 - Zernograd, 2000. - 156 p.

2. Parkhomenko G.G. Results of modernization of hydraulic tracking devices for soil cultivation in rows of perennial plantations // Selskostopanska Technika. - 2014. - No. 1.- P. 3-7.

3. Parkhomenko G.G. Soil cultivation in rows of gardens and vineyards. Processes, devices. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing. (ISBN 978-3-659-30811-6), 2012. - 148 pp.

4. Parkhomenko, S.G. Modeling of tracking systems of soil cultivating units. / C.Г. Parkhomenko, G.G. Parkhomenko // Tractors and agricultural machinery. - 2017. - №1. - P. 22-31.

5. Parkhomenko, G.G. Increasing the operational reliability of the SAR of tillage machines / G.G. Parkhomenko, S.G. Parkhomenko // Proceedings of GOSNITI. - 2016. - T. 122. - C. 87-91.

6. Parkhomenko, G.G. Theoretical study of mechanisms of displacement of working organs for soil cultivation / G.G. Parkhomenko, S.G. Parkhomenko // Intellectual machine technologies and technology for the implementation of the State Program for the Development of Agriculture: Sat. sci. reports of the Intern. scientific and technical. Conf. FGBIU VIM. - Moscow, 2015. - P. 210-214.

7. Parkhomenko, G.S. Methodology of parametric optimization in the software complex «MVTU» combined tracking and power SAR arable unit with a tractor class 1.4 / GS. Parkhomenko, S.G. Parkhomenko, G.G. Parkhomenko // Perfection of technical means in plant growing. Interuniversity. Sat. sci. of works - Zernograd: FGOU VPO ACHAA, 2010. - P. 3-12.

8. Parkhomenko, S.G. Parametric optimization of the combined tracking-power system of automatic regulation of arable aggregate / S.G. Parkhomenko, G.G. Parkhomenko // Increase of efficiency of resource use in the production of agricultural products - new technologies and technology of a new generation for crop production and animal husbandry: coll. sci. reports of the Intern. scientific and practical work. Conf. - Tambov, 2015. - P. 18-22.

9. Parkhomenko, G.G. Study of the rotational working body for soil cultivation in the rows of perennial plantations / G.G. Parkhomenko // Selskostopanska technique - 2014. - № 3-4. - C. 17-26.

10. Parkhomenko, G.G. Optimization of indicators of technological processes of agricultural production in plant growing / G.G. Parkhomenko, S.G. Parkhomenko //

Storage and processing of grain. - 2017. - No. 1 (209). - P. 55-60.

11. Parkhomenko, S.G. Increase of energy efficiency of mobile tillage units / S.G. Parkhomenko, G.G. Parkhomenko // Innovations in agriculture. - 2016. - No. 3 (18). - P. 40-47.

12. Kostadinov G.D. Systematization of devices for tillage in orchards / G.D. Kostadinov, G.G. Parkhomenko, S.A. Tverdokhlebov, A.V. Ponomarev // Plant of the day of science. - 2016. - No. 53 (1-3). - P. 88-97.

13. Parkhomenko, S.G. The method of structural modeling of systems of automatic regulation of operating regimes of soil-cultivating units / S.G. Parkhomenko, G.G. Parkhomenko // Proceedings of GOSNITI. - 2017. - T. 126. - C. 55-61.

УДК 631.3

ПОДДЕРЖКА ЭКСПОРТА РОССИЙСКОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

В.Н. Кузьмин. д.экон. наук,
tel. (495) 993-44-04; e-mail: kwn2004@mail.ru
А.В. Горячева, аспирант,
tel. (495) 993-44-04; e-mail: nastya040890@mail.ru
ФГБНУ «Росинформагротех»,
р. п. Правдинский Московской обл.

Аннотация. *Рассмотрены парк, объемы производства, экспорта российской сельскохозяйственной техники. Проанализированы меры государственной поддержки по стимулированию внутреннего спроса, выпуску новых видов продукции, модернизации предприятий, которые помогают российским производителям сельскохозяйственной техники успешно развивать экспорт.*

Ключевые слова. *Сельскохозяйственное машиностроение техника, экспорт*

Цель исследования – проанализировать экспорт сельскохозяйственной техники из России и меры его поддержки.

Методика – аналитико-экспертный метод.

Результаты и обсуждение

Несмотря на предпринимаемые усилия парк сельскохозяйственной техники продолжает сокращаться: по данным Минсельхоза России парк тракторов в 2017 г. составил 453,2 тыс. ед. (92,1% к 2011 г.), аналогичная ситуация по зерноуборочным и кормоуборочным комбайнам (табл. 1) [1],

Таблица 1 – Наличие основных видов техники, тыс. ед.

Вид техники	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2016 г. к 2013 г., %
Производство, млрд руб.	35,5	40,5	56,2	89,7	252,7
Доля российской техники на внутреннем рынке, %	24	28	40	54	+ 30 процентных пункта
Приобретение, ед.:					
тракторов	15350	14120	10832	11287	73,5
зерноуборочные комбайны	5504	5336	5375	6193	112,5
кормоуборочные комбайны	824	835	670	824	100,0

Источник: Минсельхоз России

Следует отметить, что по данным Росстата в сельскохозяйственных организациях (без учета микропредприятий) число тракторов (без тракторов, на которых смонтированы землеройные, мелиоративные и другие машины) составляло в 2014 г. – 247,3 тыс., в 2015 г. – 233,6 тыс., в 2016 г. – 223,4 тыс.; зерноуборочных комбайнов – 64,6 тыс.; 61,4 тыс.; 59,3 тыс.; кормоуборочных комбайнов – 15,2 тыс.; 14 тыс.; 13,3 тыс. соответственно [2]. По данным Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 г. на 1 июля 2016 г. в сельскохозяйственных организациях, крестьянских (фермерских) хозяй-

ствах (КФХ) и у индивидуальных предпринимателей (ИП) насчитывалось 294,8 тыс. тракторов, 75,1 тыс. зерноуборочных комбайнов, 15,3 тыс. кормоуборочных комбайнов, в личных подсобных и других индивидуальных хозяйствах граждан – 558,3 тыс. тракторов [3]. Различие в цифрах, вероятно, происходит от несовпадения субъектов учета.

В условиях сокращения парка техники, ее нехватки для выполнения всех технологических операций в агротехнические сроки, многие специалисты выскажутся против экспорта российской сельскохозяйственной техники. Однако следует принять во внимание, что спрос на рынке техники в России не стабилен, рынок открыт, на нем присутствуют как российские, так и предприятия из ближнего и дальнего зарубежья (табл. 2) [1, 4-6].

Таблица 2 – Производство и рынок сельскохозяйственной техники в России

Вид техники	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2016 г. к 2013 г., %
Производство, млрд руб.	35,5	40,5	56,2	89,7	252,7
Доля российской техники на внутреннем рынке, %	24	28	40	54	+ 30 процентных пункта
Приобретение, ед.:					
тракторов	15350	14120	10832	11287	73,5
зерноуборочные комбайны	5504	5336	5375	6193	112,5
кормоуборочные комбайны	824	835	670	824	100,0

По данным Росстата, в 2016 г. на территории Российской Федерации произведено 6389 сельскохозяйственных тракторов (16,1% больше по сравнению с 2015 г., 5504 ед.), из них: произведено по полному циклу – 2548 ед. (+38,5%, 1840 ед.); собрано из комплектов, поставляемых из Республики Беларусь, – 2985 ед. (+28,1%, 2330 ед.); собрано моделей иностранной разработки – 1090 ед. (+3,2%, 1056 ед.). Изготовлено 6447 зерноуборочных комбайнов (на 46,1% больше по сравнению с 2015 г., 4412 ед.), из них: произведено по полному циклу – 5063 ед. (на 34,7% больше по сравнению с 2015 г., 3758 ед.); собрано из комплектов, поставляемых из Республики Беларусь, – 1050 ед. (+47,7%, 711 ед.); собрано моделей иностранной разработки – 318 ед. (+178,9%, 114 ед.). Произведено 988 кормоуборочных комбайнов (на 59,6% больше по сравнению с 2015 г., 619 ед.), из них: произведено по полному циклу – 805 ед. (+58,2%, 509 ед.); собрано из комплектов, поставляемых из Республики Беларусь, – 183 ед. (+66,4%, 110 ед.) [6].

По мнению руководителей российских предприятий сельскохозяйственного машиностроения, экспорт развивать необходимо по ряду причин:

- на внутреннем рынке уже «тесно»;
- экспорт подтверждает, что продукция является конкурентоспособной не только на внутреннем, но и на мировом рынке;
- заставляет вкладывать средства в разработку конструкций, быстрее обновлять модельный ряд;
- «сглаживает» падение рынка в отдельных странах (в других на эту продукцию может быть рост), способствует равномерному развитию предприятия.

В конечном итоге от экспорта выиграют и российские сельхозтоваропроизводители, поскольку получат новые, более совершенные модели, произведенные на российских предприятиях сельскохозяйственного машиностроения.

Экспорт российской сельхозтехники составлял: в 2012 г. – 4,7 млрд. руб. (в текущих ценах), в 2013 г. – 5,4 млрд. руб., в 2014 г. – 4,6 млрд. руб. в 2015 г. – 6,9 млрд. руб. в 2016 г. – 7,7 млрд. руб. (в 1,43 раза больше по сравнению с 2013 г.). В 2016 г. он осуществлялся в 47 стран мира (в том числе в Казахстан, Латвию, Украину, Канаду и др.), по структуре составлял – 85% в страны СНГ, 15% – в страны дальнего зарубежья [4].

Разработана Стратегия развития сельскохозяйственного машиностроения России на период до 2030 года, которая является программным документом, характеризующим состояние отрасли сельскохозяйственного машиностроения и определяющим основные принципы государственной политики в области сельскохозяйственного машиностроения на среднесрочную и долгосрочную перспективы. Ее цель – достижение российскими производителями с/х техники доли на внутреннем рынке не ниже 80% и доли экспортных поставок не ниже 50% величины отгрузок на внутренний рынок. Предполагается, что производство сельхозтехники в денежном выражении должно вырасти в 3 раза (примерно до 300 млрд руб.). Экспорт российской продукции отрасли увеличится до 100 млрд руб. Объем инвестиций в научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы достигнет 10 млрд руб. В ней проанализированы стратегические возможности и ограничения развития отрасли сельскохозяйственного машиностроения, приведен прогноз внутреннего спроса на сельхозтехнику, обозначены принципы государственной политики в рассматриваемой сфере. Предусмотрена переориентация продукции отечественного сельскохозяйственного машиностроения на рынки государств СНГ и стран Европейского союза, Северной и Южной Африки, Австралии, Китая и Северной Америки [7].

Также разработана Стратегия развития экспорта в отрасли сельскохозяйственного машиностроения на период до 2025 года. Ее цель – ускоренный рост экспорта российской продукции сельскохозяйственного машиностроения к 2025 году. Задачи Стратегии: увеличение объема поставок продукции российского сельскохозяйственного машиностроения на традиционных рынках; расширение географии поставок продукции российского сельскохозяйственного машиностроения; вовлечение в экспортные поставки новых отечественных производителей. На первом этапе (2018-2022 гг.) приоритетными регионами (странами) определены Европейский союз, страны СНГ, Северная Америка, Австралия, на втором этапе (2022-2025 гг.) – Китай, южная Америка, Африка. Для каждого региона (страны) определены целевые продукты, которые предполагается продвигать на их рынок и ориентиры роста (доля рынка соответствующего продукта). Планируемый объем бюджетного финансирования Стратегии – 18,6 млрд руб. Целевые индикаторы реализации Стратегии (оптимистичный сценарий – реализация предложенных мер государственной поддержки экспорта в полном объеме) к 2025 г.: экспорт сельскохозяйственной техники составит до 480 млн долл. США, количество стран-импортеров продукции российского сельскохозяйственного машиностроения – 65; количество отечественных предприятий-экспортеров сельскохозяйственного машиностроения – 70 [8].

Меры государственной поддержки сельскохозяйственного машиностроения направлены на поддержку отрасли, стимулирование внутреннего спроса (что косвенно помогает предприятиям развивать экспорт), поддержку выпуска новых видов продукции, продвижение высокотехнологичной продукции –машиностроения на экспорт и др. (табл. 3).

Таблица 3 – Государственные меры поддержки производителей сельскохозяйственной техники

№ п/п	Меры поддержки	Документ	Сущность
1	Стимулирование внутреннего спроса	Постановление Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2012 г. №1432 «Об утверждении Правил предоставления субсидий производителям сельскохозяйственной техники»	Субсидии производителям сельскохозяйственной техники в целях возмещения затрат на ее производство и реализацию
2	Поддержка отрасли	Постановление Правительства Российской Федерации от 16 мая 2016 г. №416 «Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета российским производителям на компенсацию части затрат, связанных с выпуском и поддержкой гарантийных обязательств в отношении высокопроизводительной самоходной и прицепной техники…»	Субсидии производителям сельскохозяйственной техники на компенсацию части затрат, связанных с выпуском и поддержкой гарантийных обязательств в отношении высокопроизводительной самоходной и прицепной техники
3	Поддержка отрасли	Постановление Правительства Российской Федерации от 16 мая 2016 г. №418 «Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета российским производителям самоходной и прицепной техники на компенсацию части затрат на содержание рабочих мест (в рамках основного мероприятия «Развитие сельскохозяйственного машиностроения …»	Субсидии производителям сельскохозяйственной техники на компенсацию части затрат на содержание рабочих мест
4	Поддержка отрасли	Постановление Правительства Российской Федерации от 16 мая 2016 г. №420 «Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета российским производителям самоходной и прицепной техники на компенсацию части затрат на использование энергоресурсов энергоемкими предприятиями …»	Субсидии производителям сельскохозяйственной техники на компенсацию части затрат на использование энергоресурсов энергоемкими предприятиями
5	Поддержка выпуска новых видов продукции в сельхозмашиностроении	Постановление Правительства Российской Федерации от 30 декабря 2013 г. №1312 «Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета российским организациям на компенсацию части затрат на проведение научно-исследовательских и опытно-конструктор-ских работ по приоритетным направлениям гражданской промышленности в рамках реализации такими организациями комплексных инвестиционных проектов»	Субсидирование научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ

№ п/п	Меры поддержки	Документ	Сущность
6	Поддержка модернизации предприятий сельско хозяйственного машиностроения	Постановление Правительства Российской Федерации от 3 января 2014 г. №3 «Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета российским организациям на компенсацию части затрат на уплату процентов по кредитам, полученным в российских кредитных организациях в 2014-2016 гг на реализацию новых комплексных инвестиционных проектов по приоритетным направлениям гражданской промышленности»	Льготное финансирование инвестиционных проектов по линии Фонда развития промышленности
7	Меры поддержки продвижения высокотехнологичной продукции сельхозмашиностроения на экспорт	Постановление Правительства Российской Федерации от 17 декабря 2016 г. №1388 «О предоставлении субсидий из федерального бюджета производителям высокотехнологичной продукции на компенсацию части затрат, связанных с сертификацией продукции на внешних рынках при реализации инвестиционных проектов»	Субсидии производителям сельскохозяйственной техники на компенсацию части затрат на сертификацию продукции на внешних рынках при реализации инвестиционных проектов
8	Меры поддержки продвижения высокотехнологичной продукции сельхозмашиностроения на экспорт	Постановление Правительства Российской Федерации от 26 апреля 2017 г. №496 «О предоставлении субсидий из федерального бюджета российским организациям, в том числе организациям автомобилестроения, сельскохозяйственного машиностроения, транспортного машиностроения и энергетического машиностроения, на компенсацию части затрат на транспортировку продукции»	Субсидии производителям сельскохозяйственной техники на компенсацию части затрат на транспортировку продукции
9	Меры поддержки продвижения высокотехнологичной продукции сельхозмашиностроения на экспорт через АО «Российский экспортный центр	Постановление Правительства Российской Федерации от 24 апреля 2017 г. №488 «Об утверждении Правил предоставления из федерального бюджета субсидии акционерному обществу «Российский экспортный центр» на финансирование части затрат, связанных с продвижением высокотехнологичной, инновационной и иной продукции и услуг на внешние рынки»	Субсидии производителям сельскохозяйственной техники на компенсацию части затрат, связанных с участием в конгрессно-выставочных мероприятиях по продвижению продукции на внешние рынки
10	Меры поддержки продвижения высокотехнологичной продукции сельхозмашиностроения на экспорт через АО «Российский экспортный центр	Постановление Правительства РФ от 24 мая 2017 г. №620 «Об утверждении Правил предоставления из федерального бюджета субсидии акционерному обществу «Российский экспортный центр» на цели субсидирования процентных ставок по экспортным кредитам, предоставляемым коммерческими банками»	Субсидии производителям сельскохозяйственной техники на компенсацию части затрат экспортных кредитов

№ п/п	Меры поддержки	Документ	Сущность
11	Меры поддержки продвижения высокотехнологичной продукции сельхозмашиностроения на экспорт	постановление Правительства Российской Федерации от 23 сентября 2016 г. №957 «О предоставлении субсидий из федерального бюджета организациям сельскохозяйственного машиностроения в целях компенсации части затрат на транспортировку, омологацию и подтверждение соответствия продукции международным стандартам	Субсидирование части затрат, на транспортировку, омологацию (согласование с официальной организацией страны-потребителя технических характеристик с целью соответствия изделий стандартам, требованиям) и подтверждение соответствия продукции международным стандартам
12	Меры поддержки продвижения высокотехнологичной продукции сельхозмашиностроения на экспорт	Постановление Правительства Российской Федерации от 15 декабря 2016 г. № 1368 «О предоставлении субсидий российским производителям на финансирование части затрат, связанных с регистрацией на внешних рынках объектов интеллектуальной собственности»	Субсидии производителям сельскохозяйственной техники на финансирование части затрат, связанных с регистрацией на внешних рынках объектов интеллектуальной собственности
13	Страхование экспорта	Постановления Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2011 г. №964 «О порядке осуществления деятельности по страхованию и обеспечению экспортных кредитов и инвестиций от предпринимательских и политических рисков» …»	Страхованию экспортных кредитов от предпринимательских и политических рисков

Источник: составлено авторами на основе [8, 9].

Таким образом, разнообразные прямые и косвенные меры государственной поддержки помогают российским производителям сельскохозяйственной техники успешно развивать экспорт.

Список использованных источников

1. Чекмарев П. А. Цели и задачи по производству российской сельскохозяйственной техники и повышение ее качества: мат. Агротехнического форума-2017 [Электронный ресурс]. URL http://atf.rosspetsmash.ru/upload/iblock/3e1/chekmarev-p.a.pdf (дата обращения 03.11.2017).

2. Основные показатели сельского хозяйства в России в 2016 году: Бюл. [Электронный ресурс]. URL:http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/ publications/ catalog/doc_1140096652250 (дата обращения 03.11.2017)

3. Предварительные итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года: В 2 т./Федеральная служба гос. статистики. М.: ИИЦ «Статистика России», 2017. – Т. 1: – 290 с [Электронный ресурс] URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/business/sx/vsxp2016/ VSHP2016_tom1.pdf (дата обращения 03.11.2017).

4. Корчевой Е. А. Текущее состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения: январь-август 2017 Мат. круглого стола «Цели и задачи по производству российской сельскохозяйственной техники и повышение ее качества». «Золотая осень-2017».

5. Национальный доклад «О ходе и результатах реализации в 2015 г. Государ-

ственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы» – М., 2016. – 316 с.

6. Национальный доклад «О ходе и результатах реализации в 2016 г. Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы» – М., 2017. – 186 с.

7. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 7 июля 2017 г. № 1455-р [Об утверждении Стратегии развития сельскохозяйственного машиностроения России на период до 2030 года] // Собр. законодательства Российской Федерации. – 2017. – № 29. –Ст. 4413.

8. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 31 августа 2017 г. № 1876-р [Об утверждении Стратегии развития экспорта в отрасли сельскохозяйственного машиностроения на период до 2025 года] // Собр. законодательства Российской Федерации. – 2017. – № 37. –Ст. 5548.

9. Бабкин, К. А. Состояние и перспективы развития производства сельхозтехники в Российской Федерации: мат. Агротехнического форума-2017 [Электронный ресурс]. URL http://atf.rosspetsmash.ru/upload/iblock/470/babkin-k.a.pdf (дата обращения 03.11.2017).

EXPORT SUPPORT FOR RUSSIAN AGRICULTURAL MACHINERY

Kuzmin, V.N. Dr. Econ. head of the department
tel. (495) 993-44-04; e-mail: kwn2004@mail.ru
Goryacheva A.V., postgraduate student FGNU
«Rosinformagrotekh» r. p. Pravdinsky, Moscow
tel. (495) 993-44-04; e-mail: nastya040890@mail.ru

Abstract. *The park of tractors in 2017 according to the Ministry of Agriculture of Russia amounted to 453.2 thousand units. (92.1% by 2011), a similar trend for other types of equipment. The data of the Ministry of Agriculture of Russia, the Federal State Statistics Service, and the All-Russian Agricultural Census of 2016 on the fleet of vehicles differ, probably from the mismatch of accounting entities. Production of machinery in monetary terms in 2016 compared with 2013, increased by 2.5 times, the share of Russian machinery in the domestic market from 24% to 54%. Export should be developed because the domestic market is saturated, exports confirm that the products are competitive, makes investments in the development of designs, quickly updates the model range, stabilizes, promotes the smooth development of the enterprise. Export of Russian agricultural machinery in 2016 compared with 2012 increased by 1.43 times. In 2016, it was carried out in 47 countries. The developed Strategy for the Development of Agricultural Machinery in Russia for the period up to 2030, the Strategy for the Development of Agricultural Machinery in Russia for the period up to 2030, measures of state support to stimulate domestic demand, produce new types of products, modernize enterprises, and others, help Russian producers agricultural machinery successfully develop exports.*

Keywords: *Agricultural engineering machinery, export*

Bibliography

1. Chekmarev, P.A. Aims and objectives for the production of Russian agricultural machinery and its quality improvement: material. Agrotechnical forum-2017 [Electronic resource. URL http://atf.rosspetsmash.ru/upload/iblock/3e1/chekmarev-p.a.pdf (circulation date 03.11.2017).

2. The main indicators of agriculture in Russia in 2016: Bul. [Electronic resource]. URL: http: //www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/en/statistics/ publications / catalog / doc_1140096652250 (circulation date 03.11.2017).

3. Preliminary results of the All-Russian Agricultural Census of 2016: In 2 tons / Federal Service of State. statistics. M.: Information and Analysis Center «Statistics of Russia», 2017. - T. 1: - 290 s [Electronic resource] URL: http://www.gks.ru/free_ doc/ new/site/business/sx/vsxp2016/ VSHP2016_tom1.pdf (date 03.11.2017).

4. Korchevoj, E.A. Current state and prospects for the development of agricultural machinery: January-August 2017 Materials of the round table «Goals and objectives for the production of Russian agricultural machinery and improving its quality.» «Golden Autumn-2017».

5. National report «On the progress and results of the implementation in 2015 of the State Program for the Development of Agriculture and Regulation of the Markets of Agricultural Products, Raw Materials and Food for 2013-2020» - M., 2016. - 316 p.

6. National report «On the progress and results of the implementation in 2016 of the State Aggressive Program for the Development of Agriculture and Regulation of the Markets of Agricultural Products, Raw Materials and Food for 2013-2020» - M., 2017. - 186 p.

7. Decree of the Government of the Russian Federation of July 7, 2017 No. 1455-r [On the approval of the Strategy for the Development of Agricultural Machine Building in Russia for the Period to 2030] // Collection of Legislation of the Russian Federation. - 2017. - No. 29.-St. 4413.

8. Decree of the Government of the Russian Federation of August 31, 2017 No. 1876-r [On the approval of the Strategy of export development in the agricultural machinery industry for the period until 2025] // Collection of legislation of the Russian Federation. - 2017. - No. 37. - Art. 5548.

9. Babkin, K.A. State and prospects for the development of agricultural production in the Russian Federation. Agrotechnical forum-2017 [Electronic resource]. URL http://atf. rosspetsmash.ru/upload/iblock/470/babkin-k.a.pdf (circulation date 03.11.2017).

УДК 631.171.2

ФИРМЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

Кушнарев С.Л., к.т.н., доцент
kushnarevl@mail.ru
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Аннотация. *В работе проанализированы основные аспекты, определяющие необходимость и целесообразность практической реализации задач по внедрению фирменного метода технического сервиса. Проведена оценка сдерживающих факторов и причин препятствующих его внедрению не только в сфере АПК, но и других. Определены первоочередные задачи и принципы его применения в Российской Федерации.*

Ключевые слова: *технический сервис, фирма, конкурентоспособность, надежность, эффективность.*

Согласно ГОСТ 18322, фирменное обслуживание – это выполнение технического обслуживания предприятием-изготовителем. Понятие технический сервис машин и оборудования значительно шире и включает весь комплекс вопросов, связанных с поставками машин и оборудования и эксплуатационных материалов и запасных частей, их пуском в эксплуатацию, обеспечением работоспособности за счет проведения профилактических технических обслуживаний и ремонтных работ по устранению последствий отказов с частичным или полным восстановлением ресурса составных частей [1–3].

Во всех технически высокоразвитых странах Европы и Америки для обеспечения необходимого конкурентоспособного технического уровня и качества изготовления сельскохозяйственной техники, а также обеспечения ее работоспособности в процессе эксплуатации, применяется фирменный метод технического сервиса[2–5] .

Практическая реализация данного метода в условиях Российской Федерации пока не осуществима. Основными причинами этого являются отсутствие приоритета прав потребителей сельхозтехники и их разобщенность, их правовая и экономическая незащищенность, отсутствие фирменной системы технического сервиса, монополизм производителей машин и оборудования для сельскохозяйственного производства и многие другие. Только глубокое исследование этих причин позволит продвинуться вперед по пути внедрения данного метода технического сервиса в нашей стране.

В развитых капиталистических странах технический сервис применяемых в сельхозпроизводстве машин и оборудования осуществляется дилерами фирм производителей.

Во-первых, что такое фирма? Под фирмой при этом понимается предприятие или объединение предприятий, обеспечивающих создание машины и пуск ее в эксплуатацию в реальных условиях потребителя, ее работоспособность, при чем, в гарантийный период эксплуатации, если отказ наступил не по вине потребителя, за счет средств фирмы-изготовителя, в послегарантийный – за счет средств потребителя; осуществляет текущий и капиталь-

но-восстановительный ремонт и формирует вторичный рынок техники, занимается утилизацией своих машин. Фирма обеспечивает реализацию всех этих функций в течение всего жизненного цикла машины. Обеспечение полного технологического цикла процесса машиноиспользования и позволяет называть зарубежных производителей сельхозтехники машиностроительными фирмами [3–6].

Во-вторых. Безусловно, реализовать все эти функции процесса машиноиспользования фирма не в состоянии, поэтому в этом принимают участие территориально расположенные вблизи мест использования и базирования техники дилеры фирмы-производителя. Они от лица фирмы осуществляют поставки техники, пуск ее в эксплуатацию на местах, техническое обслуживание и текущий ремонт в гарантийный и послегарантийный периоды, участвуют в утилизации машин и оборудования. В тоже время, согласно общепринятым толкованиям этого понятия, дилер – это торговый посредник фирмы производителя, основной задачей которого является сбыт продукции производителя, контроль за правильностью эксплуатации машины потребителем в гарантийный период, поставки запасных частей и материалов для ТО и ремонта. Учитывая очень высокий уровень надежности сельскохозяйственной техники стран Западной Европы и Америки, превышающий по наработке на отказ надежность отечественных аналогов более чем в 50–100 раз, осуществить это не сложно[5–7].

В третьих, реализация производителями и дилерами функций связанных с обеспечением работоспособности реализованных потребителям машин и оборудования позволяет вести постоянный мониторинг рынка техники и услуг технического сервиса. Жесткая рыночная конкуренция между фирмами-производителями сельхозтехники становится главной движущей силой на пути обеспечения приоритета прав потребителя на высококачественную сельскохозяйственную технику и качественный и доступный технический сервис.

Решение проблем практического внедрения фирменного метода технического сервиса необходимо рассматривать с позиций комплексного и системного подхода во взаимосвязи и взаимозависимости всей системы машиноиспользования в стране.

Использование машин и оборудования по назначению в реальных условиях эксплуатации с учетом последних требований технологий производства сельхозпродукции, необходимость их постоянного совершенствования ставят перед научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими учреждениями как задачи их совершенствования, так и разработки принципиально новых более производительных машин, обеспечивающих новые повышенные требования к сохранению почв, повышению их плодородия [8-10].

Разработанные и прошедшие опытную проверку образцы машин ставятся предприятиями сельхозмашиностроения на серийное производство. В процессе изготовления очень важно выдержать все требования разработчиков и к материалам и технологическому процессу изготовления конструкции машины. Для перехода на фирменный метод технического сервиса принципиально важно обеспечить конкурентоспособный высокий технический уровень и качество изготовления машин и оборудования, определяющие и обеспечивающие в последующем показатели надежности и эффективности

в сфере эксплуатации машин. Это весьма важно для производителя сельхозтехники еще и потому, что позволит с самого начала минимизировать затраты на создание и функционирование системы фирменного технического сервиса, на снижение затрат предприятия по устранению последствий отказов в гарантийный период эксплуатации машин. Это также важно и в послегарантийный период эксплуатации машин, поскольку высокие показатели надежности и эффективности машин являются определяющими при оценке их конкурентоспособности как на рынке техники, так и рынке услуг технического сервиса.

Выпускаемые промышленными предприятиями машины и оборудование через систему технического сервиса, которая выступает в качестве дилера, поступают потребителям в сферу эксплуатации. В качестве потребителей сельскохозяйственной техники выступают самые разнообразные сельскохозяйственные предприятия и организации, крестьянско-фермерские хозяйства и индивидуальные предприниматели. Эксплуатация сельскохозяйственной техники осуществляется в самых разнообразных производственно-экономических условиях персоналом разного уровня подготовки и квалификации.

Особое внимание при этом необходимо обратить на уровень организации технической эксплуатации, который определяется наличием и состоянием ремонтно-технической базы, в первую очередь, потребителей сельхозтехники, наличием высококвалифицированного ремонтно-обслуживающего персонала агропредприятия, наличием, состоянием и размером участия в технической эксплуатации машин и оборудования сельских товаропроизводителей предприятий технического сервиса. В настоящее время из всей совокупности предприятий технического сервиса только предприятия по материально-техническому снабжению более-менее активно участвуют в поставках сельхозтехники и запчастей сельским товаропроизводителям. Ремонтно-технические предприятия и станции технического обслуживания занимаются в основном ремонтом техники и, в первую очередь, ее узлов и агрегатов.

При этом, первые – предприятия материально-технического снабжения, уже присвоили себе статус «дилерского» предприятия и многие из них даже имеют заключенные с производителями сельскохозяйственной техники договора на поставку, реализацию и обслуживание выпускаемых ими машин. Но пока реализация функций технического сервиса существующими дилерскими предприятиями технического сервиса практически не реализуется. Опыт работы предприятий материально-технического снабжения – сегодняшних дилерских предприятий технического сервиса – показывает, что эту функцию они реализовать не в состоянии.

В результате сегодня мы имеем в сфере АПК вместо перспективного и зарекомендовавшего себя во всем цивилизованном мире фирменного метода технического сервиса такой метод организации технического сервиса как самообслуживание. Причем, в связи с низкой эффективностью производства практически всех видов сельхозпродукции, метод самообслуживания с уровня потребителя техники – сельхозпредприятия, скатывается до уровня обслуживания машины силами и средствами работающего на ней механизатора с помощью штатного набора слесарного инструмента.

Низкий уровень надежности выпускаемых машин и оборудования и отсут-

ствие системы фирменного технического сервиса значительно снижают эффективность даже новой современной сельскохозяйственной техники. При этом никто никакой информацией по надежности и эффективности техники не владеет, не собирает, не анализирует и, соответственно не предлагает никаких решений. Считается, что рынок выведет и Россию к высокоразвитому техническому обществу, как вывел высокоразвитые страны Северной Америки и Западной Европы. Вряд ли. Вступление в ВТО лишает нас возможности длительного, спокойного, эволюционного технического развития государства. Требуется срочная техническая модернизация страны, которая как показывает мировой опыт невозможна без перехода на фирменный метод технического сервиса машин и оборудования для сельского хозяйства и других сфер деятельности. А сельского хозяйства в первую очередь потому, что оно, потребляя около половины всех производственно-технических ресурсов в стране, стабильно производит более 60 % процентов валовой продукции, обеспечивает продовольственную безопасность государства и имеет не реализованные возможности импорта продовольствия во многие страны, в том числе и высокоразвитые, поставляя экологически чистые продукты питания.

Таким образом, создание системы фирменного технического сервиса машин и оборудования для агропромышленного комплекса и других сфер деятельности на данный момент необходимо рассматривать как создание нового института экономики страны, охватывающего практически все сферы деятельности человека, функционирование многих учреждений и предприятий самых разнообразных министерств и ведомств. Именно институциональный подход позволит полно и комплексно, быстро и эффективно решить проблему создания саморегулируемой и самоуправляемой рыночной системы фирменного технического сервиса, исключив те ошибки в этом направлении, которые мы наблюдаем в последнее двадцатилетие.

Возвращаясь к отмеченному, необходимо еще раз подчеркнуть, что во главу решения проблемы должен быть поставлен приоритет прав потребителя техники, в первую очередь, на качественную и надежную технику, а потом уже на услуги фирменного технического сервиса – ведь машина создается не для обслуживания и ремонта, а для обеспечения каких-то потребностей человека, производства продукции, работ и услуг в данном случае. На реализацию этого требования должны быть направлены усилия всех сфер – науки и образования, производства машин и их потребителя.

В настоящее время создаются и уже созданы высокоэффективные технические средства механизации производства, которые позволяют перейти на новые высокоэффективные технологии производства сельскохозяйственной и промышленной продукции. Но низкий уровень качества изготовления агрегатов машин, отсутствие системы технического сервиса и связи производителей и потребителей техники, их взаимодействия в направлении надежности и эффективности выпускаемых машин отрицательно и сдерживающе влияют на их взаиморазвитие, увеличение объемов производства сельхозпродукции – у одних и объемов производства сельхозтехники – у других.

Таким образом, для создания института фирменного метода технического сервиса необходимо консолидировать усилия всех заинтересованных министерств и ведомств. Определенную положительную роль в этом направле-

нии должен сыграть закон Российской Федерации «О инженерно-техническом обеспечении», который в настоящее время разрабатывается и проходит апробацию. Но в представленном виде он уже сейчас требует радикальной переработки, поскольку строится на устаревших постулатах бессистемного самообслуживания основных средств производства нерегулируемого экономического рынка техники и услуг.

Список литературы

1. Концепция эффективного использования сельскохозяйственной техники в рыночных условиях. – М.: ГОСНИТИ, 1993. – 62 с.

2. Кушнарев Л.И. ФТС как система повышения надежности и эффективности отечественной техники. //Главный зоотехник. – 2005. – № 12. –с. 11–14.

3. Кушнарев Л.И. Защита прав пользователя сельхозтехники при ее простое в гарантийный период. //Механизация и электрификация сел. хоз-ва, 2004; № 10. – С. 28–29.

4. Кушнарев Л.И. Технико-экономическая оценка отечественной и зарубежной техники. Монография. – М.: ФГБОУ ВПО МГАУ. – 2013

5. Кушнарев Л.И., Чепурина Е.Л. Роль и место производителей сельхозтехники в фирменном техническом сервисе //Техника и оборудование для села. – 2013. – № 7. – С. 38-40.

6. Кушнарев Л.И. Фирменный технический сервис машин и оборудования. Проблемы. Поиски. Решения (монография) Saarbrucken, Deutschland/ Германия. Palmarium. Academic publishirig – 2014. – 210 с. ISBN: 978-3-639-81441-5.

7. Кушнарев Л.И. Чепурина Е.Л. Проблемы модернизации системы инженерно-технического обеспечения агропромышленного комплекса//Тракторы и сельхозмашины. – 2015. – № 6. – С. 37–41.

8. Кушнарев Л.И. Методика обоснования параметров модернизации ремонтно-технической базы предприятий, эксплуатирующих сельхозтехнику. Тракторы и сельхозмашины. – 2015. – № 6. С. 49-51.

9. Кушнарев Л.И. Чепурина Е.Л., Чепурин А.В., Кушнарев С.Л. Качество и надежность отечественной техники – основа ее конкурентоспособности //Нивы Зауралья. – № 11 (133). – Декабрь 2015. – С. 52-54.

10. Кушнарев Л.И. К решению комплексной проблемы повышения надежности машин и оборудования//Труды ГОСНИТИ, том 125. М.: ГОСНИТИ. –2016. – С.74–80.

CORPORATE TECHNICAL SERVICE OF MACHINERY AND EQUIPMENT

Kushnarev S. L., Ph. D., associate Professor
MGTU im. N. Uh. Bauman, Moscow, Russia, 2017

Abstract. The work analyzes the main aspects that determine the need and feasibility of practical implementation of the task of implementing a proprietary method of technical service. Evaluated constraints and the reasons hindering its implementation not only in agriculture, but also others. Established priorities and principles for its application in the Russian Federation.

Keywords: technical service, firm, competitiveness, reliability, efficiency.

Bibliography

1. The concept of efficient use of agricultural machinery in market conditions. – M.: GOSNITI, 1993. – 62 p.

2. Kushnarev L. I. FCS as a system of improving the reliability and efficiency of domestic appliances. //Chief livestock. – 2005. – No. 12. –S. 11-14

3. Kushnarev L. I. protection of the rights of user of agricultural machinery during its easy to the warranty period. //Mechanization and electrification of villages. khoz-VA, 2004; No. 10. – C. 28-29

4. Kushnarev L. I. Techno-economic evaluation of domestic and foreign technology. Monograph. – M.: FGBOU VPO MGAU. – 2013

5. Kushnarev L. I., Chepurina, E. L. the Role and place of agricultural producers in the corporate technical services //technology and equipment for the village. – 2013. – No. 7. – Pp. 38-40.

6. Kushnarev L. I. Corporate technical service of machinery and equipment. Problems. Search. Decision (monograph) Saarbrucken, Deutschland/ Germany. Palmarium. Academic publishirig – 2014. – 210 S. ISBN: 978-3-639-81441-5

7. Kushnarev L. I. Chepurina, E. L. Problems of modernization of system of engineering-technical provision of agroindustrial complex//Tractors and agricultural cars. – 2015. – No. 6. – Pp. 37-41.

8. Kushnarev L. I., the Technique of substantiation of parameters of the modernization, repair and technical base of companies operating agricultural machinery. Tractors and farm machinery. – 2015. – No. 6. S. 49-51

9. Kushnarev L. I. Chepurina, E. L., A. V. Chepurin, S. L. Kushnarev, the Quality and reliability of domestic equipment is the basis of its competitiveness //Niva of the Urals. – No. 11 (133). – December 2015. – Pp. 52-54

10. Kushnarev L. I. To the solution of complex problems of improving the reliability of machinery and equipment//Proceedings of GOSNITI, volume 125. M.: GOSNITI. -2016. – P. 74–80.

УДК 631.3:658.5

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ РАЗВИТЫХ СТРАН

Лебедев А.Т., д.т.н., профессор кафедры
Тел.: (8652) 35-95-11, E-mail: lebedev.1962@mail.ru
Жевора Ю.И., к.э.н., профессор кафедры
технического сервиса, стандартизации и метрологии
E-mail: gevora2015@ yandex.ru
Павлюк Р.В., к.т.н, доцент кафедры
E-mail: roman_pavlyuk_v@mail.ru
Глебова Е.Н., магистрант кафедры
E-mail: katya.glebova2015@yandex.ru
Волкова К.С., студент факультета механизации
сельского хозяйства, E-mail: ksushavolkova1998@mail.ru
СтГАУ, Ставропольский государственный
аграрный университет, г.Ставрополь

Аннотация. *Анализ зарубежного опыта в создании инновационных структур дает широкие возможности в выборе модели инновационного развития сельского хозяйства. С учетом уровня регионального развития целесообразна организация новых инновационных структур – агротехнопарков, бизнес-инкубаторов и др.*

Ключевые слова: *сельское хозяйство, деятельность, инновации, организация, опыт.*

В настоящее время в России разработка стратегии, направленной на развитие инновационной деятельности, поставлена в ряд приоритетных задач экономической политики. В этой связи, опыт развитых стран в формировании инновационной среды и стимулирования инновационной активности может послужить дополнением при выработке программ инновационного развития России и формировании оптимального варианта инновационной стратегии [1].

Государственная политика развитых стран базируется на реализации комплекса законодательных и организационных мер, направленных на создание и поддержание в стране «инновационного климата», благоприятных для реализации нововведений, экономических, материально-технических, организационных, правовых и моральных условий [2, 3].

Механизм стимулирования освоения нововведений сельскохозяйственным производством развитых стран включает государственную кредитно-финансовую поддержку, которая не только обеспечивает жизнеспособность фермерских хозяйств, но и стимулирует приток капитала в аграрный сектор, делая упор на освоение научно-технических достижений и способствуя росту эффективности производства и подъему сельского хозяйства[4, 5].

Для представления соответствующих льгот инновационно-активным предприятиям создаются специальные институты: министерства и ведом-

ства, научно-технические и технологические фонды, технопарковые структуры, коммерческие банки, страховые фонды. Деятельность их основывается на законах о поддержке инновационного бизнеса, защите промышленной и интеллектуальной собственности.

С целью повышения инновационной активности аграрного сектора экономики, в развитых странах используют широкий арсенал прямых и косвенных мер [6].

Прямые методы государственного регулирования осуществляются преимущественно в двух формах: административно-ведомственной и программно-целевой. Первая форма проявляется в виде прямого дотационного финансирования, осуществляемого в соответствии с законодательством в сфере инноваций. Программно-целевая форма государственного регулирования инновационной деятельности предполагает прямое финансирование посредством государственных целевых программ поддержки нововведений. Как правило, создается система государственных контрактов на приобретение товаров и услуг (в данном случае государство выступает в роли заказчика НИОКР, а фирма-исполнитель НИОКР является подрядчиком).

В настоящее время доля государства в финансировании НИОКР в развитых странах составляет около 30%. Приоритет в государственном финансировании отдается фундаментальным исследованиям, которые являются источником будущих открытий и новых технологических возможностей, способствуют дальнейшему экономическому росту, повышению качества жизни и укреплению национальной безопасности.

Отдельное внимание заслуживает структура затрат на НИОКР в зарубежных странах. В отличие от США, где наблюдается дифференциация инвестиций в сферу НИОКР, государства ЕС идут по пути ярко выраженной концентрации затрат на исследования и разработки в определенных отраслях. Если в США ни одна отрасль не вкладывает в НИОКР более 13% от общих расходов на НИОКР этого сектора экономики, то в большинстве стран ЕС выделяются особые области и программы, составляющие специализацию страны.

Особое место в системе прямых мер воздействия государства на инновационный бизнес занимает стимулирование развития технопарковых структур. В 80-е годы XX века в США и в странах Западной Европы большое развитие получили различного рода научно-производственные комплексы, инновационные центры, научные и технологические парки, «инкубаторы предприятий высокой технологии» [4].

Наряду с вышеперечисленными прямыми методами государственной поддержки инновационной деятельности в аграрном секторе, существуют такие формы прямого экономического воздействия, как государственное предпринимательство, стимулирование кооперации науки и производства, всемерная поддержка конкурентоспособности корпораций, действующих на международном уровне [4].

Общей тенденцией в последние десятилетия в развитых странах является сокращение прямого государственного вмешательства в инновационный процесс. Вместе с тем, государство использует более широкий спектр мер косвенного стимулирования инновационной активности за счет налоговых льгот, льготных кредитов, целенаправленной поддержки малого и среднего инновационного бизнеса, формирования необходимой инновационной ин-

фраструктуры и соответствующих институтов[3, 7-9].

Косвенные методы государственной поддержки инновационной деятельности направлены, с одной стороны, на стимулирование инновационных процессов, а с другой – на создание благоприятного экономического климата для новаторской деятельности.

К мерам стимулирования инновационных процессов традиционно относят налоговое и амортизационное регулирование, кредитную и финансовую политику. Особенностью данных мер является предоставление полной самостоятельности хозяйствующих субъектов в принятии решений.

Одним из важнейших стимулирующих факторов в инновационной системе считается особый режим налогообложения. Стимулирование проведения НИОКР и использования их результатов в хозяйственной деятельности благодаря особому налогообложению, имеет по сравнению с другими мерами стимулирования НИОКР ряд преимуществ, которые делают их особенно привлекательными.

С помощью налоговых инструментов можно снизить цену НИОКР в значительной мере независимо от их бюджета, благодаря чему не оказывается отрицательного влияния на принятие предпринимателем решения относительно приоритетности проектов НИОКР. Снижение цены ведет к распространению деятельности в области НИОКР также и на такие проекты, которые казались бы невыгодными без особого налогообложения затрат на НИОКР.

Исследования показывают, что налоговые меры в той форме, которая была применена в США, Канаде или Австралии, оказали довольно сильный стимулирующий эффект, и предприятия отреагировали на уменьшение цены НИОКР увеличением затрат на них.

В мировой практике используются налоговые льготы различных видов, стимулирующие инновационную деятельность: предоставление исследовательского и налогового кредита; отсрочки налоговых платежей в части затрат из прибыли на инновационные цели; уменьшение налога на прирост инновационных затрат; льготное налогообложение дивидендов юридических и физических лиц, полученных по акциям инновационных организаций; предоставление льгот с учетом приоритетности выполняемых проектов; льготное налогообложение прибыли, полученной в результате использования патентов, лицензий, ноу-хау и других нематериальных активов, входящих в состав интеллектуальной собственности; уменьшение налогооблагаемой прибыли на сумму стоимости приборов и оборудования, передаваемых вузам и инновационным организациям; вычет из налогооблагаемой прибыли взносов в благотворительные фонды, деятельность которых связана с финансированием инноваций; зачисление части прибыли инновационной организации на специальные счета с последующим льготным налогообложением в случае использования на инновационные цели.

В США налоговые льготы устанавливают на венчурный (рисковый) капитал, вкладываемый в научно-технические разработки и на получаемую от них прибыль. Учитывая неопределенность в деле получения нужного результата и связанный с этим риск, государство берет на себя страхование возможных потерь. Это послужило толчком к росту большого количества мелких и средних фирм, занятых поиском новых идей, их разработкой, внедрением и производством [3].

В высокоразвитых странах, также широко применяется ускоренная амортизация оборудования, как стимул для обновления производственных фондов. Так, в США установлен срок амортизации 5 лет для оборудования и приборов, используемых для НИОКР, со сроком службы более 4 и менее 10 лет. В Японии система ускоренной амортизации введена для компаний, применяющих либо энергосберегающее оборудование, либо оборудование, которое содействует эффективному использованию ресурсов и не вредит окружающей среде. Компаниям в Великобритании разрешено списание полной стоимости технического оборудования в первый год его работы. В Германии в первый год может быть списано 40% расходов на приобретение оборудования и приборов, используемых для проведения НИОКР. Во Франции имеется возможность применения ускоренной амортизации к стратегически важному оборудованию – энергосберегающему и информационному.

Одним из определяющих механизмов стимулирования инновационного развития является система льготного кредитования. Так, в Италии Фонд технологических нововведений имеет право предоставлять льготные кредиты сроком на 15 лет, при этом 80% суммы выдается в течение реализа¬ции программы и 20% – на ее завершающей стадии.

К элементам системы финансового регулирования инновационного развития относится государственное страхование займов. В США, например, администрация по делам малого бизнеса гарантирует до 90% ссуды, представляемой коммерческими банками малым предприятиям. В Германии и Великобритании имеется система страхования кредитов, которая на период от 15 до 23 лет гарантирует частным банкам возврат 80% стоимости заказа.

Экономическая политика развитых стран также включает такие меры как сокращение административных барьеров, снижение таможенных пошлин на импортируемое наукоемкое оборудование и другие аналогичные меры.

Во многих развитых странах действует целая система программ, стимулирующих активизацию инновационного предпринимательства. «Инновационный климат» стимулирует возникновение и развитие новых фирм, занятых генерированием, освоением и коммерциализацией научно-технических нововведений. При этом, основные усилия государства направлены на начальные периоды становления малых инновационных предприятий [3, 4].

Министерство сельского хозяйства США финансирует проекты НИОКР в области сельскохозяйственных биотехнологий для малых фирм, отвечающих особым требованиям и выполняющих условия коммерциализации научно-технических результатов. В Германии законодательно закреплены условия осуществления дотаций на научные исследования и подготовку научно-исследовательского персонала. Принята Программа стимулирования кооперационных инновационных проектов, поддерживающая сотрудничество мелких фирм с государственными и частными НИИ.

В настоящее время, в Западной Европе государство выполняет значительную роль в создании смешанной частно-государственной информационной инфраструктуры инновационного бизнеса. Важнейшими элементами такой инфраструктуры являются независимые организации по прикладным исследованиям, научные парки, внедрение новых технологических стандартов, кластерные проекты, а также региональные центры коммерческой реализации изобретений, способные осуществлять соответствующие маркетинговые мероприятия [10, 11].

Мировой опыт развития сельскохозяйственного производства свидетельствует о том, что базой для развития инновационной деятельности являются консультационные службы или службы экстеншн. Установлено, что мировые инвестиции в систему пропаганды и освоения нововведений сельскохозяйственным производством составляют более 5 миллиардов долларов США в год, а численность занятого при этом научного персонала достигает 400 тысяч человек. Затраты из государственного бюджета на финансирование системы пропаганды и внедрения составляют в среднем 30 и более процентов от затрат на научные исследования.

В каждой отдельно взятой стране, эта система имеет свои особенности в организационной структуре, степени централизации, источниках финансирования, методах работы. Как правило, система пропаганды и внедрения достижений науки, техники и передового опыта в сельскохозяйственное производство представляет собой совокупность различных агентств и служб государственного и частного секторов [12, 13].

В целях активизации инновационной деятельности за рубежом государство нередко стимулирует и подготовку кадров. Так, во Франции 25% прироста расходов на подготовку кадров освобождаются от налогов.

С той же целью, зарубежные страны планируют оптимальное распределение на их территории научно-технического потенциала. Так в США, Японии и ряде других стран были разработаны общенациональные программы развития научно-технической деятельности в регионах, соответственного перераспределения управленческих функций [14, 15].

Таким образом, методы прямой государственной поддержки и опосредованного стимулирования инновационной активности в развитых странах многообразны и постоянно совершенствуются. При этом государство играет разные роли, выполняя функции законодателя и субъекта хозяйственной деятельности; заказчика и покупателя новой продукции; гаранта и страховщика, связанных с риском «пионерских» НИОКР. Государство стимулирует инновационный процесс на всех его стадиях, начиная с формирования идей и заканчивая ее реализацией и распространением. При этом активно идет сокращение правовых и экономических барьеров, а также сокращение прямой государственной поддержки. Происходит сосредоточение ресурсов и средств на инновационном развитии приоритетных отраслей [16].

На основе опыта развитых стран можно выделить следующие направления организации инновационной деятельности в сельском хозяйстве: разработка долговременной программы научно-технического развития экономики народного хозяйства по отраслям; создание эффективного механизма финансирования и экономического стимулирования инновационной деятельности в аграрном секторе экономики; создание структурных подразделений в составе государственных органов власти, выполняющих функции сбора информации, рекламы и пропаганды научных разработок; привлечение частных и иностранных инвестиций (в виде грантов) на финансирование НИОКР; всесторонняя поддержка государством малого и среднего инновационного бизнеса; сокращение административных барьеров; поощрение активных закупок результатов НИОКР за рубежом; развитие системы страхования инвестиций в сфере НИОКР; создание инновационной инфраструктуры (информационно-консультационной службы, агротехнопарков и др.); совершенствование системы образования и подготовки кадров, гото-

вых к нововведениям и способных реализовать принципы и задачи современной инновационной стратегии страны.

Литература:

1. Донецкий Д.С., Жевора Ю.И. Научный подход к развитию инновационных процессов в производственной деятельности сельскохозяйственных предприятий // Теория и практика корпоративного менеджмента: сб. науч. тр. Пермь, 2011. С. 55–60.

2. Вели Т.И., Донецкий Д.С., Жевора Ю.И. Состояние и проблемы развития инновационной производственной инфраструктуры АПК // Теоретические, методологические практические проблемы развития экономики региона: сб. науч. тр. Ставрополь, 2009. С. 179-184.

3. Палий Т.И., Жевора Ю.И. Современные тенденции организации инновационной деятельности малого бизнеса в экономике зарубежных стран // Вестник Университета (Государственный университет управления). 2012. № 16. С. 178-184.

4. Жевора Ю.И., Донецкий Д.С. Механизм стимулирования инновационной деятельности в сельском хозяйстве //Наука. Инновации. Технологии. 2011.С.276-282.

5. Донецкий Д.С., Жевора Ю.И. Критерии оценки экономической эффективности инноваций в сельском хозяйстве // Моделирование производственных процессов и развитие инновационных систем: сб. науч. тр. Ставрополь, 2011. С. 137-141.

6. Жевора Ю.И., Донецкий Д.С., Вели Т.И. Направления повышения инновационной активности в АПК // Вестник Университета (Государственный университет управления). 2011. № 15. С. 147-150.

7. Трысячный В.И., Жевора Ю.И. Направления развития инновационной производственной инфраструктуры // Terra Economicus. 2008. Т. 6, № 4-2. С. 89–91.

8. Трысячный В. И., Жевора Ю.И. Формирование инновационной инфраструктуры агропромышленного комплекса региона // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2009. № 2. С. 180-184.

9. Донецкий Д. С., Вели Т. К., Жевора Ю. И. Развитие инновационной инфраструктуры АПК региона // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2010. № 1 (92). С. 161-166.

10. Жевора Ю. И., Макаренко Т. И. Формирование и развитие инновационного образовательно-научно-производственного кластера в аграрной сфере // Экономические, инновационные и информационные проблемы развития региона : сб. науч. тр. Ставрополь, 2014. С. 148–151.

11. Жевора Ю. И., Донецкий Д. С. Формирование и организация агротехнопарков в регионе: научное издание. Ставрополь: СтГАУ, 2012. 188 с.

12. Палий Т. И., Жевора Ю. И. Отраслевые и региональные особенности управления инновационной деятельностью в агропромышленном комплексе //Техника в сельском хозяйстве. 2011. № 6.С. 30–32.

13. Жевора Ю. И., Палий Т. И., Донецкий Д. С. Управление инновационным развитием агропромышленного комплекса региона// Вестник АПК Ставрополья. 2012. № 4(8). С. 71–75.

14. Жевора Ю. И., Донецкий Д. С., Палий Т.И. Уровень и тенденции разви-

тия научно-технического потенциала в аграрном секторе экономики // Мир науки, культуры, образования. 2012. № 6(37). С. 88-90.

MODERN TENDENCIES ORGANIZATIONS OF INNOVATIVE ACTIVITIES IN THE AGRICULTURE OF DEVELOPED COUNTRIES

Lebedev A.T., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department
Phone: (8652) 35-95-11, E-mail: lebedev.1962@mail.ru
Zhevora Yu.I., Candidate of Economic Sciences, Professor of the Department
technical service, standardization and metrology
E-mail: gevora2015 @ yandex.ru
Pavlyuk R.V., Candidate of Technical Science, Associate Professor
E-mail: roman_pavlyuk_v@mail.ru
Glebova E.N., graduate student of the department
E-mail: katya.glebova2015@yandex.ru
Volkova K.S., student of the Faculty of Mechanization
agriculture, E-mail: ksushavolkova1998@mail.ru
StGAU, Stavropol State Agrarian University, Stavropol

Annotation. *The analysis of foreign experience in creation of innovative structures gives an wide opportunities in the choice of model of innovative development of agriculture. Taking into account the level of regional development organization of new innovative structures is expedient - agrotechnoparks, business-incubators of and other*

Keywords: *agriculture, activity, innovations, organization, experience*

References

1. Doneczkij D. S., Zhevora Yu.I. A scientific approach to the development of innovative processes in the production activity of agricultural enterprises // Theory and practice of corporate management: collection of scientific works. Perm`, 2011. P. 55–60.

2. Veli T.I., Doneczkij D.S., Zhevora Yu.I. Status and problems of development of innovative industrial infrastructure agriculture // Theoretical, methodological and practical problems of development of the region's economy: collection of scientific works. Stavropol`, 2009. P. 179–184.

3. Palij T.I., Zhevora Yu.I. Modern trends in the organization of innovative activity of small business in the economy of foreign countries // Bulletin of University (State University of management). 2012. № 16. P. 178–184.

4. Zhevora Yu.I., Doneczkij D.S. The mechanism of stimulation of innovative activity in agriculture // Science. Innovations. Technologies. 2011. P. 276-282.

5. Doneczkij D.S., Zhevora Yu.I. Criteria of evaluation of economic efficiency of innovation in agriculture // Simulation of production processes and the development of innovation systems: collection of scientific works. Stavropol`, 2011. P. 137–141.

6. Zhevora Yu. I., Doneczkij D. S., Veli T.I. Directions of increase of innovative activity in agriculture // Bulletin of University (State University of management). 2011. № 15. P. 147–150.

7. Try`syachny`j V.I., Zhevora Yu. I. Direction of development of innovative

industrial infrastructure // Terra Economicus. 2008. T. 6, №4-2. P. 89–91.

8. Try`syachny`j V.I., Zhevora Yu. I. Formation of innovative infrastructure of the agroindustrial complex of the region // Vestnik of North-Caucasus Federal University. 2009. №2. P. 180–184.

9. Doneczkij D. S., Veli T. K., Zhevora Yu. I. Development of innovative infrastructure of agroindustrial complex of the region // Scientific-technical Bulletin of Saint-Petersburg state Polytechnic University. Economics . 2010. №1 (92). P. 161–166.

10. Zhevora Yu. I., Makarenko T. I. The formation and development of innovative educational-scientific-industrial cluster in the agrarian sector // Economic, innovation and information problems of development of region : collection of scientific works. Stavropol`, 2014. P. 148–151.

11. Zhevora Yu. I., Doneczkij D. S. Formation and organization agrotechnoparks in the region: scientific publication. Stavropol`: StGAU, 2012. 188 p.

12. Palij T. I., Zhevora Yu. I. Sectoral and regional features of management of innovative activity in agroindustrial complex //Technique in agriculture. 2011. №6. P. 30–32.

13. Zhevora Yu. I., Palij T. I., Doneczkij D. S. Management of innovative development of agroindustrial complex of the region// Bulletin AIC Stavropol . 2012. № 4(8). P. 71–75.

14. Zhevora Yu. I., Doneczkij D. S., Palij T.I. The level and trends of development of scientific-technical potential in the agrarian sector of economy // World of science, culture and education. 2012. № 6(37). P 88–90.

УДК 621.43

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВПРЫСКИВАНИЯ ДИЗЕЛЬНОЙ ФОРСУНКОЙ

Неговора А.В., д.т.н., профессор
Тел.: 8 (347) 228-32-13. e-mail: negovora@bsau.ru.
Нигматуллин Ш.Ф., к.т.н., доцент
Тел.: 8 (347) 228-32-13, e-mail: shamil@mail.ru
Карачурин Б.Ш., аспирант
Тел.: 89174255691, e-mail: bulatkarachurin@gmail.com
ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет»
г.Уфа

Аннотация. *В статье описаны предложения по улучшению конструктивно-технологических свойств устройства для определения характеристики впрыскивания дизельной форсункой. Предложены мероприятия, позволяющие обеспечить предъявляемые к устройству требования по герметичности внут-реннего трубопровода в местах сопряжения корпуса с обоймой. Применение такой конструкции устройства позволяет обеспечивать необходимую точность измерений при определении характеристики впрыскивания.*

Ключевые слова: *топливоподающая система дизельного двигателя, стенд, диагностика форсунок, характеристика впрыскивания.*

Введение. Дизели, работающие с повышенной степенью сжатия и коэффициентом избытка воздуха, в большей степени, чем другие двигатели, отвечают современным тенденциям двигателестроения, и в первую очередь – в области улучшения экономических показателей и снижения экологической нагрузки на окружающую среду. Однако реализация данного принципиального преимущества невозможна без обеспечения оптимальных характеристик и параметров топливоподачи в соответствии с режимом работы двигателя и условиями его эксплуатации. Надежность работы двигателя, его экономичность и выброс вредных веществ в атмосферу во многом зависит от качества настройки топливной аппаратуры и своевременного ее технического обслуживания [1].

Достоинством современных топливоподающих систем автотракторных дизельных двигателей является электронное управление, обеспечивающее гибкое управление впрыском топлива на разных режимах работы. Электронно управляемая топливоподающая аппаратура обладает широкими возможностями по формированию рабочего процесса дизельного двигателя, что позволяет обеспечить наилучшие технико-экономические и экологические показатели его работы.

При испытании топливной аппаратуры дизелей основным оценочным показателем является объем впрыскиваемых цикловых подач топлива, но для современных топливоподающих систем, из-за использования многократного (до восьми) впрыска в течении одного рабочего цикла, данный

показатель теряет свою информативность [2]. Так, даже при равенстве объема впрыскиваемого в цилиндр топлива, характеристика впрыскивания на разных режимах работы дизеля может существенно различаться и влиять на его показатели работы. К примеру, отсутствие фазы предварительного впрыска негативно влияет на увеличение NOx и шумность работы двигателя. Таким образом, для более глубокой оценки технического состояния форсунок при испытании необходимо ориентироваться не только на величину цикловой подачи, но и анализировать форму характеристики впрыскивания.

Наиболее эффективное устройство для фиксации характеристики впрыскивания на основе подачи топлива в измерительный канал, выполненный в виде длинного трубопровода, разработано в Башкирском ГАУ [3,4]. Практическая реализация данной разработки затрудняется сложностью обеспечения герметичности измерительного канала в местах сопряжения корпуса с внутренней обоймой.

Цель. Обеспечение герметичности измерительного канала устройства для определения характеристики впрыскивания дизельной форсункой путем совершенствования его конструкции и технологических приемов сборки.

Задача: разработать конструкцию датчика фиксации характеристики впрыскивания и технологию его сборки, позволяющие обеспечить герметичность измерительного канала.

Материалы. В настоящее время специализированное оборудование для фиксации характеристики впрыскивания выпускают следующие фирмы: Moehwald Bosch Group, IAV, EFS, Loccioni Group, Ono Sokki Technology Inc и др. (рисунок 1) [5].

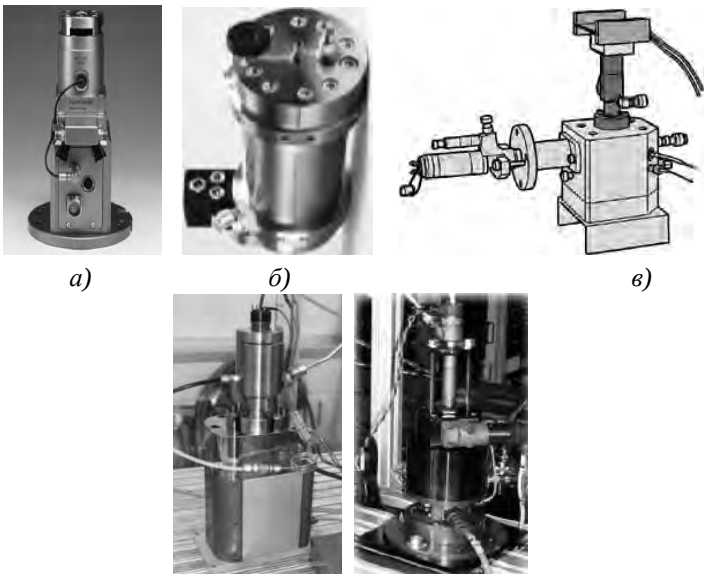


Рисунок 1 Устройства для снятия характеристики впрыскивания зарубежного производства
а) Moehwald HDA (Германия), б) IAV Injection Analyzer (Германия), в), Ono Sokki Technology Inc FJ-6000 (Япония) г) Loccioni Group MEXUS DHD (Италия), д) EFS Injection Flow and Rate (Франция).

Это оборудование предназначено, прежде всего, для исследовательских целей и не приспособлено для широкого использования в сервисных пред-

приятиях при диагностике технического состояния топливной аппаратуры. Недостатком представленных устройств является их высокая стоимость, повышенные требования к квалификации персонала и необходимость регулярной тарировки [6].

Основные показатели исследовательского оборудования приведены в таблице 1.

Таблица 1 Основные показатели исследовательского оборудования.

Модель устройства	Количество впрысков за цикл	Диапазон противодавления топлива, бар	Диапазон измерений, мм^3/цикл	Частота впрыскивания, Гц
HAD	1…10	5…95	0,1…600	0,5…51
Injection Analyzer	1…7	5…180	10…6500	0,5…35
Injection Flow and Rate	1…10	5…100	0,5…600	0,5…50
MEXUS DHD	1…10	5…65	1…400	5…25
FJ-6000	1…10	10…40	1…300	0,6…50
Башкирский ГАУ	не ограничено	0…100	1…1000	0,1…50

На кафедре «Автомобили и машинно-тракторные комплексы» Башкирского ГАУ было разработано устройство для определения характеристики впрыскивания топлива путем измерения интенсивности волн давления, распространяющихся в длинном трубопроводе [4]. Результаты его испытания показали, что устройство регистрирует характеристику впрыскивания и устраняет искажение данных, возникающее из-за изменения вязкости тестовой жидкости во время испытания на основе показаний двух датчиков давления, расположенных в начале и конце измерительного канала.

В устройстве отсутствуют детали, перемещаемые при измерении, поэтому оно лишено погрешностей связанных с трением и инерционностью деталей. Однако, детальные испытания показали наличие определенной погрешности измерения из-за технологически невыполнимых требований герметичности измерительного канала в местах сопряжения корпуса с внутренней цилиндрической обоймой.

Для устранения данного недостатка было решено изменить конструкцию корпуса и внутренней обоймы. Технологические требования по герметичности сопряжения корпуса с внутренней обоймой были достигнуты за счет конического исполнения этих деталей. На рисунке 2 показан общий вид датчика характеристики впрыскивания.

Рисунок 2 Общий вид датчика характеристики впрыскивания.

На рисунке 3 представлена его функциональная схема.

Устройство состоит из корпуса 1 и прецизионно установленной в нем вну-

тренней конусной обоймы 2. По внешней поверхности внутренней обоймы 2 выполнена спиральная канавка, которая образует с корпусом 1 длинный, закрученный в спираль измерительный канал 3. Форсунка 4 устанавливается в приемную камеру 5, что позволяет впрыскивать технологическую жидкость в измерительный канал 3 по касательной. В начале и конце канала 3 установлены два тензометрических датчика давления 6 и 7. На регулирующем блоке 8 установлены редукционный клапан 9 и регулятор давления 10, позволяющий создать противодавление впрыскиванию топлива. Регулирующий блок 8 упирается в торцевую поверхность внутренней конической обоймы, что позволяет прижимать внешнюю поверхность обоймы к внутренней поверхности корпуса, обеспечивая герметичное соединение прецизионных поверхностей. Система управления содержит широтно-импульсный модулятор 11, электронный блок управления 12, аналогово-цифровой преобразователь 13 и монитор 14.

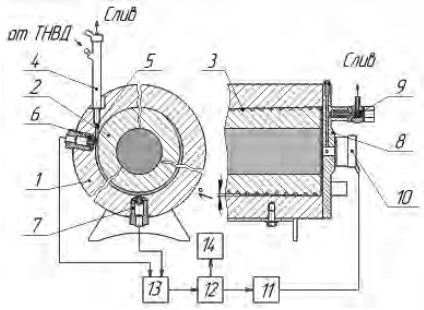


Рисунок 3 Устройство для определения характеристики впрыскивания
1 – корпус, 2 – внутренняя конусная обойма, 3 – трубопровод, 4 – форсунка, 5 – приемная камера, 6 и 7 - тензометрические датчики давления, 8 – регулирующий блок, 9 – редукционный клапан, 10- регулятор давления, 11 - широтно-импульсный модулятор, 12 - электронный блок управления, 13 - аналогово-цифровой преобразователь, 14 – монитор.

Устройство работает следующим образом. В исходном состоянии аналого-цифровой преобразователь 13 и широтно-импульсный модулятор 11 включены и настроены. В электронный блок управления 12 введена программа управления процессом определения характеристики впрыскивания и обработки данных. Испытываемая форсунка 4 устанавливается в приемную камеру 5. При этом полости приемной камеры 5, трубопровода 3 и регулирующего блока 8 заполнены топливом.

По команде оператора электронный блок управления 12 устанавливает готовность аналого-цифрового преобразователя 13 к началу преобразования и генерирует управляющие сигналы для изменения параметров широтно-импульсного модулятора 11. При подаче к форсунке 4 топлива осуществляется впрыск топлива в трубопровод 3. Впрыскиваемое топливо вызывает появление волны давления, распространяющейся в трубопроводе 3. При этом изменение давления в начале трубопровода фиксируется первым датчиком давления 6 в виде кривой давления. Затем появившаяся при впрыскивании топлива волна давления направляется по трубопроводу 3 в канал регулирующего блока 8, где второй датчик давления 7 также фиксирует изменение давления. Полученные сигналы с обоих датчиков поступают через аналого-цифровой преобразователь 13 в электронный блок управления 12 для их за-

писи и обработки. Полученные данные обраба¬тываются заложенной программой, а результаты выводятся на монитор 14.

Выводы. Применение предложенной конструкции датчика позволит обеспечить герметичность измерительного канала за счет плотного прецизионного сопряжения конусной обоймы с корпусом и возможности поддержания необходимой силы прижатия поверхностей друг к другу в процессе эксплуатации, что повысит точность измерений и удобство его обслуживания.

Библиографический список

1. *Неговора А.В., Низамутдинов А.И., Хакимов Р.Т. Специализированное устройство для исследования закона подачи топлива в системах питания дизелей // Технико-технологические проблемы сервиса. 2014. №3 (29). С. 11-13.*
2. *Габитов И.И., Неговора А.В. Передовые технологии технического обслуживания и ремонта топливной аппаратуры дизелей // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2015. №3 (35). С. 40-44.*
3. *Неговора А.В., Ахметов А.Ф., Факиев А.Ф. Метод безразборного диагностирования насос-форсунок автотракторных двигателей // Известия Международной академии аграрного образования. 2013. №17. С. 197-199.*
4. *Козеев А.А., Нигматуллин Ш.Ф. Повышение эффективности диагностирования электрогидроуправляемых форсунок // Аграрный научный журнал. 2016. №2. С. 50-54.*
5. *Нигматуллин Ш.Ф., Карачурин Б.Ш. Применение прецизионных элементов для регулирования процессов управления машин. // Материалы Международной научно-практической конференции «Совершенствование конструкции, эксплуатации и технического сервиса автотракторной и сельскохозяйственной техники». – Уфа: Башкирский ГАУ, 2013 – С.307-311.*
6. *Нигматуллин Ш.Ф., Костарев К.В., Карачурин Б.Ш. Исследование влияния температуры технологической жидкости на цикловую подачу электрогидроуправляемой форсунки. Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2015. №3 (35). С. 69-71.*

PERFECTION OF THE DEVICE FOR DETERMINING THE INJECTION CHARACTERISTIC OF A DIESEL INJECTOR

Negovora A.V., doctor of technical sciences, professor
Phone: 8 (347) 228-32-13 e-mail: negovora@bsau.ru.)
Nigmatullin Sh.F., candidate of technical science, senior lecturer
Phone: 8 (347) 228-32-13, e-mail: shamil@mail.ru.)
Karachurin B.Sh., post-graduate student
Phone: 89174255691, e-mail: bulatkarachurin@gmail.com.)
FGBOU VO «Bashkir State Agrarian University», Ufa,

Abstract. *This work is aimed at improving the technological properties of the device for determining the injection characteristic of a diesel injector. To solve this problem, the design of the device was changed, allowing to comply with technological requirements for tightness of the interface between the housing and the cage. The use of this device design allows to provide the necessary measurement accuracy when determining the injection characteristic.*

Keywords: *fuel supply system of diesel engine, stand, diagnostics of injectors, characteristic of injection.*

Bibliographic list

1. Negovora A.V., Nizamutdinov A.I., Hakimov R.T. The specialized device for a research of the law of fuel supply in supply systems of diesels//Technical and technology problems of service. 2014. No. 3 (29). Page 11-13.

2. Gabitov I.I., Negovora A.V. Advanced technologies of technical maintenance and repair of the fuel equipment of diesels//Bulletin of the Bashkir state agricultural university. 2015. No. 3 (35). Page 40-44.

3. Negovora A.V., Akhmetov A.F., Fakiyev A.F. Method of in-place diagnosing pump nozzles of autotractor engines//News of the International academy of agrarian education. 2013. No. 17. Page 197-199.

4. Kozeev A.A., Nigmatullin Sh.F. Increase in efficiency of diagnosing of the electrohydromanaged nozzles//the Agrarian scientific magazine. 2016. No. 2. Page 50-54.

5. Nigmatullin Sh.F., Karachurin B.Sh. Application of precision elements for regulation of management processes of cars.//Materials of the International scientific and practical conference «Improvement of a Design, Operation and Technical Service of Autotractor and Agricultural Machinery». – Ufa: The Bashkir GAU, 2013 – Page 307-311.

6. Nigmatullin Sh.F., Kostarev K.V., Karachurin B.Sh. A research of influence of temperature of a process liquid on cyclic feed of an electrohydraulically controlled injector. Bulletin of the Bashkir state agricultural university. 2015. No. 3 (35). Page 69-71.

УДК 631.173(571.1)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА ДЛЯ АПК НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Немцев А.Е., гл.н.сотр., ст.н.с., д.т.н.,
Коротких В.В., вед.н.сотр, к.т.н.,
Деменок И.В.,ст.н.сотр., к.т.н.,
Лившиц В.М., гл.н.сотр., д.т.н
Сибирский институт механизации и электрификации сельского хозяйства
Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий
Российской академии наук, г. Новосибирск, Россия
8-383-348-55-82, e-mail: sibime@ngs.ru

Аннотация. *Определение количества предприятий технического сервиса производится по минимальному значению величины удельных суммарных затрат, связанных с обеспечением работоспособности техники. Применительно к Новосибирской области рассмотрено 30 вариантов расчёта количества предприятий технического сервиса, по количеству районов в области. Проведены расчёты для вариантов, когда сервисное предприятие будет одно на область или же в каждом районе области. Из всех вариантов по принятому критерию выбирается оптимальное количество предприятий технического сервиса для обслуживаемой ими зоны.*

Ключевые слова: *техника, машинно-тракторный парк, технический сервис, предприятия технического сервиса, техническое обслуживание, ремонт, надёжность техники, экономический критерий, затраты, перечень услуг.*

Подпрограмма «Техническая и технологическая модернизация, инновационное развитие» Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 – 2020 годы [1] предусматривает инновационное развитие сельского хозяйства, что в значительной мере зависит от надёжности техники.

В настоящее время работоспособность и надёжность техники обеспечивают как сами потребители – владельцы техники, так и предприятия технического сервиса (ПТС), в частности, технические центры (ТЦ), которые выполняют необходимый перечень услуг по техническому сервису: техническому обслуживанию (ТО) и ремонту машин сельских товаропроизводителей.

При организации ТО машинно-тракторного парка (МТП) учитываются следующие особенности: наличие техники и равномерность распределения объектов обслуживания по территории; радиус зоны, которую обслуживает ПТС; разномарочность парка машин, сезонность их работы; различные объёмы работ, выполняемые отдельными машинами; неравномерность износа машин при их одинаковой наработке и др.

Цель исследования. Для своевременного и качественного технического

обслуживания МТП предприятиями технического сервиса возникает необходимость определения их количества.

Для обеспечения работоспособности МТП в сельскохозяйственных предприятиях исключительно важное значение приобретает рациональное распределение объёмов работ по техническому обслуживанию и ремонту машин между хозяйствами и ПТС [2, 3]. Это способствует равномерной загрузке используемых технических средств и мощностей.

Методы исследования. При проведении исследований применялись следующие методы: статистические методы анализа и обработки данных, теория вероятностей и теория массового обслуживания, теория надёжности и старения машин, технико-экономический анализ, математическое моделирование, информационные технологии.

Количество ПТС, необходимое для выполнения объёмов работ по техническому обслуживанию и ремонту, определялось по выбранному критерию. Для определения оптимального (рационального) количества ПТС из всех возможных i-х вариантов (вариант - результат расчёта при i = 1, 2, …, n сервисных предприятий в зоне обслуживания техники,) принят экономический критерий – удельные суммарные затраты $З_i$, связанные с обеспечением работоспособности техники (р./га), рассчитанные по формуле [4 - 6]:

$$З_i = \frac{З_{раб\,i} + П_{пр\,i} + П_{мех\,i}}{S}, \qquad (1)$$

где $З_{раб\,i}$ – затраты, связанные с содержанием ПТС по i-му варианту, р.;

$П_{пр\,i}$ – потери продукции, связанные с отклонением сроков проведения работ от агротехнических по i-му варианту по техническим причинам в течение планируемого периода, р.;

$П_{мех\,i}$ – потери, связанные с простоем механизаторов по i-му варианту за планируемый период, р.

S – объём выполняемых механизированных работ, у.э. га,

i = 1, 2 , … n – количество ПТС (вариантов).

Приведём основные моменты по определению составляющих формулы (1). Затраты, связанные с содержанием ПТС по i-му варианту:

$$З_{раб\,i} = С_{зд\,i} + С_{ЗП\,i} + С_{ТО\,i} + С_{ЗЧ\,i} + С_{М\,i} + С_{ТР\,i} + С_{Н\,i}, \qquad (2)$$

где $С_{зд\,i}$ – затраты на содержание зданий, р.;

$С_{ЗП\,i}$ – затраты на оплату труда производственных рабочих, р.;

$С_{ТО\,i}$ – затраты, связанные с проведением одного ТО (одной услуги) специалистами ТЦ, р.;

$С_{ЗЧ\,i}$ – стоимость запасных частей, р.;

$С_{М\,i}$ – стоимость материалов, р.;

$С_{ТР\,i}$ – транспортные затраты, р.;

$С_{Н\,i}$ – накладные расходы, р.

Величину $С_{зд\,i}$ определяем по формуле:

$$С_{зд\,i} = З_{эл} + З_{ао} + З_р, \qquad (3)$$

где $З_{эл}$ – затраты на силовую электроэнергию, р.;

$З_{ао}$ – амортизационные отчисления на объекты производственной базы, р;

$З_р$ – затраты на текущий и капитальный ремонты объектов производствен-

ной базы, р.

Затраты на оплату труда СЗП i производственных рабочих

$$C_{ЗП\,i} = t_{уд}\ P_{ср}\ N_{пр}\ , \qquad (4)$$

где $t_{уд}$ – трудоёмкость одного ТО (услуги), чел.-ч.;

$P_{ср}$ – часовая тарифная ставка среднего разряда, р.

$N_{пр}$ – количество проведённых ТО (услуг), шт.

Определение затрат, связанных с проведением одного ТО (услуги), на запасные части, материалы и накладные расходы затруднений не вызывает. Они определяются или по нормативам, или по средним фактическим затратам предыдущих лет.

Транспортные расходы СТР i определяем как:

$$C_{ТРi} = C_M\ \frac{k\sqrt{S_0}}{V} N_{пр}\ , \qquad (5)$$

где C_M – стоимость 1 часа использования мобильного средства технического сервиса, р.;

S_o – площадь зоны обслуживания сервисным предприятием, км^2;

V – средняя скорость мобильного средства технического сервиса, км/ч;

k – коэффициент, учитывающий конфигурацию зоны обслуживания.

Потери продукции, связанные с отклонением сроков проведения работ от агротехнических по i-му варианту по техническим причинам в течение планируемого периода, р.:

$$П_{прi} = (C_З - C_{По}) U_Р\ K_{Рq} \left[\frac{\lambda_i\ T}{\lambda_i + \mu_i} - \frac{\lambda_i}{(\lambda_i + \mu_i)^2}\left(1 - e^{-(\lambda_i + \mu_i)T}\right)\right], \qquad (6)$$

где $C_З$ – цена реализации р-й культуры, р./ц;

$C_{По}$ – суммарные удельные затраты на уборку, послеуборочную обработку и транспортирование продукции р-й культуры к месту реализации, р/ц;

$U_р$ – урожайность р-ой культуры, ц/га;

$K_{Рq}$ – коэффициент потерь урожая р-й культуры в q – й компании;

λ_i – интенсивность спроса на услуги по i-му варианту, 1/ч;

T – планируемый период, ч.

μ_i – интенсивность восстановления, 1/ ч.

Потери, связанные с простоем механизаторов по i-му варианту за планируемый период, $П_{мехi}$, р.:

$$П_{мехi} = Д_M / T_Ф\,(T_{ПРi} - t_{дем})\ \lambda_i\ T\ ,\ \ если\ T_{ПРi} \geq t_{дем}\ , \qquad (7)$$

$$M_{мех} = 0,\ если\ T_{ПРi} < t_{дем}\ , \qquad (8)$$

где $Д_M$ – средняя стоимость продукции, производимая одним механизатором за год, р;

$T_ф$ – фактический годовой фонд времени механизатора, ч.;

$t_{дем}$ – среднее время простоя машины из-за потери работоспособности, ч.

Экспериментальная часть

Разработана информационная технология определения количества предприятий технического сервиса в программной среде «Exel» и произведён расчёт их количества для АПК Новосибирской области. Эксперименталь-

ные исследования сводились в основном к сбору исходной информации для реализации программы по расчёту количества предприятий технического сервиса.

Результаты исследований и их обсуждение

По результатам расчёта наиболее экономически выгодным получился вариант при наличии 18 технических центров в области. При этом удельные суммарные затраты составили $З_{18}$ = 3085,52 р/га (в ценах 2015 года). Для сравнения приведём значения $З_1$ = 11277,96 р/га и $З_{30}$ = 3423,30 р/га (соответственно для вариантов: при количестве предприятий технического сервиса одно на область и – тридцати, то есть в каждом районе области).

Следует отметить, что наибольшее влияние на выбор количества предприятий технического сервиса оказывает величина потерь продукции, связанных с простоем техники из-за отказов и радиус обслуживания потребителя предприятием технического сервиса.

В настоящее время в области имеется 8 технических центров, каждый из которых в среднем обслуживает почти по 4 района. Средний радиус обслуживания достигает до 200 км, что негативно сказывается на оперативности и качестве обслуживания техники.

Выводы

Для своевременного и качественного технического обслуживания МТП в регионе необходимо обоснованное количество предприятий технического сервиса. При завышенном количестве возрастают затраты на их содержание, а при недостаточном – увеличиваются потери сельскохозяйственной продукции из-за низкой оперативности обслуживания техники вследствие увеличения радиуса зоны обслуживания.

- Применительно к АПК Новосибирской области проведён расчёт количества предприятий технического сервиса. Их рациональное количество составило 18. В настоящее время в области 8 ПТС, со средним радиусом обслуживания, достигающим 200 км, значительная величина которого негативно сказывается на оперативности обслуживания техники потребителей.

- Полученные результаты расчёта могут служить индикативными показателями при совершенствовании инфраструктуры технического сервиса региона на перспективу.

Литература

1. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия па 2013-2020 годы. Утверждена постановлением Правительства Российской Федерации 14 июля 2012 года, N 717. – М. 2012. – 81 с.

2. Кузьмин В.Н. Разработка программ технического оснащения сельского хозяйства в рыночной экономике: науч. изд. – М.: ГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 304 с.

3. Федоренко В.Ф. Повышение ресурсоэнергоэффективности агропромышленного комплекса: науч. изд. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 284 с.

4.Немцев А.Е. Обеспечение работоспособности мобильной сельскохозяйственной техники на основе резервирования обменного фонда: дисс. д-ра техн. наук. – Новосибирск, 1998. – С. 103 – 104.

5. Немцев А.Е. Формирование региональной системы обеспечения работоспособности сельскохозяйственной техники / А.Е. Немцев, Н.М. Иванов, В.В. Коротких / Фундаментальные и прикладные проблемы науки: материалы VIII междунар. сим-

позиума. – М.: РАН, 2013. – Том 7. – С. 189-195.
6. Немцев А.Е. Система технического сервиса в АПК / РАСХН: Сиб. отд-ние СибИМЭ. – Новосибирск, 2002. – 264 с.

DETERMINATION OF THE NUMBER OF TECHNICAL SERVICE ENTERPRISES FOR AGRARIAN AND INDUSTRIAL COMPLEX OF NOVOSIBIRSK REGION

Nemcev A.E., Chief Researcher, doctor of technical sciences,
Korotkih V.V., Leading Researcher, candidate of technical sciences,
Demenok I.V., Senior Researcher, candidate of technical sciences
Livshic V.M., Chief Researcher, doctor of technical sciences
Siberian Scientific Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture of the Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia
e-mail: sibime@ngs.ru

Annotation: *The amount of technical service enterprises is determined by the minimum value of the specific total costs associated with ensuring the operability of machinery. As applied to the Novosibirsk region, 30 options for calculating the number of technical service enterprises are considered, by the number of districts in the region. Calculations are carried out for options when the service enterprise will be one per oblast or in each district of the region. Of all the options, according to the accepted criterion, the optimal number of technical service enterprises for the zone they serve is selected.*

Keywords: *machinery, machine and tractor fleet, technical service, technical service enterprises, maintenance, repair, reliability of machinery, economic criteria, costs, list of services.*

Bibliography

1. State program for the development of agriculture and regulation of markets for agricultural products, raw materials and food for 2013-2020. Approved by Resolution of the Government of the Russian Federation on July 14, 2012, N 717. - M. 2012. - 81 p.
2. Kuzmin V.N. Development of programs for the technical equipping of agriculture in a market economy: scientific. ed. - M .: GBNU «Rosinformagrotekh», 2014. - 304 p.
3. Fedorenko V.F. Increase of resource and energy efficiency of the agro-industrial complex: scientific. ed. - Moscow: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2014. - 284 p.
4. Nemcev A.E. Maintenance of working capacity of mobile agricultural machinery on the basis of reservation of an exchange fund: diss. Dr. Tech. sciences. - Novosibirsk, 1998. - P. 103 - 104.
5.Nemcev A.E. Formation of a regional system to ensure the efficiency of agricultural machinery / A.E. Nemcev, N.M. Ivanov, V.V. Korotkih / Fundamental and Applied Problems of Science: Materials VIII International. symposium. - Moscow: RAS, 2013. - Volume 7. - P. 189-195.
6. Nemcev A.E. System of technical service in the agroindustrial complex / RAAS: Sib. separation of SibIME. - Novosibirsk, 2002. - 264 p.

УДК 636.32/38

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ СТРИГАЛЬНЫХ МАШИНОК В КРЕСТЬЯНСКИХ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ

А.Н. Русаков старший научный сотрудник, к.т.н.,
ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», Москва,
тел. 8 499 174 81 17, e-mail: rusakov54@bk.ru)

Аннотация. *В работе приведён анализ технического обслуживания стригальных машинок для овец в крестьянских фермерских хозяйствах (КФХ). Надёжность и срок службы машинок можно повысить путём улучшения их технического обслуживания. На стригальных пунктах КФХ невозможно полное резервирование запасных частей к машинкам из-за многообразия моделей и количества деталей в их устройстве, поэтому необходимо повышать надёжность машинок. Недостаточное квалифицированное техническое обслуживание и условия эксплуатации ежегодно выводят из строя стригальные машинки. Применение простых по устройству приборов для контроля равномерности и усилий прижатия ножа к гребёнке позволит произвести полное обслуживание машинок.*

Ключевые слова: *стригальная машинка, техническое обслуживание, крестьянские фермерские хозяйства, надёжность, срок службы, специальные приборы, равномерность и сила прижатия ножа.*

Перевод части овцеводства на крестьянско-фермерских хозяйств (КФХ) повышает требования к обеспечению надёжной работы машин. Задержка процесса стрижки при сезонных работах даже на один день может принести фермеру большие убытки.

Целью данной работы является повышение надёжности и продление срока службы стригальных машинок путём улучшения технического обслуживания (ТО).

В настоящее время темпы внедрения научных и технических знаний в производство стали прерогативой сельхозтоваропроизводителей. Они сами решают, какие породы овец разводить, чем и как кормить, какую продукцию получать, какими средствами производства пользоваться. Но многие вопросы в области обслуживания техники остаются за чертой их знаний. Одним из условий бесперебойной работы техники является правильно организованная система ТО на ферме, здесь необходимо использовать накопленный и обобщенный передовой опыт отраслевых научно-исследовательских институтов.

Из-за отсутствия отечественного производства стригальных машинок рынок России занимает зарубежная стригальная техника. В вопросе выбора техники фермеры за последние 15 лет сами определились с производителями и марками импортных машинок. Большое количество дилеров активно рекламируют этот товар на просторах интернета и салонах по продажам. Но вместе с этим фермеры ещё продолжают использовать машинки МСУ-200,

которые поступают небольшими партиями в продажу из Украины, Казахстана, Китая и Ростовской области.

На стригальных пунктах КФХ невозможно полное резервирование запасных частей к машинкам из-за многообразия моделей и количества деталей в их устройстве. Отсутствие резерва требует исключительной надёжности машинок. Машинки работают, как внутри животноводческих помещений подверженных содержанию аммиака, углекислого газа, влаги, так и на временных стригальных пунктах. В настоящее время отсутствуют доступные по цене проекты ферм для овцеводов. По этим причинам преждевременно выходят из строя электрическая аппаратура и электродвигатели.

Недостаточное квалифицированное техническое обслуживание и условия эксплуатации ежегодно выводят из строя стригальные машинки известных брендов из Швейцарии (модели HEINIGER), Англии (модели DIMI), Германии (модели LISCOP), Японии (модели TAKUMI), США (модели KAISON), Китая (модели GTS, BAODA), Тайваня (ZXS), СНГ (модели МСУ), работающие в России. Многие машинки производятся на предприятиях, вынесенных на территорию Китая, порой трудно разобраться в истинном происхождении продукции. Проведённый мониторинг показал, что у модели МСУ-200 производительность, мощность и надёжность выше, чем у вышеперечисленных машинок [1]. Немаловажное достоинство – электробезопасность 36 В / 200 Гц.

Успешная стрижка овец может быть проведена при условии своевременной подготовки помещения, стригального агрегата и необходимого инвентаря. Количество стригальных пунктов в хозяйствах определяется размером отары, территориальным расположением земельных массивов, на которых содержат овец и ветеринарно-санитарным состоянием поголовья. При современной обеспеченности электростригальными агрегатами во многих хозяйствах, имеющих от 0,5 до 1,5 тыс. голов, стрижку рекомендуется проводить на одном пункте. В тех хозяйствах, где нет специальных помещений для электромеханической стрижки овец, используют овчарни, сараи и т. д.

В качества примера рассмотрим ТО модернизированной стригальной машинки с вертикальным нажимным механизмом (рис. 1).

Рисунок 1 – Общий вид машинки
1 – режущая пара; 2 – вертикальный нажимной механизм с гайкой; 3 – корпус из алюминиевого сплава; 4 – электродвигатель; 5 – вентилятор; 6 – провод

Над данной конструкцией продолжают работать сотрудники ФГБНУ ФНАЦ ВИМ с целью доведения её до мирового уровня путём совершенствования нажимного механизма, улучшения равномерности прижатия ножа к гребёнке, повышения производительности стрижки овец, снижения металлоёмкости конструкции и энергозатрат [2, 3].

Машинка работает, как индивидуальный агрегат и снабжена полупроводниковым преобразователем марки ПЧ200-220/36-311, который также видоизме-

няется в сторону существенного увеличения надежности электропривода за счет автоматического контроля и предупреждения возможных аварийных ситуаций, повышения срока службы электродвигателя в 1,5 раза и исключения динамических (механических) ударов в приводных механизмах.

Российские предприятия готовы оказывать любые услуги фермерам в диагностике преобразователей частоты, техническом обслуживании, ремонте гарантийном и послегарантийном.

Ежесменное техническое обслуживание (ЕТО) проводится на верстаке для обслуживания машинок. Машинку очищают от пыли и грязи (только сухая чистка с использованием щетки и входящей в комплект поставки кисточки для чистки), проверяют крепление деталей, заменяют затупившиеся режущие пары, регулируют положение гребёнки относительно ножа. Необходимо правильно отрегулировать положение рычага в корпусе машинки. Во время работы следят за равномерным прижатием ножа к гребёнке, наличием смазки в узлах трения машинки, степенью нагрева корпуса, электродвигателя и отдельных сопряжений. Процесс замены режущей пары рекомендуется выполнять согласно инструкции для разборки и сборки машинки.

В конце работы машинку освобождают от жиропота и других загрязнений, проверяют вентиляционные каналы электродвигателя и при необходимости очищают.

Обслуживанием и эксплуатацией машинки, а также вспомогательными работами в КФХ занимается стригальщик, т.к. привлекать слесаря-наладчика, точильщика, подавальщика овец, работника по доставке руна к учётчику и классировщику не выгодно при обслуживании небольшого поголовья. Возможно, использование передвижных контейнеров для укладки, перевозки и временного хранения шерсти. Приобретать дополнительные средства механизации с большим сроком окупаемости крестьянским хозяйствам нерентабельно.

Периодическое ТО проводится через 60-70 ч работы (один раз в 8-10 дней). Машинку разбирают на детали, все детали промывают и проверяют на износ. Изношенные детали заменяют новыми, машинку собирают, смазывают и регулируют. Все эти операции проводятся только авторизованными дилерами или в заводской службе поддержки клиентов; это, также относится к замене поврежденного провода питания.

Допустимые предельные износы деталей стригальных машинок приведены в таблице 1.

Перекос корпуса стригальных машинок в месте крепления гребёнки определяется специальным прибором, который можно изготовить своими силами в условиях фермерской мастерской (рис. 2).

Величина отклонения стрелки индикатора показывает, что площадка под гребёнку имеет перекос в допустимых пределах, который можно устранить или данный корпус машинки надо выбраковывать.

Таблица 1

Допустимые износы деталей стригальной машинки

Наименование детали	Номинальный размер детали, мм	Бракованный размер детали, мм
Нож	3,8	2,0
Гребёнка	3,3	2,4
Ролик	⌀ 12,6; ⌀ 6	12,36 6,20
Эксцентрик	⌀ 6	5,85

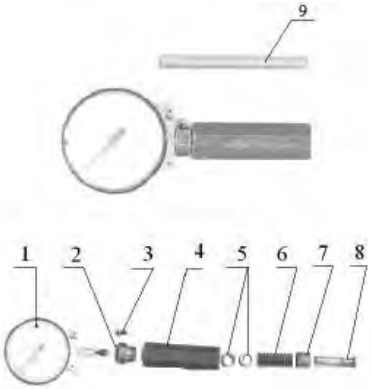


Рисунок 2 – Прибор для определения перекоса корпуса и неравномерности прижатия ножа к гребенке
1 – индикатор часового типа; 2 – гайка; 3 – стопорный винт; 4 – корпус; 5 – дистанционная втулка; 6 – пружина; 7 – направляющая втулка; 8 – упор; 9 – тарировочный стержень

Силу прижатия ножа к гребенке создаёт сам стригаль, вращая нажимную гайку, и от его опыта зависит правильность её выбора. В настоящее время сотрудниками ФНАЦ ВИМ разработаны методика и прибор, где определение усилий прижатия ножа к гребёнке В процессе работы производится с помощью самого стригаля (рис. 3).

Принцип работы прибора. Стригальная машинка 11 устанавливается на опорах основания 10 и закрепляется фиксатором 6. Под зубья ножа подводится захват с шипами 9, после чего рычагом 2 производится контрольный отрыв ножа от гребёнки и устанавливается между ними щуп 8 толщиной 0,02 мм. Груз 7 соединен с щупом 9 нитью и подвешен на специальном кронштейне. Связка груз - щуп позволяет фиксировать момент отрыва ножа от гребенки при повторном «рабочем» движении рычага. Циферблат динамометра 5 повёрнут в сторону проводящего замеры. В приборе предусмотрена для точности замеров возможность установки разных классов динамометров [4].

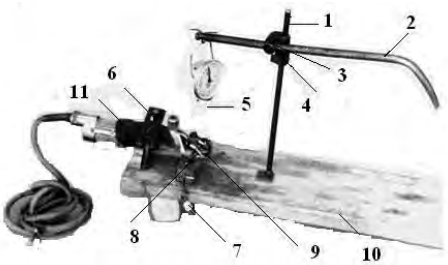


Рисунок 3 – Прибор для определения усилия прижатия ножа к гребёнке
1 – стойка; 2 – рычаг; 3 – шарнир рычага; 4 – ограничитель установки высоты рычага; 5 – динамометр с циферблатом; 6 – фиксатор; 7 – груз; 8 – щуп; 9 – захват с шипами; 10 – основание с опорами под машинку; 11 - стригальная машинка

Выводы

1. Обнаружение и устранение возможных перекосов корпуса стригальных машинок в месте крепления гребёнки позволяет создавать равномерное усилие прижатия ножа к гребёнке. Эти недостатки нельзя устранить с помощью ЕТО, они выполняются только в авторизованных мастерских.

2. Определение усилий прижатия ножа к гребёнке в процессе стрижки позволит контролировать рабочий процесс машинки, повысить надёжность и срок службы стригальных машинок.

Литература

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

2. Русаков А.Н. Модернизация стригальной машинки для овец / А.Н. Русаков, В.С. Герасимов // Сельский механизатор. – 2014. - № 5. – С. 26 – 27.

3. Русаков А.Н. Надежность стригальных машинок для овец / А.Н. Русаков // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. 2016. № 7. С. 10-14.

4. Русаков А.Н. Методики определения остроты лезвия ножа и усилий прижатия при стрижке овец / А.Н. Русаков, Ю. А. Мирзоянц, В.Е. Фириченков // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. 2016. № 11. С. 18-22.

MAINTENANCE OF SHEARING MACHINES IN PEASANT FARMS

Rusakov A. N. senior researcher, Ph. D.,
Federal state budgetscientific institution
«Federal scientificengineering center VIM»,
Moscow,tel: 8 499 174 8117, e-mail: rusakov54@bk.ru

Abstract. *In work the analysis of maintenance of shearing machines for sheep in peasant farms (KFH). The reliability and service life of machines can be improved by improving their maintenance. At shearing the points of KFKH cannot complete backup of spare parts for cars because of the diversity of models and the number of items in their device, so you need to increase the reliability of the machines. Lack of qualified maintenance and operating conditions annually incapacitate*

shearing machines. The use of simple devices to control the uniformity and the efforts of the pressing of the knife to the comb and will produce full servicing of cars.

Keywords: *shearing machine, maintenance, peasant farmers, reliability, service life, special devices, and the uniformity of the pressing force of the knife.*

References

1. Rusakov A.N. The reliability and efficiency of imported shearing machines for sheep / A.N. Rusakov, R.S. Suyunaliev // Proceedings of GOSNITI, 2016. - T. 123. - S. 102-107.

2. Rusakov, A. N. Modernization shearing machines for sheep / A. N. Rusakov, V. Gerasimov // Rural machine operator. – 2014. - No. 5. – P. 26 – 27.

3. Rusakov A.N. The reliability of shearing machines for sheep / A. N. Rusakov // Agricultural engineering: maintenance and repair. 2016. No. 7. P. 10-14.

4. Rusakov A.N. The method of determining the sharpness of a knife blade, and the effort pressing at the sheep shearing / A.N. Rusakov, Yu.A. Mirzoyants, V.E. Filchenkov // Agricultural equipment: service and repair. 2016. No. 11. S. 18-22.

УДК 631.12

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА В СИСТЕМЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА АВТОТРАКТОРНОЙ И КОМБАЙНОВОЙ ТЕХНИКИ

В.И.Черноиванов, д.т. н., профессор академик РАН,
ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»,
Тел.: 8 (499) 171-43-49, e-mail: vichernoivanov@mail.ru.
И.И. Габитов, д.т.наук, профессор,
Тел.: (347) 241-68-33, e-mail: bgau@ufanet.ru.
А.В. Неговора, д.т.н., профессор,
Тел.:(347) 2-41-68-33, e-mail: negovora@bgau.ru.
ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет»,
г.Уфа

Аннотация. *В статье представлен анализ наиболее перспективных направлений развития системы технического сервиса и структуры инженерной службы в части организации технического обслуживания и ремонта современной техники с ис-пользованием цифровых технологий.*

Ключевые слова: *мобильный сервис, дистанционное тестирование, мони-торинг технического состояния.*

Уровень развития агропромышленного комплекса во многом определяется состоянием его материально-технической базы. Анализ качественных и количе-ственных изменений парков сельскохозяйственной техники России, Белоруссии и Казахстана показывает, что их структура близка по возрастному составу и мо-дельным группам и на современном этапе включает:

- машины старого поколения (более шести лет эксплуатации) – 65%;
- новые машины производства стран СНГ (до шести лет эксплуатации) – 20%;
- импортную технику и новые модели стран СНГ– 15%.

По данным ФГБНУ Росинформагротех, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, МСХ РФ в России 80% тракторов и 70% зерноуборочных комбайнов эксплуатируются с пре-вышением нормативных сроков эксплуатации. При этом удельные годовые затра-ты на их ремонт возросли за период с 2005 по 2016 годы более чем в 2 раза, но доля восстанавливаемых деталей в общем объеме потребления запасных частей составила всего 7% (до 90-х годов – 24%) [1-5]. Эти данные указывают на явное снижение объема сервисных работ по ремонту и восстановлению техники и от-дельных ее узлов и агрегатов.

Мультибрендовость используемых в сельском хозяйстве машин, существен-ные конструктивные отличия в моделях одной марки, но разного года выпуска, увеличение функциональности техники и другие факторы предопределяют на со-временном этапе ряд направлений совершенствования системы обеспечения рабо-тоспособности машинно-тракторного парка (таблица 1):

Таблица 1. Направления совершенствования технического обслуживания и ремонта по различным группам машин и оборудования

Объект ТО и Р	Технологии ТО и Р	Направления совершенствования системы ТО и Р
Машины старше 10 лет эксплуатации (удельный вес в общем составе парка машин снижается)	Технологии ТО и Р полностью отработаны.	Снижение себестоимости работ за счет увеличения объемов ТО и ремонта техники из смежных сфер одной территориальной расположенности (транспорт, энергетика и пр.)
Отечественные машины и техника производства стран СНГ последних 8-10 лет	Технологии и оборудование в целом отработаны, но требуются новые устройства для сопровождения новых технологий	Модернизация и адаптация техники (замена устаревшей электронной аппаратуры и датчиков на современные, установка спутниковой навигации и систем параллельного вождения, комплексная работа в составе машинно-тракторного агрегата и пр.)
Современные импортные машины и оборудование	Технологии и оборудование диктуются заводами-изготовителями, система фирменного или дилерского сервиса	Системная оценка эксплуатационных показателей машин, технологий ремонта и обслуживания ведущими НИИ и вузами с последующей их коррекцией
Ряд современных машин и ближайшая перспектива	Система фирменного или дилерского сервиса, систематическое обновление аппаратной и программной составляющих	Использование Интернет-технологий (телематика – дистанционное управление)

Вместе с тем, развитие структуры инженерной службы в АПК в направлении организации ТО и ремонта современной техники в России и СНГ сдерживается рядом ограничений:

1 Технические:

- недостаточный уровень производства надежных электронных устройств и отечественного оборудования для их проверки и ремонта;
- высокая стоимость зарубежного оборудования, оснастки для ТО и ремонта, расходных материалов и эксплуатационных жидкостей.

2 Технологические:

- технологии диагностирования и ремонта машин зарубежных фирм и их компонентов ориентированы только на собственную продукцию;
- тест-планы для испытания отремонтированных узлов и агрегатов у поставщиков альтернативного оборудования существенно отличаются от оригинальных.

3 Кадровые:

- подготовка кадров по грамотной эксплуатации, обслуживанию и ремонту техни-ки организуются фирмами-производителями адресно под конкретные модели и только в своих представительствах.

4 Территориальные:

- территориальная удаленность предприятий технического сервиса приводит к увеличению продолжительности и стоимости ремонта.

Наряду с выше обозначенным, отметим также высокое конструктивное разно-образие выпускаемых и перспективных машин, что зачастую диктует формирова-ние своих направлений развития системы технического сервиса. Например, в настоящее время подавляющее количество автотракторной и комбайновой техни-ки оснащается дизельными двигателями с электронным управлением, причем в дальнейшем их доля будет только увеличиваться.

Так, согласно прогнозу фирмы Bosch, к 2018 году оснащение отечественных дизельных двигателей для коммерческой техники топливоподающими системами типа Common Rail с электронным управлением достигнет: для Заволжского моторного завода (МЗ) – 100%, Минского МЗ – 96%, КАМАЗ-дизель – 88,3%, Ярославского МЗ – 72,5% [3].

В этой связи, при совершенствовании системы технического сервиса машин, имеющих в конструкции высокотехнологичные агрегаты и узлы с электро-, гидро-, и пневмоприводами, работающими под управлением электронных блоков управления, необходимо учитывать следующие моменты:

- в современной технике реализуется концепция управления работой машины (машинно-тракторного агрегата) как единого объекта с интеграцией в нее отдельных систем управления (трансмиссией, навесной системой, двигателем и пр.);
- конструктивно машина включает в себя узлы и агрегаты различных произво-дителей, причем многие из них, как и объект в целом, характеризуются многообразием устанавливаемых систем с электронным управлением;
- разработка и обновление технологического оборудования для ТО и ремонта новых моделей машин, а также программного обеспечения для их технического сервиса значительно отстает от момента ввода техники в эксплуатацию.

В данных условиях для грамотной и эффективной реализации системы ТО и ремонта современных машин использование электронных средств и информационных технологий становится очевидной необходимостью. При этом следует выделить ряд факторов, определяющих направления их внедрения:

- применение в технологических процессах ТО и ремонта современного высокотехнологичного и дорогостоящего оборудования с электро- и гидроуправляемыми узлами, исполнительными механизмами с сервоприводами, электронной элементной базой и программным обеспечением;
- автоматизация испытаний на стационарных стендах в соответствии с тест-планами производителя для исключения человеческого фактора при оценке качества работы тестируемых элементов (мастер только производит монтаж, запуск тестовой программы и затем демонтаж узла или агрегата;
- повышение требований к квалификации инженера-механика (мастера-наладчика) с обязательным владением навыками выполнения технологических операций ремонта и регулировки, знанием оборудования и сервисных программных продуктов, (к примеру, уровень мастера по регулировке дизельных топливных систем с электронным управлением достигается после 3 лет практики и прохождения соответствующих курсов в учебных центрах фирм-производителей);
- наличие доступа к систематическому обновлению электронной сервисной информации (обычно доступ к базам данных осуществляется только через облачный интерфейс по дилерским договорам для имеющегося оборудования).

Становится очевидным, что необходимым условием качественного управления техническим состоянием современной техники, а так же ее эффективным использованием становится электронная сервисная информация. Большой объем технической информации и высокая скорость обновления сервисных данных требуют регулярной связи с заводами-производителя-

ми. Реализация данной потребности возможна только путем использования «облачных» IT-технологий, предоставления интерактивных инструментов донесения сервисной информации до сервисных инженеров и механиков на местах. Многие производители уже используют Smart-технологии при разработке руководства по эксплуатации или техобслуживанию машины, что позволяет через планшет или виртуальные очки видеть обслуживаемый узел в разрезе, выводить на экран места расположения крепежных элементов или диагностических разъемов с наложением на текущее изображение объекта, производить монтаж и демонтаж элементов и узлов в непосредственном визуальном сопровождении [6,7].

В таблице 2 приведена иерархическая схема применения электронной сер-висной информации инженерной службой предприятия.

Таблица 2. Иерархическая схема применения электронной сервисной информации для управления техническим состоянием машин и машинно-тракторного парка предприятия

Уровень пользователей	Назначение электронной сервисной информации	Объект воздействия
Первый уровень Механизатор, оператор машины	Эксплуатация в соответствии показаниям информационных данных бортовой системы диагностики и системы предупредительной сигнализации.	Конкретная машина или машинно-тракторный агрегат (МТА)
Второй уровень Сервисный инженер, инженер по эксплуатации, дилер	Калибровка систем и агрегатов машин. Определение параметров и периодичности обслуживания. Анализ данных бортовой системы диагностики. Определение параметров сменной выработки. Формирование индивидуальной карты трактора, комбайна, автомобиля и др.	Конкретная машина или машинно-тракторный агрегат
Третий уровень Инженерная и экономическая служба предприятия	Анализ работоспособности (учет отказов, разработка предложений совершенствованию технического сервиса и модернизации техники). Анализ использования парка машин и конкретных моделей. Формирование рациональных резервов запасных частей и учет складских запасов.	Парк машин, сфера обслуживания и материально-технического снабжения предприятия
Четвертый уровень Руководящее звено предприятия	Анализ эффективности использования парка машин, системы технического сервиса, технико-экономических параметров новых машин и машинно-тракторных агрегатов, конъюнктуры рынка автотракторной и сельскохозяйственной техники, поставщиков запасных частей и оборудования и др.	Предприятие, его структурные подразделения

Наличие электронного управления агрегатами и узлами, как и всей машиной в целом, представляет принципиально новые возможности для оптимизации режимов их работы. Например, в системе топливоподачи дизеля, из-за отклонений размерных параметров, трения в элементах, мгновенных колебаний давления вы-ходные показатели форсунок, установленных на одном двигателе, могут быть различны, несмотря на одинаковые параметры управляющих сигналов. В этом случае индивидуальное электронное управление каждой форсункой многоцилиндрового двигателя позволяет существенно расширить допуски к техническому состоянию основных компонентов топливоподающей системы. Одновременно за счет такого подхода может быть увеличен период их безотказной работы и обеспечена необ-ходимая стабильность параметров топливоподачи в течение более продолжительного времени.

Для обеспечения безотказной и стабильной работы узлов и агрегатов с электронным управлением их ремонт рекомендуется проводить двумя условными видами регулировки: «механической» и «электронной». «Механическая» регулировка обеспечивается в процессе ее технического обслуживания соблюдением контрольных размерных параметров, заданными предварительным натягом пружин, моментами затяжки элементов узлов и пр. «Электронная» регулировка предусматривает изменение или корректировку данных, прописанных в программе блока управления. В результате электронной регулировки формируется определенный изменяемый код, который индивидуально корректирует базовую характеристику управления узла с учетом его послеремонтного технического состояния.

В системах топливоподачи с помощью подобных кодов производится «электронная» настройка форсунок, т.е. каждая форсунка современной аккумуляторной топливной системы Common Rail получает собственный код при регулировке и идентифицируется в блоке управления непосредственно после установки на двигатель. При этом базовая характеристика управления соответствующим образом изменяется на индивидуальную характеристику.

Таким образом, применение электронной регулировки позволяет пересмотреть действующие технологии ремонта в направлении расширения допусков на отклонение геометрических параметров отремонтированных узлов от жестких контрольных значений, указанных в ремонтной документации производителя.

В настоящее время заводы-производители высокотехнологичных и дорогостоящих компонентов машин заинтересованы прежде всего в агрегатном ремонте и зачастую необоснованно завышают требования к показателям их работы при испытании, а также к операциям ремонта. Как правило, подобное техническое обслуживание и ремонт предусматривают обязательное наличие дорогостоящего оборудования и технической документации, разработанных исключительно фирмой производителем.

В этой связи необходимо исследовать, разрабатывать и использовать новые, научно и экономически обоснованные методы поддержания их в исправном техническом состоянии. Результаты наших исследований и разработок подтверждают перспективность таких предпосылок в отношении систем топливоподачи с электронным управлением. Так, восстановление работоспособности клапанного узла форсунки с электрогидравлическим управлением топливной системы CR по технологии БашГАУ привело к снижению себестоимости ремонта форсунок в 2,5…3 раза. Накопленный опыт по разработке и модернизации средств диагностирования и технического обслуживания топливоподающих систем подтверждает высокую эффективность их практического использования и позволяет снизить стоимость их ТО и ремонта на 15…30% в сравнении с фирменным обслуживанием. При этом стоимость разработанного в БашГАУ оборудования ниже зарубежных аналогов в 2…2,5 раза при одновременном расширении функциональных возможностей [3].

Качеству ТО и ремонта всегда отдается приоритет как со стороны потреби-телей, так и со стороны производителей работ. В этой связи необходимо отметить новое в организации «личной электронной карточки» объекта обслуживания с использованием возможностей интернет-технологий. В частности в компании Bosch реализуется программа BQS (BoschQualityScan).

Она предусматривает регистрацию всех ремонтных работ производимых на дилерском оборудовании с кратким описанием тест-планов и истории ремонтно-обслуживающих работ в системе контроля качества в общей базе данных в облачном сервере. Все это дает дополнительные гарантии потребителю в том, что при обслуживании:

- использовано сертифицированное оборудование и технологии;
- использованы оригинальные запасные детали и заводские тест-планы;
- работы произведены работниками, прошедшими специализированное обучение на фирме.

В целом, в техническом сервисе машин при использовании интернет-технологий могут обеспечиваться в ином формате новые функциональные качества:

- мониторинг текущего состояния машины и параметров МТА по выполняемой операции, передача данных о движении и местонахождении и пр.;
- мобильный сервис: автоматическое оповещение о неисправности, услуги служб технической поддержки, удаленная диагностика и помощь при возникновении неисправностей;
- дистанционное тестирование агрегатов и систем машины через Internet по онлайн связи в соответствии с назначенным заводом фирмы-изготовителя машин протоколом испытаний на стационарных стендах в специализированных мастерских;
- использование ресурсов встроенного интернета: настройка функционала смартфонов через подключение электронных устройств к сети, что позволяет без участия операторов (водителей) обмениваться данными между собой для согласования совместной работы;
- настройка и дистанционное управление охранными системами, средствами тепловой подготовки, климат-контролем, системами видеофиксации и другими устройствами комфорт-электроники;
- использование «Smart»-очков с функцией дополненной реальности для виртуального сопровождения водителя при выполнении сложных маневров, например, сцепки с прицепом или парковки задним ходом, а также для помощи техническому специалисту при проведении сложного ремонта или контроля точной последовательности операций технического обслуживания.

Таким образом, цифровые технологии и электронные средства в системе технического обслуживания и ремонта автотракторной и комбайновой техники обуславливают новые реалии, возможности и перспективы повышения работоспособности машин за счет улучшения качества и оперативности, снижения себестоимости и трудоемкости ремонтно-обслуживающих работ путем:

- применения современного высокотехнологичного оборудования с своевременным обновлением его программного обеспечения посредством облачных технологий;
- повышения требований к квалификации обслуживающего персонала, организации их дистанционного и интерактивного обучения на местах (функции слесаря-механика переходят в новое качество слесаря-механотроника, владеющего навыками, основанными на синергетическом объединении знаний узлов точной механики с электронными, электротехническими и компьютерными компонентами, а сервисного инженера к универсальному

инженеру с глубокими познаниями экономики и смежных сфер производства);

- внедрения новых технологий «электронной» регулировки элементов (узлов), управляемых программируемыми блоками управления без участия оператора;
- разработки собственных и модернизации предлагаемых производителями средств и инструмента для ТО и ремонта машин и их агрегатов;
- совершенствования технологий диагностирования и формирования собственной базы контрольных параметров для дефектовки отдельных узлов и агрегатов, независимой от заводов-производителей, но научно доказанных и практически подтвержденных;
- широкого использования IT-технологий, разработки доступных вспомогательных программных продуктов для сервисного обслуживания машин и взаимодействия машины и сервисного центра, в том числе без участия владельца техники.

Список использованной литературы

1. Черноиванов, В.И., А.А.Ежевский, В.Ф.Федоренко. Интеллектуальная сельскохозяйственная техника.- М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 124 с.

2. Соловьев С.А. О программе модернизации инженерно-технологического обеспечения АПК. / Труды ГОСНИТИ – 2014. Т. 117. С. 9-18.

3. Габитов, И.И., Неговора А.В. Совершенствование средств технического серви-са автотракторной и мобильной сельскохозяйственной техники / Труды ГОС-НИТИ – 2014. Т. 117. С. 62-66.

4. Ежевский, А.А. Техническая и технологическая обеспеченность сельскохозяйственного производства России на 2013- 2020 годы.// Сельскохозяйственные машины и технологии, №1 , 2014.

5. Лачуга Ю.Ф., и др. Стратегия машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России на период до 2020 года - М.: ФГНУ «Росинформагро-тех», 2009. — 80 с.

6. Kapolka, M., «Remote Diagnostics for the Construction and Agriculture Industry: Extended Market Reach and Improved Support Operations,» SAE Technical Paper no. 2015-01-1471, 2015.

7. Sivasubrahmaniyan, A., Jaishwal, A., Warrier, G., Tharaneetharan, S. et al., «A Systematic Approach of Improving Reliability Process through Development and Application of On-Board Diagnostics System, for Commercial Vehicle,» SAE Tech-nical Paper 2015-26-0101, 2015.

DIGITAL TECHNOLOGIES AND ELECTRONIC MEANS IN THE SYSTEM OF TECHNICAL MAINTENANCE AND REPAIR OF TRACTOR AND COM-BINE HARVESTERS

Chernoivanov Vyacheslav Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, professor, academician of the Russian Academy of Sciences, Federal State Scientific Agroengineering Center VIM, Moskow, tel: 8 (499) 171-43-49, e-mail: vichernoivanov@mail.ru.

Gabitov Ildar Ismagilovich, Doctor of Technical Sciences, professor of Automobiles and MTA Department, rector of the Federal State Budgetary Educational Establishment

of Higher Education Bashkir State Agrarian University, Ufa,
ph.: (347) 241-68-33, e-mail: bgau@ufanet.ru.
Negovora Andrei Vladimirovich, Doctor of Technical Sciences, professor
of Automobiles and MTA Department
of Federal State Budgetary Educational Establishment
of Higher Education Bashkir State Agrarian University, Ufa,
ph.: (347) 2-41-68-33, e-mail: negovora@bgau.ru.

Annotation. *The article presents an analysis of the most promising areas of the development of the maintenance system and the structure of engineering services in the field of maintenance and repair of modern technics using digital technologies.*

Keywords: *mobile service, remote testing, monitoring of technical condition.*

Literature

1. Chernoivanov V.I., Ezhevsky A.A., Fedorenko V.F. Intellectual agricultural technology.- M.: «Rosinformagrotech», 2014. – 124 c.

2. Soloviev S.A. About the program of modernization of engineering and technological support of the agro-industrial complex. / Proceedings of GOSNITI – 2014. T. 117. C. 9-18.

3. Gabitov I.I., Negovana A.V. Perfection of means of technical service of autotractor and mobile agricultural machinery / Proceedings of GOSNITI – 2014. T. 117. C. 62-66.

4. Ezhevsky A.A. Technical and technological provision of agricultural production in Russia for 2013-2020. // Agricultural machinery and technologies, №1 , 2014.

5. Yu.F. Shack, etc. The strategy of machine-technological modernization of Russia's agriculture for the period until 2020 - Moscow: FGNU «Rosinformagrotekh», 2009.- 80 c.

6. Kapolka M., «Remote Diagnostics for the Construction and Agriculture Industry: Extended Market Reach and Improved Support Operations,» SAE Technical Paper №. 2015-01-1471, 2015.

7. Sivasubrahmaniyan, A., Jaishwal, A., Warrier, G., Tharaneetharan, S. et al., «A Sys-tematic Approach of Improving Reliability Process through Development and Application of On-Board Diagnostics System, for Commercial Vehicle,» SAE Technical Pa-per №2015-26-0101, 2015.

УДК 631.3.2.004.67

ОПЫТ РАБОТЫ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО И ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦЕНТРА ПРИ ИВАНОВСКОЙ ГСХА

А.А. Гвоздев, д.т.н.,
профессор кафедры «Технический сервис и механика»,
ФГБОУ ВО «Ивановская государственная сельскохозяйственная академия»,
8-903-878-58-42; resurs1959@yandex.ru

Аннотация. *Описана работа коллектива НТО Центра «ДОКТОР-ДИЗЕЛЬ-Плюс» при ФГБОУ ВО «Ивановская ГСХА имени Д.К. Беляева» в направлениях по углубленной специализации при подготовке кадров (образовательная составляющая) и практической помощи хозяйствам (научно-производственная составляющая). Она дополнительно повышает статус Академии как ВУЗа, как центра информации и передовых технологий, ориентированного на инженерные службы хозяйств и предприятий АПК, повышает качество подготовки выпускников инженерного факультета, увеличивает приток будущих абитуриентов из разных регионов Российской Федерации.*

Ключевые слова: *кадры, углубленная подготовка, технологии, надежность, долговечность, качество, оперативность выполнения услуг.*

Необходимость в организации и развитии структур, подобных НТО Центр «ДОКТОР-ДИЗЕЛЬ Плюс», продиктована потребностями рынка труда, как сейчас принято говорить, в достаточно большом регионе – Ивановская, Владимирская, Костромская области. Кроме того, научно-технический прогресс в сельскохозяйственном машиностроении и внедрение наукоемких технологий ремонта узлов, агрегатов, систем сложной энергонасыщенной техники требует от инженерных служб хозяйств и предприятий поддержания знаний и информированности на высоком профессиональном уровне.

Свое дальнейшее развитие Центр видит в углублении интеграции образовательной и производственной составляющих, в решении практических задач с.-х. производства с одновременным обучением и погружением в проблемы АПК студентов старших курсов, в освоении новых методик, технологий, в оснащении современным оборудованием и приборами.

Правильность выбранного направления неоднократно подтверждали научно-практические конференции: «Информацонно-консультационная служба в АПК – состояние и перспективы развития», «Актуальные проблемы АПК на современном этапе развития», выездные рабочие встречи с руководителями и инженерами хозяйств, предприятий, автосервисов.

Организованный в 2002 г. научно-технический образовательный и производственный Центр «ДОКТОР-ДИЗЕЛЬ Плюс» на базе кафедры «Технический сервис» ФГБОУ ВО «Ивановская ГСХА имени Д.К. Беляева», имеет достаточный опыт и возможности по оказанию технической помощи инженерным службам хозяйств (предприятий) любой формы собственности

по повышению надежности, долговечности машинно-тракторного парка, диагностике, ремонту, увеличению ресурса ДВС, регулировке ДТА, упрочнению деталей машин, улучшению качества ТСМ и ряду других проблем.

Начинался Центр как образовательный и консультационный для повышения квалификации работников АПК и ныне имеет тесные связи с руководителями и инженерами более чем 30-ти хозяйств. Показательными примерами постоянно развивающегося сотрудничества и внедрения инновационных технологий в нашем регионе являются такие хозяйства как СПК «Возрождение», СПК «Искра», ЗАО Племзавод «Заря» Родниковского района, СПК «Савино», СПК «Горячевский» Савинского района, СПК «Рассвет» Палехского района, СПК «Авангард» Гаврилово-Посадского района, ООО СП «Нельша» Тейковского района Ивановской области и др. Начинали мы с решения практических задач, задаваемых хозяйствами, далее переходили к внедрению инновационных разработок.

С практической точки зрения в современных условиях считаем важными моментами - информированность ведущих специалистов хозяйств и предприятий о технических возможностях в нашем регионе, о взаимопомощи, качестве и оперативности в оказании технических и информационных услуг, в т.ч. по программе «Импортозамещение» (в чем приглашаем принять участие). В рамках хоздоговоров на сумму до 550 тыс. руб. с развитием поисковых тем наш Центр работает круглый год. Эффективность его работы за последние годы подтверждает неуклонный рост количества производственных испытаний и внедрения разработок, научно-практических консультаций работников и специалистов АПК Ивановской области и других регионов (Владимир, Кострома).

На базе НТО Центра студенты старших курсов имеют возможность дополнительно, параллельно с высшим образованием, получить рабочие профессии и повысить свою квалификацию. С этой целью разработаны и постоянно совершенствуются программы таких курсов:

► «Диагностирование, ремонт и регулировка дизельной топливной аппаратуры автотракторных двигателей»;

► «Динамическая балансировка коленчатых валов двигателей»;

► «Технологии безразборного увеличения ресурса узлов трения машин применением триботехнических составов к маслам и пластичным смазкам»;

► «Технологии увеличения ресурса деталей машин нанесением упрочняющих покрытий»;

► «Технологии ремонта деталей машин полимерными материалами и композициями».

Реализация этих программ позволяет лучше подготовить выпускников для производства, мотивировать студентов к более глубокому освоению базовых дисциплин, да и просто занять их полезным делом.

По курсам повышения квалификации специалистов АПК. В соответствии с рабочими программами курсов формируются группы слушателей по 8-10 человек на основании заявлений и заключенных договоров. Продолжительность обучения в зависимости от их сложности – 2-4 месяца. Объем программ 72-100 ч. Длительность занятий 2-4 ч во второй половине рабочего дня, когда освобождаются от учебного процесса лаборатории, оборудование, приборы. Структуру занятий в зависимости от направления: 30…40% – теоретическая подготовка, 60…70% – практика.

Практика и еще раз практика в сочетании с хорошей теоретической подготовкой дает грамотного конкурентоспособного специалиста

Традиционно занятия ведутся по правилам: «теория + практика», «от простого - к сложному», что делает успешным освоение материала и получение уверенных практических навыков и компетенций. В обучении требования ко всем слушателеям едины: высокий уровень дисциплины, целеустремленность, аккуратность, максимальная посещаемость теоретических и практических занятий.

В работе используются современные методики, технологии, рекомендации (ГОСНИТИ, МГАУ, ЦНИИТА, Ярославского, Ногинского, Алтайского заводов дизельной топливной аппаратуры и др.).

Слушатели обеспечиваются спецодеждой, диагностическими приборами и инструментом. После завершения обучения они сдают зачет непосредственно на рабочих местах. Выпускникам выдаются удостоверение (сертификат) Федерального образца об окончании курсов при НТО Центре ИГСХА, справочно-информационные материалы по профилю курсов, памятное фото, информация по трудоустройству.

В летний период, порой без выходных, вплоть до осени специалисты Центра выезжают в хозяйства, чтобы оформить или выполнить заказ, диагностирование, убедиться в полной работоспособности отремонтированной и отрегулированной аппаратуры, проконсультировать, сравнить в действии серийные и упрочненные детали. При этом проводятся исследования, накапливается, анализируется и обобщается статистический материал из хозяйств и предприятий области. Несем ответственность за качество установленных нами деталей, комплектующих и регулировок.

Руководителей хозяйств и предприятий, глав КФХ, инженеров-механиков, заведующих мастерскими приглашаем посещать выставку научно-технических разработок с видеопрезентацией для апробации и внедрения инноваций в хозяйствах (предприятиях) с заключением долгосрочных и взаимовыгодных договоров.

О технологиях ремонта. Статистика дефектов базовых деталей свидетельствует о выбраковке их из-за ослабления неподвижных посадок, нарушающих взаимное положение валов, правильность зацепления зубчатых колес, увеличивающих удельные нагрузки контакта, значительно сокращающих эксплуатационный ресурс. И эффективность разработанной нами технологии восстановления неподвижных посадок внутренней или наружной

обойм подшипников качения, втулок в корпусных деталях или на валах, цапфах, ступицах доказана существенной экономией затрат на поддержание техники в работоспособном состоянии (таблица 1).

Таблица 1– Сравнительная оценка затрат на устранение дефектов базовых деталей

№ п/п	Детали, узлы	Затраты, руб., на:		Экономия, руб.
		приобретение	восстановление	
1	Корпус коробки передач трактора МТЗ-82	30000=	10000=	20000=
2	Полуось заднего моста трактора МТЗ-82	6000=	2000=	4000=
3	Корпус ведущего моста автомобиля КамАЗ	40000=	10000=	30000=
4	Опора промежуточная трактора МТЗ-82	5000=	2000=	3000=
5	Вал промежуточной опоры привода заднего ведущего моста трактора Т-150К	3000=	1000=	2000=
6	Корпус редуктора ВОМ фронтального погрузчика ТО-18Б	18000=	5000=	13000=
7	Карданный вал автогрейдера ДЗ-122	5000=	3000=	2000=

Реализуемая технология ремонта вместо закупки новых деталей позволяет продлить эксплуатацию дорогостоящих деталей. Многочисленные акты эксплуатационных испытаний в условиях производства и внедрения технологии подтверждают увеличенный ресурс отремонтированных неподвижных сопряжений в результате нанесения твердых износостойких некорродирующих в суровых условиях сплавов, т.к. восстановление посадок выполняется с упрочнением. В этой связи, хозяйствам и предприятиям предложено восстанавливать неподвижные посадки «подшипник – вал – корпус» дорогостоящих базисных деталей в хозяйствах путем нанесения твердосплавных покрытий «в размер» без механической обработки. Для подвижных соединений «палец – втулка», «палец – проушина» практикуем комбинированные интерметаллические покрытия с положительным градиентом механических свойств по глубине.

Даже на примере короткого списка деталей (таблица 1) хозяйство (предприятие) должно было бы затратить на приобретение новых изделий – 107 тыс. руб., а затратило – 33 тыс. руб., экономия составила – 74 тыс. руб.

Развивая и поддерживая в регионе госпрограмму «Импортозамещение», упрочняем сменные рабочие органы (например, лапы культиваторов) зарубежных почвообрабатывающих машин известных фирм. Нашими воздействиями придаем им 135…150%-ный ресурс серийных изделий – еще экономия. А на Итальянских кормосмесителях-раздатчиках S-70 «Labrador» заменили заводской комплект ножей на загрузочном барабане на Российскими с упрочнением, у Итальянских одно лезвие, а у наших - два с реверсивной установкой. При одинаковом ресурсе, установленном в эксплуатационных испытаниях, затраты хозяйства на приобретение ножей уменьшились в 2-2,5 раза.

И еще одно из последних предложений хозяйствам – единая услуга: «диагностирование + трибообработка» ДВС, КП, ведущих мостов и не от случая к случаю, а в штатной эксплуатации, «поддерживаем» уже работающие ДВС, трансмиссии, насосы и распределители гидросистем, другие подшипниковые узлы эффективными для этих целей трибосоставами. Объясняем специалистам инженерной службы механизм действия трибосоставов по

правилу: обязательные входные и промежуточные диагностирования, чтобы исключить аварии или предаварийные состояния.

О низком качестве дизельного топлива, закупаемого некоторыми руководителями наших хозяйств по «низкой» цене, что оборачивается снижением мощности и высоким расходом топлива, шубой нагара и закоксовыванием камер сгорания, залеганием (пригоранием) поршневых колец, снижением компрессии, ненужными отложениями в других горячих точках ДВС, портится дорогостоящая дизельная топливная аппаратура (ТНВД, форсунки, фильтры). При этом из-за плохой смазывающей способности низкосортного топлива наблюдаем форсированный износ плунжерных пар, распылителей, заклинивание плунжерных пар, игл распылителей. Сталкиваясь с такими отказами, хочется сказать иным руководителям, берущим такое топливо: «Ремонтники без работы не останутся, заменят и плунжерные пары и распылители, все отрегулируют, а в результате хозяйство получает псевдо экономию». Поэтому для помощи нашим инженерам и механизаторам, предлагаем и распространяем по хозяйствам:

1. добавки в топливо, повышающие цетановое число, а они являются и депрессорными присадками (т.к. ряд заправок «выдают» летнее топливо за зимнее со всеми вытекающими последствиями…);
2. добавки типа «Антигель» против парафиновых образований и обводненности топлива;
3. эффективные и проверенные на практике раскоксовывающие составы.

Специалисты НТО Центра везут с собой в хозяйства и приборы: для контроля турбокомпрессоров, давления масла, компрессии в цилиндрах ДВС, давления, развиваемого плунжерными парами ТНВД, не снимая их с дизеля и др. – реальная помощь инженеру хозяйства в обслуживании дорогостоящих узлов, агрегатов.

THE FUNCTIONING EXPERIENCE OF IVANOVO STATE AGRICULTURAL ACADEMY SCIENTIFIC AND TECHNICAL EDUCATIONAL AND INDUSTRIAL CENTRE

A.A. Gvozdev, Ph.D., professor,
Ivanovo State Agricultural Academy,
e-mail: resurs1959@yandex.ru, phone 8-903-878-58-42

Annotation. *The article presents the work of «DOCTOR-DIZEL-Plus» scientific and technical educational centre team at «Ivanovo state agricultural Academy named after D. K. Belyaev». The work is under way in the directions of advanced specialization in staff training (educational component) and practical support to enterprises (scientific-industrial component). The centre functioning enhances the status of the Academy as an educational institution, as a centre of information and advanced technologies, which focuses on farm and business engineering services. It improves the quality of graduates training at the Engineering faculty, increases the flow of applicants from different regions of the Russian Federation.*

Keywords: *staff, advanced training, technologies, reliability, durability, quality and efficiency of services.*

УДК 631.171

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

М.Н. Костомахин канд. техн. наук, вед. научн. сотр.
Зав. лаб. Прогнозирование надежности
сельскохозяйственной техники ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Москва, РФ
E-mail: redizdat@mail.ru, Тел.: 8(499)746-09-40
Табаков П.А., к.т.н., профессор,
Федоров Д.И.,к.т.н.,доцент,
Чебоксарский институт (филиал)
«Московского политехнического университета» petr_46@mail.ru

Аннотация. *В статье дано описание основного применения в сельском хозяйстве беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), как данный вид летательных аппаратов можно приспособить для разбрасывания химикатов и для доставки запасных частей. Также представлены несколько БПЛА, которые уже присутствуют на рынке.*

Ключевые слова: *БПЛА, дрон, пестициды, поле, точное земледелие*

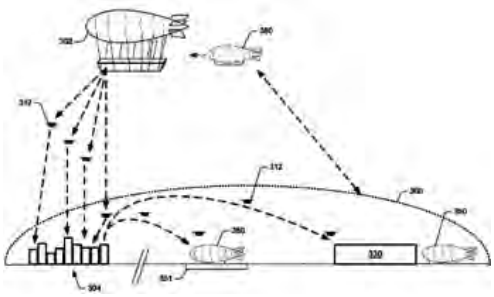


Рисунок 1 – План-схема доставки посылок

Совсем недавно, 5 апреля 2016 года, крупнейшая фирма в мире по обороту среди продающих товары и услуги через Интернет, Amazon, зарегистрировала патентную заявку на систему хранения и доставки товаров, в которой используются дирижабли и беспилотные аппараты (рис. 1). А уже в декабре того же года, Amazon совершила первую доставку посылки с помощью беспилотника. Сегодня уже все отрасли хозяйств пытаются применить в своей работе так называемых Дронов. Сельское хозяйство также не отстает от других отраслей, а в последнее время вырвалась в лидеры по использованию таких аппаратов.

Доставка посылки фирмой Amazon, является ярким примером практического применения быстрой доставки груза. В той же посылке могут находиться и запасные части для дилера или фермера, необходимые для проведения ускоренного ремонта. Проблема простоя сельскохозяйственной техники в пиковые периоды проведения работ по растениеводству, из-за несвоевременной доставки запасной части [2], может частично решаться с использованием БПЛА.

Беспилотник становится незаменимым помощником, когда необходимо охватить большие площади. Сегодня фермер имеет возможность не объезжать на машине свои поля, сжигая при этом топливо и подвергая амортизации ходовую часть, а может оценить свой урожай, присмотреть за скотом или проконтролировать полив с высоты птичьего полета (Рис. 2). Основные затраты при этом составят – покупка БПЛА и расходы на энергию для заряда. Кроме того, фермеры могут использовать дроны и приспосабливать их для обработки полей пестицидами, гербицидами, удобрениями, и так же с их помощью устанавливать зоны, которые возможно были менее обработаны. Данный процесс входит в концепцию «точного земледелия», который сохраняет садоводам деньги от излишнего перерасхода ресурсов.

Рисунок 2 – Оценка урожая с помощью Дрона

В октябре 2017 года японская компания Yamaha представила сельскохозяйственный дрон YMR-01 (Рис. 3)[1], который можно использовать для распыления различных химикатов над полями. Один такой аппарат сможет распылять пестициды над полем площадью до 10,1 тысячи квадратных метров. Новый дрон выполнен по схеме гексакоптера. Передние и задние два его луча оснащены электромоторами с верхним расположением воздушных винтов. Боковые два луча имеют электромоторы с двумя воздушными соосными винтами, один из которых расположен снизу, а второй — сверху. В полете такие винты, по оценке Yamaha, создают равномерный воздушный поток.

Рисунок 3 – Yamaha YMR-01

Коаксиально боковым воздушным винтам расположены и форсунки распылителей химикатов. В Yamaha утверждают, что такое расположение распылителей позволяет добиться более равномерного осаждения веществ на поля.

В 2015 году уже вышел на рынок беспилотник изготовленный в Китае под название Agras MG-1 (рис. 4). Стоимость такого устройства 15 тыс. долларов. БПЛА в основном используются для опрыскивания растений пестицидами. Дрон опирается на восемь винтов, что позволяет ему поднимать жидкость для распыления весом до 10 кг. Данное устройство покрывает ли-

стья химикатами равномерно, под сильным потоком воздуха, создаваемого своими же пропеллерами. Одной заправки хватает для области 40х60 м, в час дрон может обрабатывать от 30 до 40 м² [3].

Рисунок 4 – Agras MG-1

Жидкость попадает на распылители, которые расположены под четырьмя винтами из восьми. Она поступает из резервуара по четырем трубкам. (Рис. 5). Для применения в сельском хозяйстве важна и удобная транспортировка дрона. Лопасти съемные, кронштейны могут складываться, в результате габариты Agras MG-1 для транспортировки можно уменьшить до 780 х 780 х 482 мм. По сравнению с потребительскими БПЛА Agras MG-1 был улучшен в некоторых отношениях, ориентируясь на целевую сферу использования. Дрон легко выдерживает дождь или ливень, пыль тоже не является помехой. Имеется и защита от коррозии. [3]

Рисунок 5 – Принцип работы системы распыла Agras MG-1

Многие фермы в Европе и Америке, Азии сегодня разрываются между различными инженерными чудесами, которые в результате разработки различных инноваций, предназначенные для роста урожая, уменьшают трудовые, человеческие затраты (Рис. 6). Сельскохозяйственные беспилотники становятся одним из главных помощников в жизни и деятельности фермера. Как о любом другом устройстве применяемым в сельском хозяйстве, все уже задумываются о том, какие функции выполняют беспилотники и какие еще могут выполнить, чтобы обеспечить высокий урожай.

Рисунок 6 – Внесение удобрений с помощью БПЛА

Список использованных источников:

1. Новость: [Электронный ресурс] // сайт любителей дронов DroneFlyers.ru. URL: http://droneflyers.ru/2017/10/16/yamaha-sozdala-selskohozyajstvennyj-dron-oktokopter/ (Дата обращения 01.11.2017)

2. Воронов А.Н. Мониторинг состояния сельскохозяйственной техники с использованием систем спутниковой навигации / А.Н. Воронов, М.Н. Костомахин // Агротехника и энергообеспечение. М., 2014. – №1 (1). – С. 261-265.

3. Андрей Шиллинг: [Электронный ресурс] // URL: http://www.hardwareluxx.ru/index.php/news/consumer-electronics/gadgets/36608-dji-agras-mg-1-.html (Дата обращения 01.11.2017)

USE OF UNBEILED FLYING APPARATUS IN AGRICULTURE

M.N. Kostomakhin, Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher
Laboratory, Forecasting reliability
FGBNU FNAC VIM, Moscow
E-mail: redizdat@mail.ru, Tel .: 8 (499) 746-09-40
Tabakov p. A., Ph. D., Professor,
Fedorov D. I., Ph. D., associate Professor,
Cheboksary Institute (branch) «Moscow Polytechnic University»
petr_46@mail.ru

Annotation. *The article describes the main application in agriculture of unmanned aerial vehicles (UAVs), and how much this type of aircraft can be adapted for dispensing chemicals and for the delivery of spare parts. There are also several UAVs that are already on the market.*

Keywords: *UAV, drone, pesticides, field, precision farming*

List of sources used:

1. News: [Electronic resource] // site of drones lovers DroneFlyers.ru. URL: http://droneflyers.ru/2017/10/16/yamaha-sozdala-selskohozyajstvennyj-dron-oktokopter/ (Date of circulation 01.11.2017)

2. Voronov A.N. Monitoring of the state of agricultural machinery using satellite navigation systems /

A.N. Voronov, M.N. Kostomakhin // Agrotechnics and power supply. M., 2014. - No. 1 (1). - P. 261-265.

3. Andrei Shilling: [Electronic resource] // URL: http://www.hardwareluxx.ru/index.php/news/consumer-electronics/gadgets/36608-dji-agras-mg-1-.html (Date of circulation 11/01/2017)

УДК 621.43.068

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА, ЭКОНОМИЧНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ

А.В. Дунаев, д.т.н., вед. н.с. лаб.
Тел. 8-499-174-81-24, dunaev135@mail.ru
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, г. Москва

Аннотация. *Описаны широко апробированные методы повышения эксплуатационного ресурса автотракторной техники при ее техническом обслуживании введением в масла триботехнических составов, электрических зарядов, а экономичности и экологичности активацией моторных топлив.*

Ключевые слова: *смазочное масло, трибосостав, электричество, трение, износ, расход топлива, дымность, температура замерзания*

30-летняя мировая практика во всех отраслях промышленности, транспорта и АПК показала, что эффективным методом в повышении ресурса и износостойкости узлов трения в машинах является обеспечение на деталях ремонтно-восстановительных покрытий триботехническими методами. Начатые с 1942 г. эти методы при обслуживании машин позволяют до 2-3 раз увеличить межремонтный срок службы агрегатов, на 5-20% уменьшить расход топлива, до 30 % - эксплуатационные затраты [1].

Введение в масла агрегатов химически активных веществ, суспензий частиц природных и искусственных минералов, создающих антиизносные покрытия, или повышающих адгезию смазки, или модифицирующих поверхности трения технически и экономически оправданно с рентабельностью 500-800% [1].

Эти приемы, как часть системы сервиса машин в АПК, отвечают всем периодам их жизненного цикла и могут включать приработку, диагностирование, ввод профилактических составов, химмотологический тюнинг, очистку систем смазки, топливоподачи, охлаждения, а главное – увеличение ресурса и повышение работоспособности изношенных узлов ремонтно-восстановительными составами [1]. Безразборный сервис должен в АПК стать регламентным. Для этого в НТД на эксплуатацию машин необходимо включать: обкатку приработочными составами; в предремонтной эксплуатации – профилактику мягкими составами; при выработке ресурса – восстановительную обработку; после ремонта – обкатку притирочными составами. Во всем периоде эксплуатации машин целесообразен ввод в масла агрегатов электрических зарядов постоянным током из системы электрооборудования машин [2].

Механизмы действия триботехнических материалов, насчитывающих десятки отечественных и импортных марок, различны. В разных условиях они формируют разные покрытия или различно модернизируют поверхности трения. Так минеральные частицы могут подвергаться механической нагартовке, быть третьим телом в соединениях, другие – участвуют в адгезии, хемосорбции, электрохимическом металоплакировании, а особо активные – в

трибохимии, трибополимеризации, в катализе углеродных алмазоподобных пленок. Считается, что мягкая шлифовка высокодисперсными частицами различных минералов открывает каталитически активные поверхности металлов, идут каталитическая активация и преобразование частиц минералов, деструкция компонентов масла, образование полимеров, смол, лаковых отложений с образованием антифрикционного покрытия. Причем, обработка ДВС серпентиновыми составами проходит весьма оригинально [1].

Серпентиновые составы создают эффективные антифрикционные покрытия (рисунок 1), аморфные (рисунок 2), на 90% состоят из углерода. Их сопротивление 10 – 300 Ом/см, поверхность с высокой чистотой и твердостью прозрачна, под ней видны следы мехобработки. Цвета покрытий – жёлто-золотистый, золотисто-сиреневый, светло-серый, они сгорают от воздействия электрического тока. Эффект обработки проявляется через час, но продолжает, как и лакообразование в ЦПГ, наращиваться в эксплуатации.

Известны также трибохимические составы, поддерживающие рабочие свойства смазок [1].

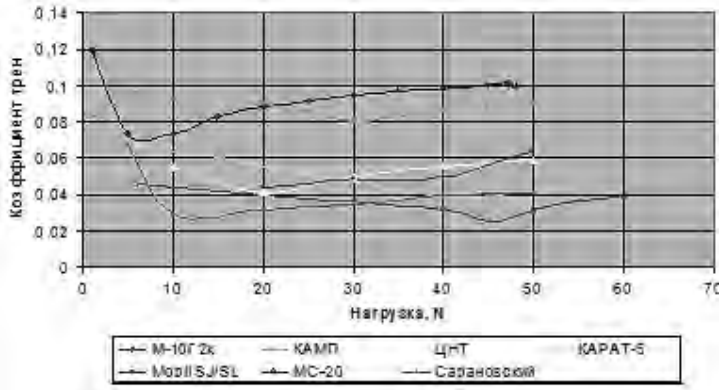


Рисунок 1 – Коэффициенты трения пары палец-диск в масле Mobil SJ/SL SAE 05W-30, в масле М-10Г2К, а также с введенными в него составами: КАМП (ООО «Автостанкопром»), ГМТ (ООО «ЦНТ»), МС-2 (ГОС-НИТИ и ООО «РИП»), «Сарановский» (ГОСНИТИ и ВИЭСХ), наноалмазный КАРАТ (ООО «РД» и ИХХТ)

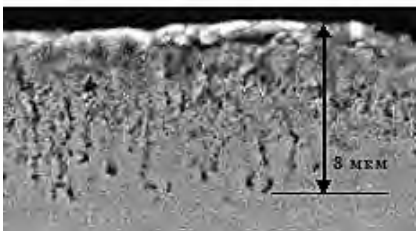


Рисунок 2 – шлиф с гильзы цилиндра дизеля тепловоза КНР после трибообработки и пробега 150 тыс. км (данные Павлова О.Г. и Пустового И.Ф.[3])

Доказано повышение адгезии масел к металлам прокачкой масел в электрическом поле (1000 В/мм). А новое направление – эмиссия в масла с изолированного электрода электрических зарядов от источника постоянного тока 12…24…60 В и до 100 В [2].

Так нерегулируемым низковольтным источником тока – электронным регулятором трения (ЭРТ) от «ИЦ «ЛИК» (к.т.н. Любимов Д.Н.) и апроби-ро-

ванным им на большом числе автомобильных ДВС, на других агрегатах [2], можно усиливать смазочное действие. Использование ЭРТ просто – через изолированную деталь в картерном или проточном масле агрегата [2].

По результатам испытаний [2] ЭРТ может в 1,5-2 раза увеличить ресурс узлов трения со снижением их износа на 25-30%. В эксплуатации снижение расхода топлива бензиновых, дизельных, газовых ДВС с ЭРТ составляет 3-4%, достигает 10-12%, снижается выход CO и CH – на 19%, а NOx – увеличивается на 6-9% [2].

ЭРТ безопасен, не требует ограничений и разрешений, специального персонала. Преимущество: действие постоянно независимо от смазочного материала, вида сопряжения, режимов работы узлов. Но после отключения ЭРТ параметры, например ДВС, быстро снижаются к исходным. В РФ уже 3 года более 400 отечественных и импортных машин работают с ЭРТ [2]. Отмечено повышение приемистости ДВС, отрицательных случаев нет. Возможно применение регулируемых и не регулируемых преобразователей напряжения постоянного тока с 12 до 36 и до 50 В, а целесообразно и до 100 В.

Лабораторные испытания ЭРТ в Наноцентре ГОСНИТИ проведены по стандартной для Швейцарского трибометра TRB-S-DE методике в режиме ступенчатого нагружения стальной трибопары «палец-диск» при вводе в бурун масла М-10Г2К за пальцем медного, алюминиевого, оловянного, цинкового, стального и угольного электродов (рис. 3, 4).

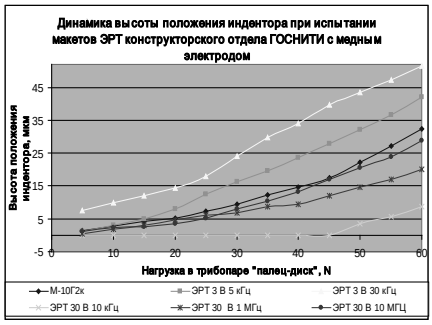


Рисунок 3 - Результаты испытаний аналогов ЭРТ при подаче в масла электричества через медный электрод. Выявлено, что для умень-шения изнашивания целесообразно исполь-зовать повышенное униполярное напряже-ние с частотой не более 100 Гц.

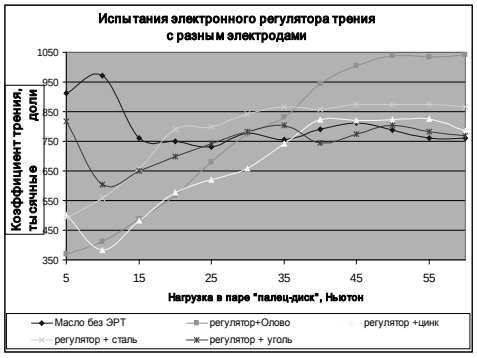


Рисунок 4 – Результаты испытаний стальной пары палец-диск в масле М-10Г2К с подачей в масло от ЭРТ заряда с различных электродов: с цинковым электродом и при нагрузке 10 Н коэффициент трения снизился с 0,098 до 0,037.

Эксплуатационные испытания ЭРТ на автомобиле ВАЗ-2131М, проведенные инж. Железницким А.И., показали уменьшение путевого расхода топлива как минимум на 3%, а в сравнении с городским циклом без ЭРТ с расходом на испытательной трассе с ЭРТ – около 9%. Несколько лучшие результаты получены д.т.н. Шарифуллиным С.Н. при испытании ЭРТ на триботехнически необработанном автомобиле Хундай АХ 35 на трассе Чисто-поль-Казань и обратно: расход топлива снижался с 8,5-10 до 7,1 л/100 км.

Широкая апробация ЭРТ (через 1-2 тыс. км после ввода в масла трибосостава «Fe-do») проведена инж. Пустовым И.Ф. Трибосостав очищает поверхности трения, частично компенсирует их износ, что повышает эффективность последующей установки ЭРТ.

После триботехнической обработки у 25 автомобилей на контрольной трасе расход топлива снижался на 5-6%, а после включения ЭРТ он снижался еще на 2-3%, до 7-9%. А с подключением ЭРТ к агрегатам трансмиссии расход топлива снижался дополнительно еще на 1,5-2%, т.е. всего на 8,5-11%.

Комплексная обработка ДВС такова: подключают ЭРТ, в масло вводят промывку и при пробеге 200-300 км эффективно очищают систему смазки. Далее сливают промывку, поляризатор отключают и за 1-2 тыс. км пробега, составом «Fe-do» обрабатывают ДВС с открытыми ювенильных поверхностей трения. Затем ЭРТ включают снова и обеспечивают более эффективную трибообработку.

Апробация электровоздействия на масла промышленным прибором марки 14-59И IM на трех автомобилях выполнена инж. Рыжовым В.Г. На первом устоявшийся расход топлива составлял 10,6 л/100 км. С подачей на масломерный щуп напряжение 47,2. В на начало октября 2017 г. автомобилем пройдено 17760 км. При этом экономия топлива составляла от 8-12 до 16-18%.

Преобразователь более эффективен с поработавшими маслами, чем со свежими. При вязкости масла 5W-40 экономия топлива заметно больше, чем при вязкости 10W-40, а при частоте вращения коленчатого вала свыше 3200 мин$^{-1}$ (120 км/ч) экономия топлива не выявляется.

На втором автомобиле с ЭРТ пройдено 11800 км, После обработки ДВС трибосоставом «РВД» устоявшийся средний расход составлял 4,2-4,3 л/100 км, а. с ЭРТ расход снизился к 3,9-3,8 л/100 км, т.е. уменьшился на 11,05%.

На третьем автомобиле эффективность ЭРТ несколько ниже.

Более значительно повысить экономичность, а заодно и экологичность автотракторных ДВС можно активатором моторных топлив проф. Воробьева Ю.В. [3]. Такое уменьшение расхода топлив без уменьшения эффективной мощности ДВС. подтверждено стендовыми и многими эксплуатационными испытаниями прибора по патенту РФ №2411074 [1], в т.ч.:

1. Стендовыми испытаниями в военном авиационном инженер-ном университете (г. Воронеж) с двигателем КамАЗ-740, а также с двигателем ЗМЗ-406. Испытания показали уменьшение расхода дизельного топлива с разными активаторами на 26,5, 28,6%, а бензина на 21,3, 27,7 и 31,9% с заметным снижением в отработавших газах содержания углеводородов.

2. Двухмесячными испытаниями в лаборатории № 7 ГНУ ВНИИТиН восьми активированных бензинов, на натурных агрегатах, модельных одноцилиндровых установках, на каждый нефтепродукт. Исследования топлив показали:

- уменьшение содержания молекул с числом атомов углерода более 10,
- синтез легких углеводородов (гексан, гептан, октан, 3 н-пентан),
- превышение 20% концентрации новых легких углеводородов,
- уменьшение в топливах содержания серы в 1,5-2, смол до 9 раз.

На дизеле ЯМЗ-236 испытан усовершенствованный активатор с тремя разными дизельными топливами при установках активатора в магистрали подачи топлива в ТНВД, в магистрали слива из него. На холостом ходу дизеля при частоте вращения коленчатого вала 900-1300 мин$^{-1}$ в одиннадцати испытаниях выявлено уменьшение расхода активированного топлива в среднем на 26,3% [3].

В 2009-2016 гг. проведены эксплуатационные испытания активатора на легковых и грузовых автомобилях г. Тамбов. Расход топлива, бензиновых двигателей сокращался на 31,9%. Также установлено, что активатором можно на 10-15% уменьшать дымность ОГ дизелей, снижать с минус 20°С до минус 45°С температуру застывания топлив.

Описанные приемы особенно актуальны для изношенных машин АПК. Поэтому назрела необходимость введения рекомендаций по применению достижений триботехники в государственные и отраслевые стандарты, чтобы полнее реализовывать новые технологии сервиса машин и оборудования.

Заключение

Апробированы эффективные приемы повышения ресурса и надежности автотракторной техники.

Электровоздействие на масла – также малозатратный эффективный прием. Однако он подлежит оптимизации по напряжению, материалам электродов (цинковые, магниевые сплавы), по установке в главной масляной магистрали ДВС. Целесообразно апробировать ЭРТ и в гидравлическом оборудовании.

Необратимость активации топлив активатором проф. Воробьева Ю.В. позволяет повышать экономичность и экологичность автотракторных ДВС, а также производить топлива по нормам ЕВРО-4, ЕВРО-5 и для Арктики.

Список литературы

1. Дунаев, А.В. Нетрадиционная триботехника. Модификация поверхностей трения // Lamdert Academic Publishing.- 2013. – 270 с.

2. Любимов Д.Н., Долгополов К.Н., Вершинин К.Н., Дунаев А.В. Антифрикционная эффективность поляризации масел – инновационный фактор модернизации машин / М.: Труды ГОСНИТИ, 2014. – Т. 116. – С. 40-44.

3. Воробьев Ю.В., Дунаев А.В. В.А. Малахов. Механохимическая обработка топлива – резерв повышения топливной экономичности автотранспорта в горной промышленности. Горный Журнал, 2017.– №10, С. 92-94.

PROVEN METHODS FOR IMPROVING RESOURCE, EFFICIENCY AND ENVIRONMENTAL FRIENDLINESS OF AUTOMOTIVE VEHICLES DURING MAINTENANCE

Dunaev A.V., Ph. D., Center FNAC VIM, Moscow, Russia

Annotation. *Described widely tested methods of increasing service life of automotive engineering at the technical services introduction to oil tribological compositions, electric charges and the efficiency and environmental performance of the activation of motor fuels.*

Keywords: *lubricating oil, tribalistas, electricity, friction, wear, fuel consumption, smoke, freezing point.*

References

1. Dunaev, A.V. Non-traditional tribology. Modification of the friction surfaces // Lamdert Academic Publishing.- 2013.- 270 p.

2. Lyubimov D.N., Dolgopolov K.N., Vershinin K.N., Dunaev A.V. Antifriction efficiency of polarization of oils – an innovative factor in the modernization of machines / M.: Proceedings of GOSNITI, 2014.- T 116.- S. 40-44.

3. Vorobiev Y.V., Dunaev A.V., Malakhov V.A. Mechanochemical treatment of fuel – reserve to improve the fuel economy of vehicles in the mining industry. Mining Journal, 2017.- №. 10.- pp. 92-94.

УДК 631.31

МЕХАНИЗМ ЛИКВИДАЦИИ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ ЗАВИСИМОСТИ РОССИИ

Мазитов Н.К. гл.н.с., член-корр. РАН, д.с-х.н., профессор
mazitov.nazib@yandex.ru, тел. 89172705861
Сорокин Н.Т., д.э.н., профессор,
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт механизации и информатизации агрохимического обеспечения сельского хозяйства»,
г. Рязань, gnu@vnims.rzn.ru
Лобачевский Я.П. д.т.н., профессор,
ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»,
Москва, vim@vim.ru
Шарафиев Л.З., к.т.н., докторант
ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»,
Sharaf_Len@mail.ru
Сахапов Р.Л., д.т.н., профессор,
rusakhapov@gmail.com
Садриев Р.Ф., соискатель
Академия наук Республики Татарстан, 2979116@mail.ru

Аннотация: *Проанализирован механизм возникновения продовольственной зависимости России и причины возникновения негативных факторов. Предложены пути полной ликвидации продовольственной зависимости, а именно: кратное увеличение производительности, урожайности, рентабельности при кратном снижении удельных расходов топлива, мощности, металлоемкости, себестоимости. Результаты технологий подтверждены государственными сравнительными испытаниями, отечественные импортозамещающие технические средства защищены патентами.*

Ключевые слова: *Влагонакопление, переуплотнение, экологическая чистота, блочно-модульный, засуха, импортозамещение.*

Введение. Массовое внедрение в России зарубежных посевных комплексов Horsch ATD 9.35, Flexi-Coil 11,3, Solitair 12, Terminator 12 и др. не дало ожидаемых результатов, наоборот существенно повысилась себестоимость зерна, из-за крупной составляющей амортизационных отчислений и резкому снижению урожайности, приведшие к нерентабельности его производства, угрожающая банкротством АПК России в целом, т.е. к осложнению продовольственной безопасности страны.

Многолетнее (15-20 лет) внедрение зарубежных технологий с их комплексом техники привело к кризису АПК, особенно в острозасушливом 2010 году, вызванному массовым применением так называемой «энергосберегающей технологии», что категорически исключало влагонакопительные и влагосохраняющие операции в земледелии, что привело к отсутствию влаги в почве на глубине даже до 2-х метров.

Одновременно появилась необходимость устранить экологические про-

блемы (резкий рост размножения грызунов, паводки, эрозия почв и др.), созданные массовым внедрением зарубежных моделей, прекратить утечку финансов за рубеж, увеличить поступления в бюджет и др., остановить и прекратить заболеваемость населения от применения экологически вредных продуктов питания.

Решению этой архиважной Государственной проблемы посвящена статья, в которой подтверждена результативность.

Метод исследования. Прежде чем лечить любую болезнь, сначала устанавливают диагноз. Продовольственная зависимость же тоже не упала с неба… Причины их появления – организационного, технологического и политического характера.

Алгоритм возникновения продовольственной зависимости России:

1. Исключение из технологии осенних приёмов влагопоглощения (щелевание, кротование, плоскорезная обработка);

2. Отказ от севооборотов и накопления гумуса;

3. Переуплотнение полей тяжелой техникой, которая на Западе не работает: почва мертвеет, на глубине 2 м нет влаги;

4. Неприемлемая для России агротехника из-за высокой гребнистости:

4.1. Запас влаги уходит за несколько дней (сорта и удобрения бесполезны, высокий урожай исключен);

4.2. До половины дорогих семян не заделываются (урожай уже уничтожен заранее);

4.3. Неравномерные, недружные, слабые всходы и неровное созревание, плановый низкий урожай гарантирован;

5. Гарантирована высокая себестоимость малого урожая:

5.1 Из-за низкого урожая;

5.2 Из-за высоких амортизационных отчислений (половина себестоимости);

5.3 Из-за высоких затрат на химию из-за минимальной обработки почвы;

5.4 Из-за еще более высокой цены на запчасти иномарок, чем даже на сами машины;

6. Итог – банкротство фермеров, критическая недостаточность своей продукции растениеводства и животноводства;

7. Разрушение деревень – источников здоровой жизни;

8. Давно запланированная, хочешь – не хочешь, покупка чужих продуктов питания, выращенных на сверхбольших дозах (300-400 кг/га) минеральных удобрений, которая производится у нас же – в России, а это – плановое развитие онкологических болезней и рождение больных детей.

9. Утечка финансов России сначала на покупку техники, а потом – экологически не допустимой продукции питания.

Экспериментальная часть. Полевыми экспериментами установили агротехнику уничтожения будущего урожая, которые показаны на рис.1а, рис.1б, рис.1в, рис.1г:

Рисунок 1а – Незаделанные в почву семена при посеве Solitair 12 – пропали дорогие семена и будущий урожай

Рисунок 1 б – Незаделанные в почву дорогие семена после посева сеялкой Horsch ATD 9,35 не дали всходов – на этом месте вырастут сорняки

Рисунок 1 в – Культиватор КБМ обеспечивает стопроцентное выравнивание поверхности поля (справа). Общепринятый по всей России культиватор КПС-4+4БЗСС-1+шлейфы не обеспечивает условий сохранения влаги, гребнистость – 7 см, равномерной заделки семян, их дружной всхожести, образования вторичных корней и кущения, допустив потерю половины потенциального урожая (слева). Таким же и более недостатком обладают зарубежный аналог – культиватор «Horsch»

Рисунок 1 г – Культиватор «Horsch» оставляет за собой глыбистую, гребнистую (до 11см.) поверхность, недопустимую по агротехнике возделывания зерновых культур в России и удаляет запасы влаги и тепла в почве как радиаторная поверхность, что приводит к резкому снижению урожайности

Результаты полевых экспериментов агротехники уничтожения будущего урожая показаны на рис. 2 а и рис. 2 б на демонстрационных опытах в Республике Татарстан на Международной конференции по энерго-ресурсосберегающим технологиям фирмы Агро-Союз Horsch в 2008 г.:

Рисунок 2а – Сравнение всходов: слева - сеялкой по нулевой технологии Horsch-9.35; справа – сеялкой СЗ-3,6 с сошниками Х.Х. Шайдуллина и ВИМ по минимальной технологии ТатНИИСХ РАСХН

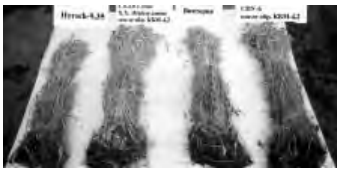


Рисунок 2б – Снопы, взятые из делянок, посеянных сеялками слева – Horsch-9,35, СЗ-3,6 с сошниками (РТ и ВИМ – технология ТатНИИСХ РАСХН), Виктория, СПУ-6 (по технологии ТатНИИСХ). Урожайность по вариантам соответственно: 36,3; 42,4; 39,7; 42,2 ц/га

Результаты и их обсуждение. Выявлены причины негативных факторов продовольственной зависимости России. Они – следующие:

1) Неадаптированность к нашим почвенно-климатическим условиям;

2) Высокие энергозатраты;

3) Массовое засорение полей;

4) Массовое размножение грызунов, угрожающих здоровью населения;

5) Необходимость увеличения расхода гербицидов и пестицидов;

6) Экологическое неравновесие в агроландшафте (на глубине 2 м не стало влаги, зато – потопления) из-за отсутствия влагопоглощения);

7) Высокая себестоимость аграрной продукции (из-за высоких амортизационных отчислений и потери урожая);

8) Резкое сокращение промышленного и аграрного производств России;

9) Ограничение трудовой занятости собственного населения;

10) Утечка финансовых средств за рубеж;

11) Ограничение налоговых поступлений в свой бюджет из-за сокращения собственного производства;

12) Резкое сокращение народонаселения России и трудовых ресурсов;

13) Стабильная угроза экономической и продовольственной независимости России.

Легитимность исследований (рис. 3 и 4).

Рисунок 3 – Президент РТ М.Ш. Шаймиев, Глава администрации Нурлатского района и г. Нулаты РТ Ф.С. Сибагатуллин на приемке культиваторов КБМ-10,5 производства Нурлатского машзавода, 29 апреля 1997 г.

Рисунок 4 – Участники выездного заседания Бюро ОМЭАСХ РАСХН «Опыт научно-конструкторского обеспечения процессов почвообработки и создания эффективных блочно-модульных культиваторов» 19 июля 2002 г. Казань, ТатНИИСХ

Выводы:

1. Доказано, что импортные почвообрабатывающе-посевные комплексы не адаптированы к Российским условиям и не оправдали своих рекламных показателей.

2. Агроинженерная наука РАН создала, а региональное сельхозмашиностроение производит надежные, высококачественные, высокоэкономичные, высокопроизводительные, конкурентоспособные полностью импортозаменящие почвообрабатывающие и посевные машины.

3. Разработана и испытана в Республике Татарстан и Башкортостан, Ярославской и Ивановской областях, в зоне Южного Урала и Краснодарского

края межрегиональная конкурентоспособная перед любой зарубежной ресурсосберегающая противозасушливая технология производства продукции растениеводства на основе применения отечественного комплекса техники по плану НИР Россельхозакадемии и МСХ РФ.

4. Доказано, что предложенная технология с комплексом отечественной техники самая рентабельная перед любой зарубежной в тех регионах, где проводились испытания и убедительно импортоопережающая.

5. Доказано, что предложенная технология более устойчива к засухе и рентабельна, способная исключить импорт основных видов продовольствия, ежегодные ссылки на засуху не оправданы.

6. Необходимо возродить производство Российского регионального конкурентоспособного сельхозмашиностроения по ВИМу и функционирование машино-технологических комплексов по ГОСНИТИ по технологии органического земледелия ВНИМС (г. Рязань) с целью исключения утечек финансов за рубеж и пополнения своего бюджета.

7. Валовые сборы зерна по технологии РАН возможны: 2018 год – 150 млн. т.; 2020 год – 200 млн. т.!

Литература

1. Лачуга Ю.Ф., Савченко И.В., Чекмарев П.А., Шогенов Ю.Х., Кирсанов В.В., Шумов Ю.А., Голубев Д.А., Измайлов А.Ю., Мазитов Н.К., Кряжков В.М., Лобачевский Я.П., Елизаров В.П., Смирнов И.Г., Шайхов М.К., Жук А.Ф., Марченко О.С., Сорокин Н.Т., Белых С.А., Рычков В.А., Солдатов Т.Г. и др. Влагоакумулирующие технологии техника для обработки почв и использование минеральных удобрений в экстремальных условиях (Решение вопросов импортозамещения технических средств): научн. Изд. / ФГБНУ ВИМ; ФГБНУ ВНИМС. Рязань: ФГБНУ ВНИМС, 2014. 246 с.

2. Измайлов А.Ю., Мазитов Н.К., Дмитриев С.Ю., Сахапов Р.Л. и др. Влагоаккумулирующая технология и техника восстановления сенокосов и пастбищ // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2014. №4. С. 59-62.

3. Мазитов Н.К., Лобачевский Я.П., Шарафиев Л.З., Рахимов И.Р. Универсальная технология обработки почвы в условиях засухи // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2014. №3. С. 25-29.

4. Мазитов Н.К., Сорокин Н.Т., Багманов Р.С., Шарафиев Л.З., Макушев А.Е., Дмитриев С.Ю. Экологические пути повышения продуктивности сенокосов и пастбищ в засушливых условиях // Международная агроинженерия. 2017. №1. С. 7-13.

MECHANISM FOR ELIMINATION OF FOOD ADDICTION IN RUSSIA

Mazitov N.K. Doctor of agricultural sciences, professor, Senior Researcher, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, mazitov.nazib@yandex.ru, ph. 89172705861
Sorokin N.T, Doctor of Economics, professor, FGBNU «Russian Research Institute of Mechanization and Informatization of Agricultural Agrochemical Support», Ryazan, gnu@vnims.rzn.ru
Lobachevsky Ya.P., Doctor of technical sciences, professor, vim@vim.ru FGBICU «Federal Scientific Agricultural Engineering Center VIM», Moscow
Sharafiev L.Z, candidate of technical sciences, doctoral student

FGBOU VO «Kazan State Agrarian University»,
Sharaf_Len@mail.ru
Sakhapov R.L, Doctor of Technical Sciences, professor,
rusakhapov@gmail.com
Sadriev RF, applicant Academy of Sciences of the Republic
of Tatarstan, 2979116@mail.ru

Abstract: *The mechanism of the emergence of Russia's food dependence and the causes of the emergence of negative factors is analyzed. The ways of complete elimination of food dependence are suggested, namely: a multiple increase in productivity, yield, profitability with a multiple reduction in specific fuel consumption, capacity, metal consumption, production costs. The results of technologies are confirmed by state comparative tests, domestic import-substituting technical means are protected by patents.*

Keywords: *moisture accumulation, re-consolidation, ecological purity, block-modular, drought, import substitution.*

References

[1] Lachuga Yu.F., Savchenko IV, Chekmarev PA, Shogenov Yu.K., Kirsanov VV, Shumov Yu.A., Golubev DA, Izmailov A.Yu., Mazitov NK, Kryazhkov VM, Lobachevsky YP, Elizarov VP, Smirnov IG, Shaikhov MK, Zhuk AF, Marchenko OS, Sorokin N .T., Belykh SA, Rychkov VA, Soldatov TG and others. Water-absorbing technologies for soil cultivation and the use of mineral fertilizers in extreme conditions (Solution of questions of import substitution of technical means): Nauk. Ed. / FGIBNU VIM; FGBNU of VNIIS. - Ryazan: FGBNU VNIMS, 2014. 246 p.

[2] Izmailov A.Yu., Mazitov NK, Dmitriev S.Yu., Sakhapov R.L. and others. Water-accumulating technology and technology for the restoration of hayfields and pastures // Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences. 2014. №4. P.59-62.

[3] Mazitov NK, Lobachevsky Ya.P., Sharafiev LZ, Rakhimov I.R. Universal technology of soil cultivation in drought conditions // Agricultural machinery and technologies.2014.№3.P.25-29.

[4] Mazitov NK, Sorokin NT, Bagmanov RS, Sharafiev LZ, Makushev AE, Dmitriev S.Yu. Ecological ways to increase the productivity of hayfields and pastures in arid conditions // International Agroengineering. 2017. No.1. P.7-13.

УДК 631.3:006.052

СТАНДАРТ – ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОВЕДЕНИЯ СЕРТИФИКАЦИИ В АПК

В.А. Казакова, мл. науч. сотр.,
В.А. Шинкевич, инженер.,
А.В. Дунаев, д-р техн. наук,
(ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, г. Москва, lab-stand@mail.ru)

Аннотация. *Разработаны и гармонизированы с международными стандартами три межгосударственных стандарта, направленные на повышение эффективности и качества проведения сертификации работ (услуг) в сфере АПК:*

- ГОСТ «Дизели тракторные и комбайновые. Сдача в ремонт и выпуск из ремонта. Технические условия»;

- ГОСТ «Тракторы сельскохозяйственные. Сдача в ремонт и выпуск из ремонта. Технические условия»;

- ГОСТ «Комбайны самоходные зерноуборочные и их сборочные единицы. Сдача в ремонт и выпуск из ремонта. Технические условия».

Ключевые слова: *тракторы, дизели, комбайны, ремонт, технические условия, сертификация*

Параметры проведения технического сервиса всегда являлись объектом государственного технического регулирования. Федеральным законом Российской Федерации «О стандартизации в Российской Федерации» от 29.06.2015 № 162-ФЗ и Распоряжением Правительства РФ от 24.09.2012 № 1762 «Концепция развития национальной системы стандартизации РФ на период до 2020 г.» четко определены понятия, цели, задачи, принципы стандартизации, требования к продукции, процессам производства, сертификации, эксплуатации, хранения, реализации и утилизации, установленные нормативными документами.

Анализ отечественной практики технического регулирования в техническом сервисе АПК свидетельствует о том, что принятие только законодательных актов без развития их положений в виде нормативных документов (стандартов различного уровня) не позволяет достичь целей технического регулирования и, в частности, соблюдения требований безопасности на всех стадиях эксплуатации сельскохозяйственной техники, ее технического обслуживания и ремонта.

Документы в области стандартизации направлены на достижение упорядоченности в сферах производства и обращения продукции, повышение эффективности и качества проведения сертификации работ (услуг) в сфере АПК.

Современные тенденции в управлении качеством связаны с внедрением на предприятиях интегрированной системы менеджмента, соответствующей международным стандартам ИСО серии 9000.

За последнее десятилетие в АПК поступают сложные энергонасыщенные сельскохозяйственные машины, как отечественные, так и иностранные, на

которые не разработано ни одного вида нормативно-технической документации по ремонту и техническому обслуживанию сельскохозяйственной техники. В результате в затруднительном положении оказались сервисные предприятия всех уровней при проведении сертификации качества ремонта и технического обслуживания.

Наличие на предприятиях соответствующих нормативных документов в сфере услуг, созданных в соответствии с требованиями международных стандартов ИСО – служит лицом предприятия, гарантом качества его продукции, работ и услуг, свидетельствует о высоком уровне культуры построения хозяйственного механизма внутри предприятия, создает ему международный авторитет.

Гармонизация отечественных стандартов с международными позволяет разработать отраслевую модель делового совершенства, опираясь на опыт мировых компаний и сопоставлять отечественные достижения с лучшими зарубежными образцами [1].

В настоящее время имеются все предпосылки для создания высокоэффективной системы стандартизации технического сервиса АПК. Одной из главных задач каждого предприятия, желающего быть успешным в этой сфере должна стать организация менеджмента качества.

Таким образом, ядром, главной мыслью стандартов на некоторый вид продукции и услуг передовых предприятий сферы АПК должна стать разработка (пересмотр) стандартов с гармонизацией со стандартами ИСО, в которых реализованы современные тенденции в управлении качеством [2].

На основании теоретического обоснования необходимости разработки (пересмотра) стандартов, входящих в систему технического регулирования, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ подготовил три проекта стандарта:

- ГОСТ 18523 «Дизели тракторные и комбайновые. Сдача в ремонт и выпуск из ремонта. Технические условия» (взамен ГОСТ 18523-79, гармонизация с ISO 3046-1:2002);
- ГОСТ 18524 «Тракторы сельскохозяйственные. Сдача в ремонт и выпуск из ремонта. Технические условия» (взамен ГОСТ 18524-85, гармонизация с ISO 3965:1990, ISO 26322-1:2008);
- ГОСТ «Комбайны самоходные зерноуборочные и их сборочные единицы. Сдача в ремонт и выпуск из ремонта. Технические условия» (разработан впервые, гармонизация с ISO 4254-7:2008, EH 632-2003).

Основанием для разработки (пересмотра) стандартов является:

- изменение законодательных основ в области производства продукции, безопасности работ и услуг;
- изменение сложившихся механизмов хозяйствования и структур управления;
- дальнейшее развитие комплекса стандартов организации ФГБНУ ФНАЦ ВИМ с учетом проводимых экономических реформ;
- повышение требований к эффективности исследований и разработок, к их техническому уровню, качеству и конкурентоспособности;
- актуализация ссылочных нормативных документов и перечня мер безопасности работ и услуг, хозяйственных объектов для жизни и здоровья населения, имущества и окружающей среды.

При этом необходимо ответить, что данные стандарты - основополагающие в системе технического регулирования, стандартизации и сертифика-

ции, так как входят в перечень обязательных нормативных документов «Системы добровольной сертификации услуг по техническому обслуживанию и ремонту сельскохозяйственной техники» для обоснования (сертификат соответствия) [3, 4].

В дополнение к совершенствованию указанных выше стандартов в научно-техническую документацию на техническую эксплуатацию сельскохозяйственных машин для более полного их обслуживания, восстановления и повышения межремонтного ресурса их агрегатов следует предусмотреть сложившиеся формы организации и новые технологии технического обслуживания, ремонта и диагностирования машин [3, 5].

Для пересмотра упомянутых стандартов поступали предложения от российских и зарубежных специалистов АПК и заинтересованных лиц.

В пересмотренных стандартах отражены следующие изменения и дополнения:

- актуализация нормативных ссылок;
- пересмотр и уточнение перечня обязательных регламентных работ, направленных на обеспечение безопасности продукции (услуг), охрану здоровья людей и окружающей среды, повышение конкурентоспособности;
- введение в структуру стандартов расширенного раздела по показателям техники безопасности в соответствии с приоритетными направлениями стандартизации;
- уточнение перечня контролируемых показателей качества продукции (услуг) с учетом новых марок машин, и методов их оценки и соблюдения требований технических регламентов;
- разработка системы показателей экологической безопасности и их нормирование при производстве и эксплуатации машин, обеспечение приспособленности конструкции тракторов и комбайнов к контролю показателей экологической безопасности и методы их оценки на предприятиях, проводящих ремонт, техническое обслуживание машин;
- разработка системы показателей качества новых и отремонтированных отечественных и иностранных машин и их агрегатов [2].

Внедрение стандартов позволит соблюсти требования технических регламентов Таможенного союза ТР ТС 010/2011 «О безопасности машин и оборудования» и ТР ТС 031/2012 «О безопасности сельскохозяйственных и лесохозяйственных тракторов и прицепов к ним» и международных стандартов, с которыми была проведена гармонизация:

ISO 3046-1:2002 «Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Эксплуатационные характеристики. Часть 1. Определение мощности, расхода топлива и смазочного масла, и методы испытаний. Дополнительные требования для двигателей общего назначения»;

ISO 3965:1990 «Тракторы колесные сельскохозяйственные. Максимальные скорости. Метод определения»;

ISO 26322-1:2008 «Тракторы для сельского и лесного хозяйства. Безопасность. Часть 1. Тракторы стандартные»;

ISO 4254-7:2008 «Машины сельскохозяйственные. Безопасность. Часть 7. Комбинированные уборочные машины, силосоуборочные комбайны и хлопкоуборочные машины»;

EH 632-2003 «Машины сельскохозяйственные. Комбайны зерноуборочные и кормоуборочные. Требования безопасности».

Реализация требований стандартов, в которых впервые были унифицированы виды, основные правила и технические требования к проведению процедуры сдачи в ремонт и выпуска из ремонта тракторов, комбайнов и других машин, предназначенных для полевых работ, позволит повысить качество ремонта, надежность и межремонтный ресурс машинно-тракторного парка агропромышленного комплекса [1].

ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» представил предложения для обсуждения и утверждения указанных проектов стандартов в Росстандарт для включения в ежегодный План национальной стандартизации – ПНС-2017 (источник финансирования – средства разработчика).

Примечание – Пересмотр заявленных стандартов был предусмотрен ранее в программе национальной стандартизации Росстандарта России, но из-за реорганизации организации - разработчика ГОСНИТИ и Технического комитета по стандартизации ТК 377 «Ремонт и техническое обслуживание сельскохозяйственной техники» эти работы были перенесены на 2017 г. [1,3]

Подобная ситуация заставляет заинтересованные предприятия самостоятельно инициировать разработку или пересмотр необходимой нормативной документации. Главное достоинство системы технического регулирования заключается в том, что невозможна ситуация, когда работа над стандартом откладывается по каким-либо организационным или бюрократическим причинам, т.к. инициатива разработки стандартов находится в руках самих заинтересованных лиц [4, 6].

Данный вид стандартизации является одним из ключевых факторов, влияющих на модернизацию, технологическое и социально-экономическое развитие России.

Список литературы

1. Костомахин М.Н., Шинкевич В.А., Тенникова Т.Н. Гармонизация госу-дарственных стандартов по техническому сервису на основе системы технического регулирования. – М.: Сельский механизатор, 2013.- № 10.- С. 16-17.

2. Казакова В.А., Шинкевич В.А., Филиппова Е.М., Ивлева И.Б. и др. Соответствие стандартам основных требований безопасности к машинам, прошедшим техническое обслуживание.- М.: Труды ГОСНИТИ, 2017. – Т. 127.- С. 67-70.

3. Дунаев А.В., Казакова В.А., Шинкевич В.А. Совершенствование технической эксплуатации машинно-тракторного парка АПК.- М.: Стандарты и качество, 2017.- № 9 (963).- С. 58-61.

4. Буренко Л.А., Филиппова Е.М., Казакова В.А., Ивлева И.Б. Безопасный ремонт техники.- М.: Сельский механизатор, 2013.- № 12.- С. 34-36, 39.

5. Дунаев А.В., Соловьев С.А. Исследование диагностических параметров, разработка методов и средств их контроля для совершенствования диагностирования и технического обслуживания МТП АПК.- М.: ГОСНИТИ.- 2014.- 360 с.

6. Черноиванов В.И. и др. Проблемы технического сервиса в АПК России.- М.: ГОСНИТИ, 2000.- 309 с.

THE STANDARD – THE INSTRUMENT OF IMPROVEMENT OF QUALITY OF CARRYING OUT CERTIFICATION IN AGRARIAN AND INDUSTRIAL COMPLEX

V.A. Kazakova, junior researcher
V.A. Shinkevich, junior researcher
A.V. Dunayev, Dr. Sci. Tech.
(FPBSI FSAC VIM, Moscow, lab-stand@mail.ru)

Annatation. *Three interstate standards directed on increase of efficiency and quality of carrying out certification of works (services) in the agrarian and industrial complex sphere are developed and harmonized with the international standards: GOST «Diesels tractor and combine. Delivery in repair and release from repair. Specifications»; GOST «Tractors agricultural. Delivery in repair and release from repair. Specifications»; GOST «Combines self-propelled grain-harvesting and their assembly units. Delivery in repair and release from repair. Specifications».*

Keywords: *tractors, diesels, combines, repair, specifications, certification*

References

1. Kostomakhin M. N., Shinkevich VA., Tennikova T.N. Harmonization of state standards on technical service on the basis of system of technical regulation. – M.: Rural machine operator, 2013. - No. 10. - Page 16-17.

2. Kazakova V.A., Shinkevich V.A., Filippova E.M., Ivleva I.B., etc. Compliance to standards of the main safety requirements to the cars which passed maintenance. - M.: Works of the STATE THREAD, 2017. – T. 127. - Page 67-70.

3. Dunayev A.V., Kazakova V.A., Shinkevich V.A. Improvement of technical operation of the agrarian and industrial complex machine and tractor park. - M.: Standards and quality, 2017. - No. 9 (963).-Page 58-61.

4. Burenko L.A., Filippova E.M., Kazakova V.A., Ivleva I.B. Safe repair of equipment. - M.: Rural machine operator, 2013. - No. 12. - Page 34-36, 39.

5. Dunayev A.V., Solovyov S.A. Research of diagnostic parameters, development of methods and means of their control for improvement of diagnosing and maintenance of MTP agrarian and industrial complex. - M.: STATE THREADS. - 2014. - 360 pages.

6. Chernoivanov V.I., etc. Problems of technical service in agrarian and industrial complex of Russia. - M.: STATE THREADS, 2000. - 309 pages.

УДК 621.436.44

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ ГАЗОГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

А.А. Козеев, к.т.н., доцент
г Уфа, E-mail:k.arsen.a@mail.ru
Д.Ф. Балтиков, ассистент
г Уфа, E-mail: baltikov21@gmail.ru
Р.Л. Лукманов, к. ф.-м.н., доцент
(ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет»,
г. Уфа, E-mail: Miramed10@rambler.ru

Аннотация: *В данной работе представлена модель оптимизации конструктивных и технологических параметров газогенераторной установки для выработки механической, тепловой и электрической энергии, выявленные закономерности показателей эффективности работы энергетического комплекса в зависимости от видов используемого топлива и потребных объемов энергетических мощностей различных видов.*

Ключевые слова: *Газогенераторная установка, генераторный газ, оптимизация параметров, тепломассобмен, пиролиз древесины, молочно-товарная ферма.*

Введение. В Российской Федерации реализуются различные программы по развитию малых сельскохозяйственных производств, к которым относится и создание семейных животноводческих ферм. Развитие малых производств в сельской местности, расположенных в отдаленных и труднодоступных районах, обладающих хорошей кормовой базой для животноводства, сдерживается ограниченной энергетической и транспортной инфраструктурой. При этом на отдельных территориях горно-лесной зоны Урала с богатой естественной кормовой базой имеются практически неограниченные возможности для использования в качестве источника энергии отходов лесохозяйственной деятельности. В связи с этим, указанные отходы можно применять как топливо для газогенераторных установок (ГГУ), которые позволяют получать тепло и генераторный газ (ГГ) – с дальнейшим использованием для получения механической и (или) электрической энергии. Большие перспективы имеют энергетические комплексы с газогенераторной установкой для использования при сушке сельскохозяйственной продукции, а также использовании в системе отопления помещений.

Цель исследований. Снижение энергетических затрат малых молочно-товарных ферм путем разработки конструкции и обоснования технологических процессов энергетического комплекса с газогенераторной установкой.

Проводились исследования по разработке модели для оптимизации конструктивных и технологических параметров газогенераторной установки. К оптимизируемым параметрам относятся: диаметр котла ГГУ (d_{k_1}), температура воды на выходе из котла ($t''_{вк_i}$, диаметр спирали змеевика (d_{c_i}, скорость прохождения газа в змеевике (v_{ox_i} и диаметр резервуара горячей воды (D_{pi}).

Критерием оптимизации является приведенные затраты $З_п$, руб/(кВт·ч).

На основе использования известных законов тепло-массообмена, для расчетной схемы на рис. 1, были выведены следующие уравнения:

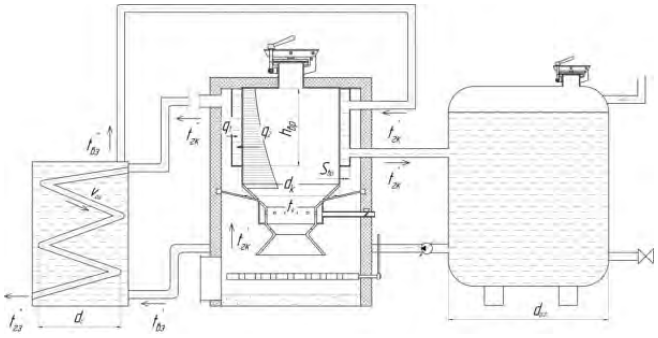


Рисунок 1 – Расчетная схема ГГУ по оптимизации конструктивных параметров

Определение температуры стенки водяной рубашки со стороны газовой рубашки:

$$\frac{dt_{ст1}}{dh_к} = t'_{г.к} - \frac{k_1}{\alpha_г} \cdot (t'_{г.к} - t''_{в.к}), \quad (1)$$

где $t'_{г.к}$ – температура газа в котле ГГУ, °С; k_1 – коэффициент теплоотдачи от газа к стенке водяной рубашки, Вт/(м²·К); $\alpha_г$ – коэффициент теплоотдачи от газа к стенке, Вт/(м²·К); $t''_{в.к}$ – температура воды в котле, °С; $h_к$ – высота котла ГГУ омываемая ГГ, м.

– Определение температуры стенки котла со стороны водяной рубашки:

$$\frac{dt_{ст2}}{dh_к} = \left(\frac{\alpha_в \cdot t'_в + \lambda_к}{b_к \cdot t'_к}\right) / \left(\alpha_в + \frac{\lambda_к}{b_к}\right), \quad (2)$$

где $\alpha_в$ – коэффициент теплоотдачи от стенки к воде; $t'_в$ – текущая температура воды в котле по высоте,°С; $b_к$ – толщина котла ГГУ, м; $\lambda_к$ – коэффициент теплопроводности стенки котла, Вт/(м·К); $b_к$ – толщина стенки котла, м; $t'_к$ – текущая температура котла относительно высоты котла ГГУ, °С.

Определение температуры стенки водяной рубашки котла с внутренней стороны:

$$\frac{dt_{ст3}}{dh_к} = \left(\frac{\alpha'_в \cdot t'_в + \lambda_{ст}}{b_{в.р} \cdot t'_{г.к}}\right) / \left(\alpha'_в + \frac{\lambda_{ст}}{b_{в.р}}\right), \quad (3)$$

где $\alpha'_в$ – коэффициент теплоотдачи от стенки водяной рубашки к воде Вт/(м²·К); $b_{в.р}$ – толщина стенки водяной рубашки котла ГГУ, м;

– Определение текущей температуры котла относительно его высоты, $t'_к$:

$$\frac{dt_k}{dh_k} = \frac{(t_{k.max} - 60)}{e^{\left(-60{,}38 \times h'_k + 0{,}052767 \times t_{k.max} + h'_k + 18521 \times h_k^{0{,}94}\right)}} + 60 \quad (4)$$

где $t_{k.max}$ – максимальная температура в котле ГГУ, °С; h'_k – текущая высо-

та котла ГГУ, м.

Изменение температуры газа в газовой рубашке по высоте котла ГГУ, $\Delta t'_г$:

$$\frac{dt'_г}{dh_k} = \pi \cdot k_1 \cdot \frac{d_{г.р}}{q_{ггу} \cdot \rho_г \cdot C_г} \cdot \left(t'_{г.к} - t''_{в.к}\right) \cdot C_i \quad (5)$$

где $q_{ггу}$ – производительность ГГУ по выработке газа, м³/с; $d_{г.р}$ – диаметр газовой рубашки, м; $\rho_г$ – плотность генераторного газа, кг/м³; $C_г$ – теплоемкость генераторного газа, Дж/(кг·°С);

– Определение текущей температуры газа относительно высоты котла ГГУ:

$$\frac{dt'_{г.к}}{dh_k} = t'_{г.к.max} - \Delta t'_г \quad (6)$$

где $t'_{г.к.max}$ – максимальная температура газа в котле, С.

Изменение температуры воды в водяной рубашке относительно высоты котла ГГУ $\Delta t_в$:

$$\frac{dt_в}{dh_k} = \frac{\pi \cdot (q_в \cdot C_в) \cdot (k_1 \cdot d_{в.р} \cdot (t'_{г.к} - t''_{в.к}) + d_{ki} \cdot \alpha_в \cdot \lambda_{в.р} \cdot (t'_k - t''_{в.к})}{(\lambda_{в.р} + \alpha_в \cdot b_k)} \cdot C_i \quad (7)$$

где $q_в$ – массовый расход горячей воды, кг/с; $C_в$ – теплоемкость воды, Дж/(кг·°С); $d_{в.р}$ – диаметр водяной рубашки, м; d_k – диаметр котла, м;

С использованием данных уравнений (1)–(7) были проведены численные исследования по оптимизации конструктивных параметров ГГУ для МТФ на 100 голов крупного рогатого скота (рис. 2).

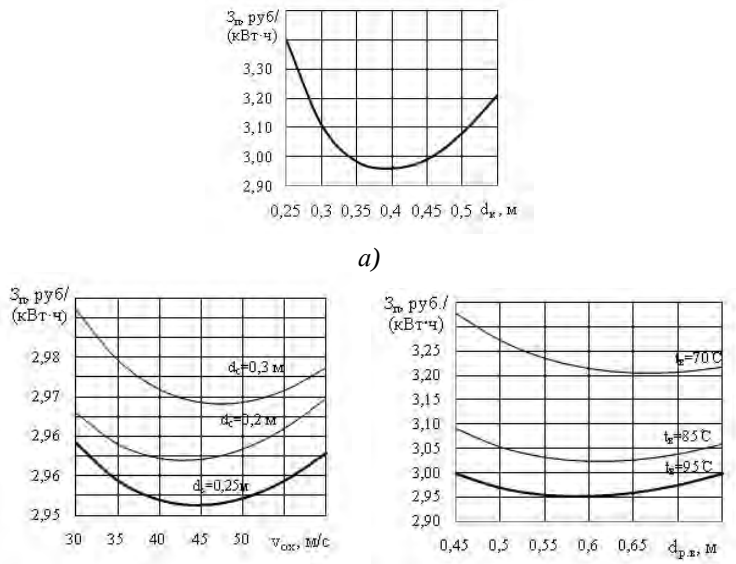
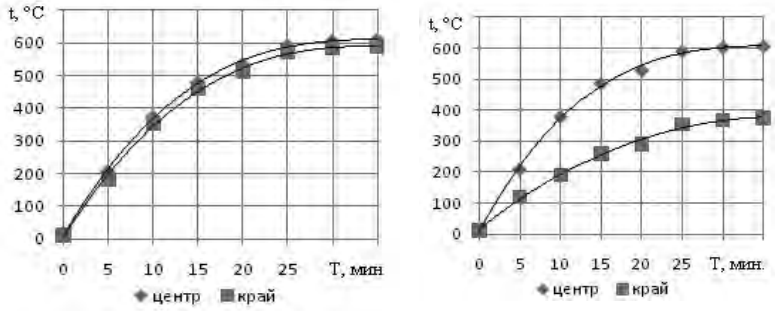


Рисунок 2 – Зависимость удельно-приведенных затрат от:
а – диаметра котла ГГУ; б – скорости ГГ в змеевике охладителя в при различных диаметрах спирали змеевика; в – диаметра резервуара горячей воды при различных темперах горячей воды.

В результате оптимизации конструктивных параметров ГГУ были определены их оптимальные значения: диаметр котла ГГУ – $d_к$= 0,38 м (рис. 2, а); скорость ГГ в змеевике охладителя – $v_{ох_i}$ =44 м/с при диаметре спирали змеевика $d_с$ =0,25 м. (рис. 2, б); диаметр резервуара хранения воды – $d_{р.в}$= 0,58 м. при температуре воды на выходе из котла $t''_{в.к}$= 95°С и при зазоре водяной рубашки $S_{в.р.}$= 0,15 м. Полученные данные зависят от вида используемого топлива, но не значительно, так как характеристики твердых пород деревьев практически одинаковы.

Были проведены исследования по проверке теоретических предпосылок модернизации камеры газификации ГГУ локальным подогревом, уравновешивающий температуру термического разложения древесины по всему объему камеры газификации. На рис. 3 представлены графики температуры в центральной и крайней части камеры газификации до и после ее модернизации.



а) *б)*

Рисунок 3 – Изменение температуры по объему камеры газификации в зависимости от продолжительности горения:
а – до модернизации; б – после модернизации.

После модернизации ГГУ температура горения древесного топлива по всему объему камеры газификации уравновешивается с с разницей 3-5%. В центре горения температура составляет 605-610°С, а в зоне стенок камеры составляет 580-590°С, тогда как до модернизации ГГУ температура в центре камеры составляло 607-610 °С, а в зоне стенок камеры газификации 375-380°С отличие в 1,5 раза, тем самым экспериментальные исследования подтвердили теоретические предпосылки модернизации камеры газификации.

На следующем этапе производилась оценка работы энергетического комплекса при работе только на выработку механической энергии ДВС. Определение мощности двигателя проводилось с помощью тормозной установки. На различных древесных топливах мощность двигателя составила от 5,9 до 6,4 кВт, тогда как на бензиновом топливе – 8,5 кВт. При этом подводимый в ДВС генераторный газ имел следующий компонентный состав: СО (16-24%), СН (720-840 ppm), CO_2 (8-12%) и O_2 (4-7%).

Оценка эффективности энергетического комплекса и определение его рациональных режимов работы проводились по величине КПД системы. Эксперименты проводились на древесных топливах, наиболее распространенных в Республике Башкортостан (табл. 1).

Таблица 1. Результаты КПД комплекса при различных режимах работы при использовании различных видов топлива с содержанием влаги 18-22 %

Вид древесины	Объёмная теплотворность $Q_{рн}$ ккал/дм^3	КПД ГГУ по выработке газа	КПД ГГУ по выработке тепловой энергии (нагрев воды)	КПД комплекса по выработке механической и тепловой энергии	КПД комплекса по выработке тепловой энергии и электрической	КПД энергетического комплекса (тепловая, механическая, электроэнергия)
Сосна	1990	0,269	0,364	0,431	0,421	0,426
Дуб	2658	0,324	0,414	0,496	0,483	0,489
Клён	2674	0,352	0,417	0,503	0,489	0,496
Берёза	2465	0,299	0,396	0,471	0,460	0,466

КПД комплекса в режиме нагрева воды составил от 0,36 до 0,49, выработки ГГ – от 0,27 до 0,35, а состав ГГ – CO (14-20 %), CH (720-820 ppm), CO2 (9-13 %) и O2 (5-8%). На рис. 4 представлен график КПД комплекса при различных режимах выработки энергии.

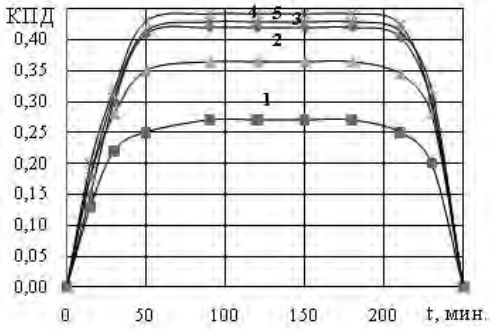


Рисунок 4 – КПД комплекса при различных режимах работы на древесном топливе (сосна): при выработке ГГ; 2 – при выработке тепловой энергии; 3 – при выработке электрической и тепловой энергии; 4 – при выработке механической и тепловой энергии; 5- при комплексом режиме.

Таким образом, для повышения эффективности энергообеспечения технологических процессов молочно-товарной фермы наиболее рациональным является работа установки в режиме комплексной выработки энергии.

Режимные параметры работы комплекса во многом определяется качеством процессов происходящих в камере газификации ГГУ. Качество генераторного газа и его характеристики определяются количеством подаваемого воздуха в камеру газификации ГГУ. В связи с этим были проведены исследования изменения угла наклона α электроуправляемой заслонки, определяющей количество подачи воздуха в камеру газификации (рис. 5).

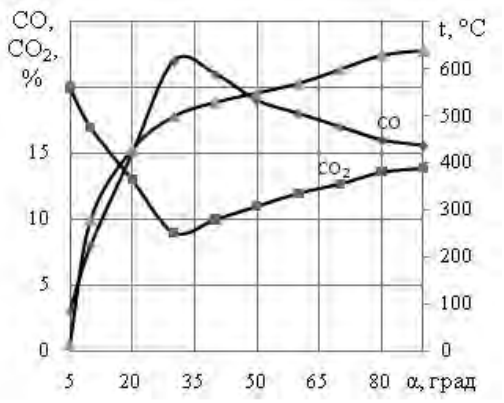


Рисунок 5 – Изменение состава Г
Г в зависимости от угла наклона электроуправляемой заслонки.

При изменении положения электроуправляемой заслонки от 0 до 90 градусов были определены следующие закономерности изменения качества газа (CO, CO_2) и температуры камеры газификации: при изменении положения заслонки от 0 до 30 градусов показатель газа CO плавно увеличивается от 3 до 22%, показатель CO_2 уменьшается от 20 до 9%, а температура камеры газификации достигает 490°C; при данном положении заслонки ГГ достигает своего наилучшего качества.

Литература

1. Балтиков, Д.Ф. О влиянии вида древесного топлива на состав генераторного газа / Д.Ф. Балтиков, О.К. Садритдинов // Наука молодых - инновационному развитию АПК материалы Международной молодежной научно-практической конференции. 2016. С. 153-157.

2. Садритдинов, О.К. Обоснование выбора источника альтернативной энергии и способа ее получения / О.К. Садритдинов, Д.Ф. Балтиков, К.В. Костарев // Наука молодых – инновационному развитию АПК материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых . 2015. С. 339-342.

OPTIMIZATION OF PARAMETERS ENERGY COMPLEX ON THE BASIS OF THE GAS GENERATING UNIT

A.A. Kozeev, Ph.D., Associate Professor
E-mail: k.arsen.a@mail.ru
D.F. Baltikov, assistant
E-mail: baltikov21@gmail.com
R.L. Lukmanov, Ph.D., Associate Professor
E-mail: Miramed10@rambler.ru
(Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Bashkir State Agrarian University» Ufa

Abstract: *In this paper, we present a model for optimizing the design and technological parameters of a gas-generator plant for generating mechanical,*

thermal and electrical energy, identifying regularities in the performance indicators of the energy complex, depending on the types of fuel used and the required volumes of power capacities of various types.

Keywords: *Gas generator installation, generator gas, parameter optimization, heat-and-mass storage, wood pyrolysis, dairy farm.*

Literature

1. Baltikov D.F. On the influence of the type of wood fuel on the composition of the generator gas / D.F. Baltikov, O.K. Sadritdinov // In the collection: The Science of Young - Innovative Development of AIC, materials of the International Youth Scientific and Practical Conference. 2016. P. 153-157.

2. Sadritdinov O.K. Substantiation of the choice of the source of alternative energy and the method of obtaining it / O.K. Sadritdinov, D.F. Baltikov, K.V. Kostarev // Science of young people - innovative development of AIC materials of the VIII all-Russian scientific and practical conference of young scientists. 2015. P. 339-342.

УДК 631.173

МОДЕЛЬ УСТРОЙСТВА ДЛЯ СБОРА ИНФОРМАЦИИ О НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИКИ

Костомахин М.Н., в.н.сотр., к.тех. наук, зав. лаб.
e-mail: redizdat@mail.ru,
Воронов А.Н., науч. сотр. лаб.
e-mail: gosniti@bk.ru, т/ф 8(499)174-81-46
Прогнозирование надежности сельскохозяйственной техники
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

Аннотация. *В статье представлен материал по сбору информации о надежности техники, приведены современные возможности сбора информации о техническом состоянии и фиксирования отказов деталей, рассмотрен способ сбора информации о надежности путем контролирования ресурсных параметров в условиях рядовой эксплуатации.*

Ключевые слова: *техника, машина, эксплуатация, параметр технического состояния, ресурс, отказ, показатели надежности, безотказность.*

Сбор и обработка опытных данных для определения основных показателей надежности (безотказности и долговечности) сельскохозяйственной техники, необходим для решения целого ряда задач, связанных главным образом с рациональной технической эксплуатацией и повышением качества технического обслуживания и ремонта машин [1]. Известно, что количественные показатели надежности определяются в результате расчетов и осуществляется несколькими способами [2,3]:

- проведение ускоренных износных испытаний машин/групп одноименных деталей (например, на МИС и пр.), при которых искусственно изменяются (ухудшаются) условия испытуемой партии;
- моделирование процесса эксплуатации деталей с помощью современных вычислительных машин и программных комплексов (Relex, Risk Spectrum, ПК АСОНИКА-К и пр.);
- наблюдения в рядовой эксплуатации;
- наблюдения при разовом обследовании сельскохозяйственных машин.

В свою очередь сбор статистических данных по надежности из рядовой эксплуатации можно осуществлять, как проводя анализ дефектных ведомостей и журналов учета запасных частей ремонтного фонда предприятий эксплуатирующих технику, так и проводя мониторинг ресурсных параметров технического состояния, на определенных режимах работы машины.

Проанализировав существующие способы сбора информации о надежности, предлагается проводить сбор данных используя информацию об изменении ее текущего технического состояния, посредством непрерывного мониторинга ресурсных параметров технического состояния. Так как изменение значения параметра до его предельного значения, будет характеризовать отказ, то контроль значения параметра сводится к определению момента времени (наработки) достижения параметром его предельной величины, т.е. определении ресурса [4]. Данный способ реализуется при известных

предельных и допускаемых отклонениях контролируемых ресурсных параметров, характеризующих износ деталей и соединений. Например, ресурсные параметры необходимые для оценки двигателя внутреннего сгорания: компрессия по цилиндрам, расход/амплитуда пульсации давления картерных газов, максимальное давление впрыскивания топлива, давление масла в главной масляной магистрали и т.д. После измерения значений контролируемых параметров, производится расчет локальных показателей надежности групп одноименных деталей/узлов машины.

Таким образом, была разработана модель устройства контроля ресурсных параметров, алгоритм и компьютерная программы расчета локальных показателей ресурса и определения количества отказов отдельной машины, детали или узла, в составе системы мониторинга технической надежности сельскохозяйственной техники.

Данная модель позволяет передавать имитацию данных (аналоговые и цифровые сигналы) на ПК, через порт USB, для обработки и сбора информации о техническом состоянии машины в период ее эксплуатации (рисунок 1). Полученные диагностические данные обрабатываются по определенному алгоритму для расчета количественных локальных показателей надежности машины, детали или узла.

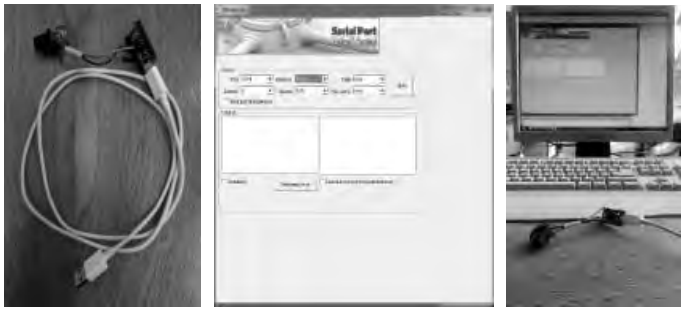


Рисунок 1 – Модель разрабатываемого устройства мониторинга отказов

Для получения аналоговых сигналов с датчиков в необходимом диапазоне частот и передачи сигналов значения параметра технического состояния на персональный компьютер, через COM порт или порт USB, устройство должно содержать блоки приема, преобразования и передачи информации через определенный промежуток времени. Модель устройства состоит из:

- датчик имитации сигнала (резистор с переменным сопротивлением);
- микроконтроллер с аналого-цифровым преобразователем, типа ARDUINO;
- персональный компьютер (ноутбук/ПК с портом USB, под управлением операционной системой Windows XP, 7, 8, 10);
- компьютерная программа Serial Port ActiveX Control, позволяющая читать данные с порта USB, для регистрации значений параметра технического состояния;
- компьютерная программа расчета локальных показателей надежности (прогнозируемого и остаточного ресурса одноименной детали/узла);
- комплект соединительных проводов.

Модель устройства позволяет передавать данные (имитацию аналоговых и цифровых сигналов) на ПК, через порт USB, для обработки и сбора ин-

формации о техническом состоянии машины в период ее эксплуатации. Необходимо отметить, что при мониторинге 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. Полученные диагностические данные обрабатываются по определенному алгоритму для расчета количественных локальных показателей надежности машины, детали или узла.

Таким образом, был разработан алгоритм компьютерной программы расчета локальных показателей ресурса и определения количества отказов отдельной машины, детали или узла. Ниже приведены наименования всех показателей, использованных в алгоритме определения локальных показателей надежности детали/узла, где:

U_{Hi} - номинальное значение параметра, В

$U_{Пi}$ - предельное значение параметра, В

$U_{Дi}$ - допускаемое значение параметра, В

$U_{Иi}$ - измеренное значение параметра, В

ΔU_i - приращение значения ресурсного параметра ($U_{Иi} – U_{Hi}$)

t_{Mi} - межконтрольный или межремонтный период, мото/ч

i - количество межконтрольных проверок (i =1,2,…n)

t_i - наработка i- й детали, соединения, отклонения параметра.

T_i – прогнозируемый ресурс (наработка до отказа), мото/ч

$T_{ОСТi}$ - остаточный ресурс, мото/ч

α - показатель степени отклонения параметра (при гладкой кривой изнашивания, α = 1).

Алгоритм определения расчета показателей надежности на основе мониторинга ресурсных параметров технического состояния в режиме реального времени реализуется при известных предельных и допускаемых отклонениях контролируемых ресурсных параметров, характеризующих износ деталей и соединений, а также на определенных режимах работы машины, характеризуемыми режимными параметрами. После измерения значения контролируемого параметра, на определенном режиме работы, производится оценка текущего технического состояния и фиксируется отказ или работоспособное состояние детали/элемента машины.

Для обработки полученной диагностической информации о техническом состоянии машины, по заданному алгоритму, было разработано программное обеспечение в среде Microsoft Visual Basic 6.0. На компьютерную программу «Работа системы допусков» зарегистрировано свидетельство в государственном реестре программ для ЭВМ, 19 сентября 2016 г., №2016660647 [5]. Интерфейс компьютерной программы для расчета локальных показателей надежности (отказов) по параметрам технического состояния представлен на рисунке 2.

После оценки текущего контролируемого параметра, результаты процесса обработки диагностических данных, можно сохранить, вызвав команду «Сохранить результат». Данные будут сохранены в программе Microsoft Excel на отдельном файле «Результаты» (рисунок 3). При сохранении полученных данных в файле «Результаты», условно принимают: 0 – работоспособное состояние детали; 1 – отказ детали.

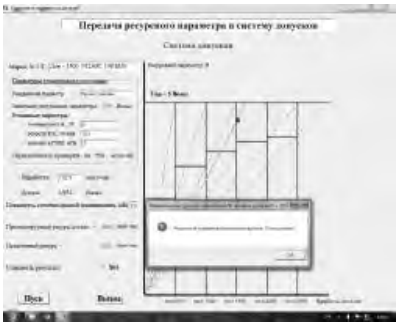


Рисунок 2 – Интерфейс компьютерной программы, результат обработки данных

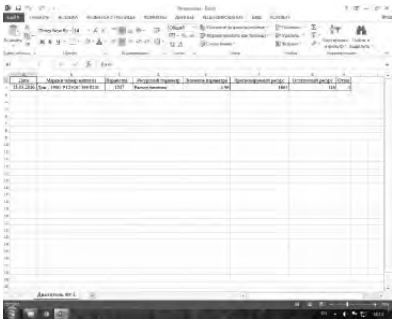


Рисунок 3 – Результат процесса сохранения данных

Таким образом, можно установить, что количественное значение показателей безотказности и долговечности системы (машины, механизма) может определяться на основе анализа отказов деталей/элементов машины в эксплуатационных условиях, при этом техника может используеться по назначению совершая полезную работу. На основе полученных данных о текущем техническом состоянии машины и наложенной системой допусков, можно оценить в допуске или не в допуске ресурсный параметр, определить количество оставшейся наработки до отказа, а на основе данных об отказах построить закон распределения ресурсного параметра, для групп одноименных деталей. После получения закона распределения отказов одноименных деталей/сопряжений, производится расчет локальных показателей надежности и осуществляется сбор информации о надежности всей машины, так как показатели надежности, однозначно связаны с ресурсом и между собой, а остальные показатели, если это необходимо, могут быть вычислены [6].

Список использованных источников

1. Костомахин М.Н. Анализ надежности отечественных и зарубежных тракторов на основе данных МИС / М.Н. Костомахин, М.Я. Лукьянов / Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – М.: ИД ПАНОРАМА, 2012. - 7. - С. 34-39.

2. ОСТ 70.2.8 – 82. Испытание сельскохозяйственной техники. Надежность. Сбор и обработка информации [Текст]. – Взамен ОСТ 70/23.2.8-73; введ. 1983-06-01. – М.: Минсельхозмаш СССР: Госкомсельхозтехника СССР, 1983. – 221 с.

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

4. Пучин Е.А. Основы теории надежности и диагностики технических систем

[Текст] /Е.А. Пучин. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. – 182 с.

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ: Работа системы допусков № 2016660647 Рос. Федерация: Соломашкин А.А.; заявитель и патентообладатель: ФГБНУ ГОСНИТИ; заявл. № 2016615916 07.06.16; опубл. 19.09.16, 12 с.

6. Соломашкин А.А. Способ определения вероятности отказа и среднего фактического ресурса детали машины при заданном законе распределения его ресурс / А.А. Соломашкин // Труды ГОСНИТИ. – М.: ГОСНИТИ, 2012, – Т. 110. – Ч 2. – С. 114-119.

MODEL OF THE DEVICE FOR COLLECTION OF INFORMATION ABOUT RELIABILITY OF THE EQUIPMENT

Kostomakhin M.N., leading researcher, cand. tech. sci., manager
e-mail: redizdat@mail.ru
Voronov A.N., researcher.
laboratories Forecasting of Reliability
WIM FNATS FGBNU agricultural machinery
e-mail: gosniti@bk.ru, ph. 8(499)174-81-46

Summary: *Material on collection of information about reliability of the equipment is presented in article, modern opportunities of collection of information about technical condition and fixations of refusals of details are given, the way of collection of information about reliability by monitoring resource parameters in the conditions of ordinary operation is considered.*

Keywords: *equipment, machine, operation, parameter of technical condition, resource, refusal, reliability indicators, non-failure operation.*

The list of the used sources

1. Kostomakhin M.N. The analysis of reliability of domestic and foreign tractors on the basis of data of MIS / M.N. Kostomakhin, M.Ya. Lukyanov / Agricultural machinery: service and repair. – M.: IDES PANORAMA, 2012. - 7. - Page 34-39.

2. OST 70.2.8 – 82. Test of agricultural machinery. Reliability. Data collection and processing [Text]. – In exchange OST 70/23.2.8-73; введ. 1983-06-01. – M.: Minselkhozmash of the USSR: Goskomselkhoztekhnika of the USSR, 1983. – 221 pages.

3. GOST 27.301 - 95. Reliability in the equipment. Calculation of reliability. Basic provisions [Text]. – Instead of GOST 27.410-87; введ. 1997-01-01. – M.: Gosstandart of RUSSIA: Publishing house of standards, 1996. – 19 pages.

4. Puchin E.A. Bases of the theory of reliability and diagnostics of technical systems [Text] / E.A. Puchin. – M.: FGBNU Rosinformagrotekh, 2013. – 182 pages.

5. Certificate on the state registration of the computer program: Work of system of admissions No. 2016660647 of Dews. Federation: Solomashkin A.A.; applicant and patent holder: To FGBN GOSNITI; заявл. No. 2016615916 07.06.16; опубл. 19.09.16, 12 pages.

6. Solomashkin A.A. A way of determination of probability of refusal and an average actual resource of a detail of the car at the set law of distribution his resource / A.A. Solomashkin//STATE THREAD Works. – M.: STATE THREADS, 2012, – T. 110. – P 2. – Page 114 – 119.

УДК 656.13.

ПРОБЛЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ОСНАЩЕННОСТИ АПК ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Табаков П.А., к.т.н., профессор,
Федоров Д.И.,к.т.н.,доцент,
Чебоксарский институт (филиал)
«Московского политехнического университета» petr_46@mail.ru
Мишина З.Н., ст.н.с,
Костомахин М.Н., вед. науч. сотр., канд. тех. наук, зав. лаб.
e-mail: redizdat@mail.ru,
Воронов А.Н., науч. сотр. лаб.
e-mail: gosniti@bk.ru, т/ф 8(499)174-81-46
Прогнозирование надежности сельскохозяйственной техники
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

Аннотация. *Рассмотрены вопросы закономерностей формирования парка машин с разными возрастными группами. Приведены данные исследований определения среднего срока службы, наработки тракторов МТЗ-80/82 за 32 года эксплуатации в условиях ЧР.*

Ключевые слова: *автопарк, трактор, возрастной состав парка, срок службы техники, наработка.*

Проблема продовольственной независимости уже вышла на уровень общегосударственного значения. Россия зависит от продовольственного импорта на 40-50%, а местное производство обескровлено.

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, отрасль обеспечивающая продуктами питания населения страны и обеспечивающий продовольственную безопасность и выживания страны в условиях всевозможных санкций.

Последние годы в научно –технических изданиях всё чаще обсуждаются вопросы технической модернизации сельского хозяйства, сроки амортизации работающей в ней техники. Анализ возрастной структуры тракторного парка рис.1, АПК ЧР показывает, что 39 % тракторов работают в пределах амортизационного срока , 30 % от 11-15 лет ,27% от 16-20 лет, а 4% более 20 лет. На рис.2 показан возрастной состав зерноуборочных комбайнов, 29% работают 1-5 лет, 47% от 6 до 10 лет, 24% от10 до 15 лет.

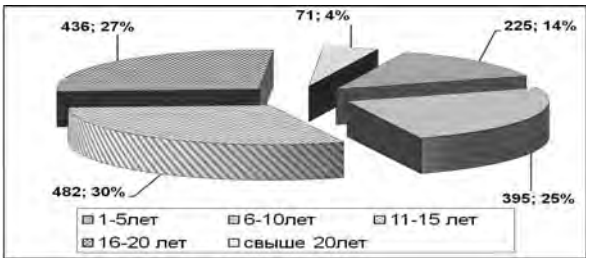


Рисунок 1 – Возрастной состав тракторного парка в с/х предприятиях Чувашской Республики на 01.01.2017 года (в шт.,%)

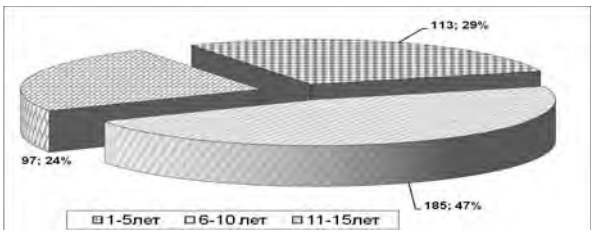


Рисунок 2 – Возрастной состав зерноуборочных комбайнов Чувашской Республики на 01.01.2017 года (в шт.,%).

В интересах государства и владельцев техники рациональна более длительная эксплуатации сельскохозяйственной техники. В США средний возраст тракторов в сельском хозяйстве составляет 12 лет при сроке амортизации 20-25 лет. Но надо учитывать, что там нагрузка на единицу техники намного меньше, чем у нас, в виду большого их количества.

Между сроком службы сельскохозяйственной техники и ее годовой наработкой существует корреляционная связь, которая влияет на срок службы и эффективность ее использования. Годовая наработка тракторов и комбайнов зависит от множества факторов, наиболее весомыми из которых являются число тракторов и комбайнов в хозяйствах и др.

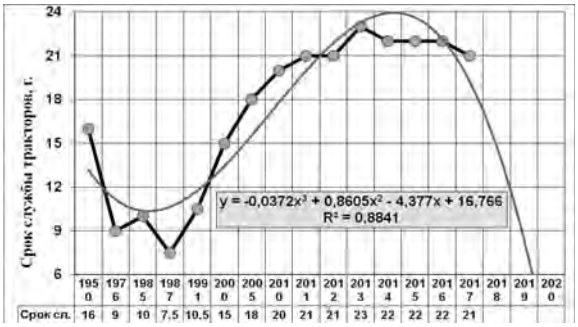


Рисунок 3 – Показатели срока службы тракторов в сельском хозяйстве Чувашской Республики с 1950 г.

На рис. 3 видно, что из-за недостаточного количества обновления парка новой техникой с 1994 года резко возросла срок службы тракторов АПК, одновременно с увеличением нагрузки на трактор. На рис.4 показано наличие тракторов на 1000га пашни, где видно, что с 1990 года нагрузка на трактор возросла почти в 6 раз, с одновременным увеличением срока службы в два раза. Только Российские механизаторы и инженеры умудряются эксплуатировать, бывшие советские трактора более 20 лет при нагрузке 300 га на трактор, мировой опыт такого не знает. В США нагрузка на трактор 14 га, в Германии 10 га.

В реальном парке, как правило, имеются автомобили и трактора разных возрастных групп, т.е. парк имеет определенную возрастную структуру.

Под возрастной структурой (ВС) автотракторного парка понимается количественное или процентное распределение автотракторного парка по возрастным группам.

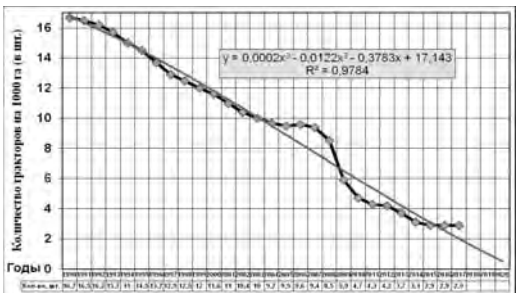


Рисунок 4 – Наличие тракторов на 1000 га пашни в с/х предприятиях Чувашской Республики с 1990 года (на 1 января).

Изменения среднего возраста больших парков во времени носят монотонный колебательный характер, отражающий дисбаланс поставок и списания автомобилей и тракторов, а также изменение их фактических сроков службы. Для выполнения одного и того же годового объема работы потребность в парке автомобилей и тракторов в зависимости от возрастной структуры парка меняется до 40%.

Средний возраст и возрастная структура парков достаточно стабильны для отрасли и объединений. Поэтому необходимо: во-первых, уметь правильно определить существенную возрастную структуру парка; во-вторых, её прогнозировать с учетом объема поставки новых и списания старых автомобилей и тракторов; в-третьих, управлять возрастной структурой парка; в-четвертых, использовать автомобили и трактора с учетом возраста и условий эксплуатации.

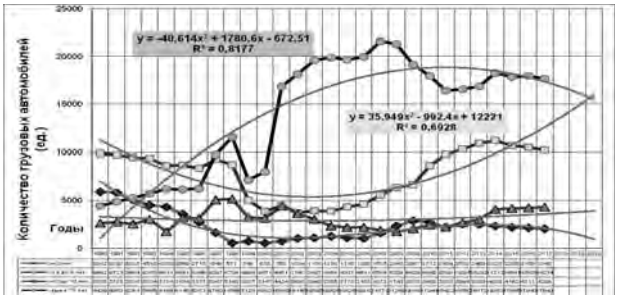


Рисунок 5 – Возраст эксплуатации грузовых автомобилей в Чувашской Республике с 1990 по 2017 годы

На рис.5 видно, что количество автомашин в возрасте свыше 10 лет существенно выросло, начиная с 2000 годов, за счет массовой закупки импортных б/у автомобилей.

Задачи расчета, прогнозирования и управления ВС парка решаются с использованием аппарата теории восстановления, динамического программирования и ряда других методов.

В общем случае на формирование размера и возрастной структуры парка (рис. 5) влияют следующие факторы: исходный размер и возрастная структура, т.е. распределение парка по возрастным группам i в начальный момент i=1 (a_{11}, a_{12}, …, a_{1i}) размер поставки новой техники A_{ni}, в моменты i=1; 2; 3…; размер списания автомобилей и тракторов $A_{сп.i}$ ресурс (срок службы) автомобиля и трактора до списания $t_{сп}= t_a$.

Отношение размера поставки к размеру парка в i-ом году называется коэффициентом пополнения $r_i = A_{n.i} / A_i$.

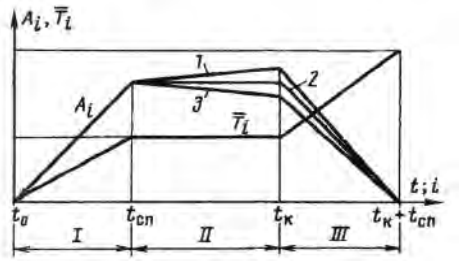


Рисунок 6 – Изменение размера A_i и среднего возраста T_i парка.

Отношение размера списания к парку в i-ом году называется коэффициентом списания или выбытия $b_i = A_{сп.i} / A_{.i}$. При $r_i = b_i$ имеет место восстановление (линия 2, рис.6), а при $r_i > b_i$ – расширение, т.е. парка автомобилей и тракторов постоянно увеличивается (линия 1), при $r_i < b_i$ происходит деградация, т.е. уменьшение размера парка (линия 3).

Формирование парков имеет ряд общих закономерностей. Для парка изделий одной модели свойственны три периода существования по времени i:

I – от начала производства (или поставки) t_0 до окончания среднего срока службы автомобиля или трактора до списания $t_{сп}$ – интенсивный рост размера и старение парка;

II – период относительной стабилизации, в течение которого парк постоянен (2), незначительно растет (1) или сокращается (3). В течение этого периода, как правило, поставка изделий постоянна или изменяется незначительно, достаточно стабилен также и средний возраст парка;

III – после прекращения выпуска изделий данной модели или их поставки в парк (t_k) происходит интенсивное сокращение размера парка данных автомобилей или тракторов, а полностью данные изделия выбывают из эксплуатации в среднем к моменту $i = t = t_k + t_{сп}$ до $T = t_{сп}$.

Общая продолжительность «жизненного цикла» автомобилей и тракторов конкретной модели составляет в настоящее время 18-25 лет, причем сокращение срока службы автомобилей и тракторов до списания само по себе способствует улучшению большинства показателей эффективности работы парков, обеспечивающих выполнение заданной транспортной работы.

Сокращение срока службы этих автомобилей и тракторов способствует не только омоложению парка, но и создает предпосылку более интенсивного обновления основных фондов, замены автомобилей и тракторов на более совершенные.

В управлении возрастной структурой парков различают народно-хозяйственные и хозяйственно-отраслевой уровни.

На народнохозяйственном уровне управление сводится, главным образом, к определению оптимальных сроков службы изделия, соответствующему регулированию амортизационных отчислений и организации процессов списания и поставки новых автомобилей и тракторов, обеспечивающих реализацию для парка оптимальных сроков.

На хозяйственно-отраслевом – к регулированию пропорций списания и соотношений в парке изделий разных возрастных групп при условии обе-

спечения заданного (или договорного) для парка объема транспортной работы при минимальных затратах.

Удельный вес автомобилей и тракторов данной возрастной группы *j* в парке в момент времени *i* определяется:

$$a_{ij} = \frac{A_{ij}}{A_i},$$

где A_i – размер парка в момент времени i, являющийся календарным временем существования данного парка;

A_{ij} – количество автомобилей и тракторов j возрастной группы в парке в момент времени i.

При изменении сроков службы автомобилей и тракторов меняются эксплуатационные затраты и капиталовложения.

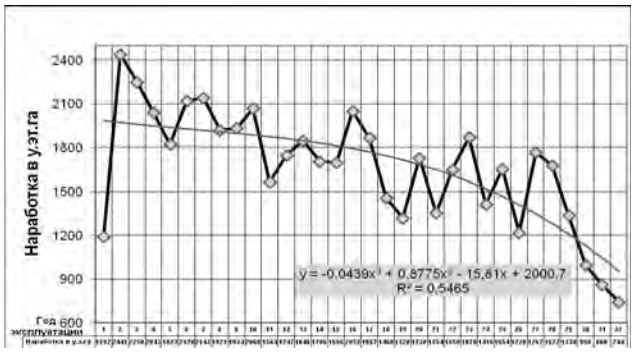


Рисунок 7 – Изменение наработки тракторов МТЗ-80/82 в зависимости от года эксплуатации в у.э.га в условиях Чувашской Республики

Регулируя списание и пополнение парка, можно получить необходимую возрастную структуру с заданными показателями эффективности. Регулирование ВС надо проводить на общегосударственном уровне и надо установить такой амортизационной, налоговой, таможенной и лизинговой политики, которая способствует своевременному обновлению парка.

Вывод.

1. При сокращении установленных сроков службы уменьшаются затраты на ТО и ремонт, потребность в персонале и ПТБ для ТО и ремонта, потребность и затраты на запасные части. Но одновременно должна увеличиваться поставка новых автомобилей и тракторов, т.е. растут амортизационные отчисления для АТП и капиталовложения в промышленность для расширения производства новых автомобилей и тракторов.

2. Абсолютное большинство свойств автомобиля и трактора ухудшается по мере его старения, что влияет на показатели качества всего парка которое видно на рис.7. По мере увеличения возраста показатели наработки снижаются, а затраты растут.

3. Согласно анализу наработки (Рис.7) эксплуатацию тракторов МТЗ в СХПК более 28 лет, с наработкой, с нарастающим итогом, более 50 тыс.у.э.га считаю экономически и технически нецелесообразным.

4. Рекомендую списать или продать трактор МТЗ-80/82 при достижения по затратам на запчасти и его замену, с нарастающим итогом за годы эксплуатации, до стоимости нового трактора.

Библиография:

1. Архивные документы Чкаловской МТС за 1953 год.

2. Кузнецов Е.С. Управление техническими системами: Учебное пособие МАДИ (ТУ) -М.,2003. 247с.

3. Табаков П.А. О техническом оснащении с/х Чувашской Республики, Техника и оборудование для села №8,2013г. С10-13.

4. Табаков П.А., Табаков А.П. Аграриям нужна долгосрочная стратегия развития XL Студенческая международная научно-практическая конференция «Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки, №3,Март 2016, г.Новосибирск, -С.183-191

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

PROBLEMS OF TECHNICAL EQUIPMENT OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX OF THE CHUVASH REPUBLIC

Tabakov PA, Ph.D., professor,
petr_46@mail.ru, 89278546421
Fedorov DI, candidate of technical sciences, associate professor,
diniosii@mail.ru, 89276654878
Cheboksary Institute (branch) of the Moscow Polytechnic University, Cheboksary, Russian Federation
Mishina ZN, art. sci. associate
FGBNU FNAC VIM, Moscow
zoy4538@mail.ru, 89651783603
M.N. Kostomakhin, senior research associate., kand. tech. Sciences, head. lab.
e-mail: redizdat@mail.ru,
Voronov A. N., scientific. et al. lab.
e-mail: gosniti@bk.ru, t/f 8(499) 174-81-46
Predicting the reliability of agricultural machinery
FGBNU FNAC VIM

Annotation: *The problems of regularities in the formation of a fleet of vehicles with different age groups are considered. The data of the studies of the determination of the average service life, the operating time of MTZ-80/82 tractors for 32 years of operation in the Chuvash Republic are presented.*

Keywords: *fleet, tractor, age composition of the park, service life of machinery, operating time.*

Bibliography:

1. Archival documents of Chkalovskaya MTS for 1953.

2. Kuznetsov E.S. Management of technical systems: Textbook MADI (TU) -M., 2003. 247c.

3. Tabakov P.A. On the technical equipment of agriculture of the Chuvash Republic, Machinery and equipment for the village No. 8.2013g. C10-13.

4. Tabakov PA, Tabakov A.P. Agrarians need a long-term strategy for the development of the KhL Student International Scientific and Practical Conference «Scientific community of students of the XXI century. Engineering Sciences, №3, March 2016, Novosibirsk, -C.183-191

5. Reports of the CSO of the Chuvash Republic from 1990 to 2017, ed. Chuvashstat

УДК 664.123:620.169.1

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ НАГРУЖЕНИЯ И ДЕФЕКТНОГО СОСТОЯНИЯ НОЖЕЙ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ СВЕКЛОРЕЗОК

Богатырев С. А., профессор, д-р техн. наук
т.: 8-9616426122, e-mail: tettet@inbox.ru
Рудик Ф. Я., профессор, д-р техн. наук
т.: 8-9172087131, e-mail: k-pappsgau@rumbler.ru
ФГБОУ ВО Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И.Вавилова
Лялякин В.П., профессор, д-р техн. наук
(495) 371-21-44e-mail: valpal-1938@mail.ru
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Москва

Аннотация. *В статье представлены результаты анализа причин, обусловливающих влияние износостойкости режущих кромок и прочностных показателей граней ножей центробежных свеклорезок, выявление которых позволит обеспечить размерные параметры свекловичной стружки. Приведены результаты анализа дефектного состояния ножей и зависимости качественных показателей свекловичной стружки при измельчении сахарной свеклы от показателей надежности режущих элементов. Выявлены направления и закономерности упрочнения граней ножей и повышения их прочности. Установлена взаимосвязь упрочнения и повышения долговечности ножей с параметрами качества измельчения сахарной свеклы.*

Ключевые слова: *износостойкость, прочность, ножи свеклорезок, свекла, измельчение, конструкция, пластическая деформация, качество стружки*

На сахарных заводах измельчение свеклы осуществляется в центробежных установках. При этом к качеству измельчения предъявляются особые требования, призванные обеспечить размерные параметры свекловичной стружки, связанные с биологическими параметрами корнеплода.

Целью исследования является повышение долговечности ножей промышленных свеклорезок на основе изучения действующих на нож [1] нагрузок при измельчении сахарной свеклы и их дефектного состояния [4].

Сахароза и фруктоза являются растворенными в воде включениями, их проникновение сквозь протоплазму с жидкостью биологически неосуществимо. По этой причине измельчение свеклы необходимо вести путем частого продольно-поперечного измельчения вакуолей, что дает возможность максимального извлечения из них сахарозы.

Исходя из этого при измельчении сахарной свеклы для максимально возможного выхода из вакуолей растворенной в воде сахарозы сквозь стенки паренхимной клетки используются центробежные свеклорезки. Конструкция используемого в настоящее время в ней ножа, рисунок 1, полностью приспособлена для получения стружки с установленными параметрами формы, толщины и длины.

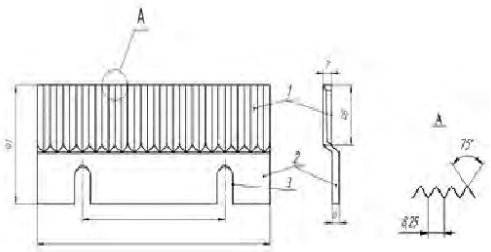


Рисунок 1 – Конструкция ножа центробежной свеклорезки:
1 – режущая плоскость; 2 – рабочая часть ромбовидной формы;
3 – привалочная установочная плоскость

Нагрузка, приходящаяся на режущие грани ножей, носит достаточно сложный характер и возникает от ударных воздействий свеклы массой 0,35–0,5 кг на плече 0,7 м от оси улитки до стенки неподвижного цилиндра. Частота вращения улитки составляет 90 мин$^{-1}$. Исходя из этого, разрушение режущих кромок и граней ножей можно классифицировать как процесс изнашивания при резке свеклы и усталостного разрушения, протекающего от цикличного ударного ее воздействия на плоскость граней. Износ режущих кромок зависит от износостойкости материала и устраняется путем перезаточек, количество которых зависит от параметра вылета режущих кромок в окне схода стружки в диффузионный аппарат. Однако, как показали исследования, большая часть ножей, порядка 35%, обладают малой выносливостью на изгиб при симметричном цикле нагружения и разрушения режущих граней ножа.

Грани толщиной 0,8-1,0 мм и длиной 48 мм при работе легко возбудимы колебательными движениями, возникающими от каждого очередного удара корнеплода, раскрученного улиткой, о режущую часть. При этом от удара корнеплода о грани ножа, при незначительной жесткости на плече от оси улитки до стенки неподвижного цилиндра, возникает усилие P_1 и от противодействия ударному воздействию – P_2. Возбуждаемые ударные воздействия вызывают постоянные колебания граней ножа, что свидетельствует о достаточно интенсивном изгибном усталостном характере их работы и процессе разрушения.

При продвижении корнеплода по неподвижной цилиндрической поверхности в процессе измельчения возникает также нагрузка P_3, порождающая усилие для преодоления силы трения свеклы о режущие грани ножа.

Исходя из конструкции свеклорезки, разовая насыпная вместимость цилиндра, зависящая от формы, размеров и массы свеклы, составляет 550…600 кг/м^3. Расчетами установлено, что при однократном заполнении цилиндра свеклой в установке находится от 1465 до 1600 корнеплодов. В свеклорезке с девятью ножевыми рамками каждый из 18 ножей разово воспринимает от 82 до 89 ударных воздействий. Такое же число корнеплодов попадает и на режущую кромку и измельчается об нее.

Учитывая то, что загрузка цилиндра осуществляется непрерывно, то есть измельченная свекла дополняется новой, количество измельчаемой свеклы в сутки возрастает многократно и это должно вести только к интенсификации процесса изнашивания ножа и, соответственно, к уменьшению показателя безотказности по установленному ранее качественному критерию функци-

онирования объекта и полноты выполнения им назначенных функций [3].

Таблица 1 – Показатели процесса измельчения сахарной свеклы в ЦС

Показатель	Обозначение	Единица измерения	Значение
Общее усилие резания	F	Н	1836,38...3096,79
Момент от резания свеклы	M_1	Н·м	1285,46...2167,75
Усилие прижатия свеклы при скольжении по грани ножа	$F_п$	Н	8427,78…9193,95
Удельное давление свеклы при инерционном движении по режущим кромкам	$f_у$	Н/м	16594,38…18102,96
Угловая скорость улитки	ω	рад/с	9,42
Крутящий момент на преодоление сил трения при инерционном движении	M_2	Н·м	1179,88...1287,15
Скорость резания	v	м/с	6,59
Сменная производительность ЦСУ	$П_{см}$	т/сут.	388...423
Суммарная цикличность ударных воздействий свеклы	$N_{дн}$	ц/сут.	846000…1293300
Число ударных воздействий на один нож в смену	N	ц/сут.	35255…53887
Модуль упругости свеклы		мН/м^2	5,3…7,8
Предел прочности мякоти свеклы		мН/м^2	2,4…2,6
Максимальное относительное сжатие мякоти свеклы		%	50…60
Коэффициент трения свеклы по металлу		%	0,96

Под действием центробежной силы свекла подается к стенкам неподвижного цилиндра с закрепленными на нем ножевыми рамками. Приобретенная при этом окружная скорость перемещает свеклу по неподвижной стенке цилиндра и при ее соприкосновении с режущей кромкой ножа срезает с нее стружку и подает в сход. Процесс резания протекает по схеме, представленной на рисунке 2. Основными показателями, характеризующими качество измельчения, являются длина стружки l и ее толщина а. Только их оптимальное соотношение позволяет добиться максимального выхода сахарозы в диффузионном аппарате.

Рисунок 2 – Усилия, действующие на режущую кромку ножа при измельчении сахарной свеклы

При встрече измельчаемой свеклы с режущими кромками ножа возникает усилие P_x, затрачиваемое на преодоление силы реакции N_x свеклы на внедрение в нее ножа. Сила F_x характеризует трение между гранями ножа и поверхностью среза в плоскости резания а – а, расположенной под углом α к оси *OX*. При измельчении свеклы проекция нормальной силы на ось *OX*, характеризующая силу преодоления изгиба стружки, обозначена N_β, а проекция на ось *OX* силы трения поверхности грани ножа о стружку – P_x. Исходя из условия равновесия в проекциях сил на оси *OX* и *OУ*, проведя необходимые преобразования и учитывая коэффициент трения свеклы о грань, получим:

$$F_x = \mu N_\beta (\cos\beta - \mu \sin\beta) \quad (1)$$

$$P_x = N_x + N_\beta [\sin\beta\,(1-\mu) + 2\mu\cos\beta] \quad (2)$$

В точке касания *O* радиальные и касательные напряжения, при условии $r = 2R^{\sin\alpha}$ равны:

$$\sigma_r = \frac{2P\sin\alpha}{2\pi r\sin\alpha} = \frac{P}{\pi R};\ \tau_{max} = \frac{P\sin\alpha}{2\pi R\sin\alpha} = \frac{P}{2\pi R} \quad (3)$$

Процесс разрушения волокон свеклы зависит от максимального изгибающего напряжения с учетом зоны упругой деформации мякоти свеклы:

$$\sigma_{рп} = \frac{[6\pi R l l_1[\sigma_{сж}]\sin\beta\ +\ l^2 b[\sigma_{сж}]y_0]}{6J} - \frac{\mu[\sigma_{сж}]ll_1}{2S} \quad (4)$$

где l – длина контакта стружки с гранью, м; l_1 – длина режущих кромок граней, м; b – ширина стружки, м; y_0 – самая удаленная от нейтральной оси точка сечения стружки, м; J – момент инерции, Нм; $[\sigma_{сж}]$ – допускаемое напряжение сжатия свеклы, Па.

По мере работы ЦС и протекающего процесса постепенного изнашивания ножей режущая кромка последних затупляется, что изменяет характер измельчения. Процесс резания протекает с ощутимым воздействием упругой деформации свеклы, что вызывает отклонения от оптимальной толщины стружки, которая должна составлять 0,0005 м. Установлено, что к концу каждой смены процесс изнашивания интенсифицируется и резание при встрече свеклы с режущей кромкой протекает с ощутимым воздействием упругой деформации.. Вследствие изменения условий резания длина стружки к концу смены достигает 4–8 м в 100 г навески, что влечет за собой снижение ее проницаемости на 28…30%, рисунок 3.

Рисунок 3 – Зависимость проницаемости стружки от ее длины при наработке одной смены

Испытываемые при измельчении корнеплода напряжения значительны по величине и интенсивности их приложения к режущей кромке и граням ножа, что и обусловливает низкие показатели наработки на отказ, рисунок 3. Момент на резание свеклы, возникающий от ее инерционного перемещения по режущим кромкам граней ножей и усилий P_x и F_x, значителен. Он вызывает неравномерный износ по длине режущих кромок и разрушению граней ножа [5], что уже к концу смены ведет к отказу по качеству стружки.

а) *б)* *в)*

Рисунок 4 – Дефектное состояние ножей: а – изношенный нож; б – разрушенный нож; в – деформированный нож

Разрушение граней ножа по причине воздействия момента M_1, возникающего от ударов раскрученных улиткой корнеплодов о грани с предельно допустимыми показателями предела выносливости на изгиб при симметричном цикле нагружения, ведет к выбраковке. Данному невосстанавливаемому дефекту подвергается до 30% ножей, и это обусловливает необходимость упрочнения граней.

Деформация плоскости граней со стрелой изгиба, направленной к плоскости резания, уменьшает угол α и ведет к защемлению стружки в окне схода. Данному отказу ежесменно подвергается до 70% ножей, его устраняют простой рихтовкой, что для закаленной до HRC 55-60 стали У7 недопустимо, возникающие микротрещины при толщине стенки грани 0,8…1,0 мм способствуют интенсификации процесса разрушения. Данный дефект целесообразно устранять методом горячей пластической деформации в специальной штамповой оснастке по схеме, представленной на рисунке 5 [2].

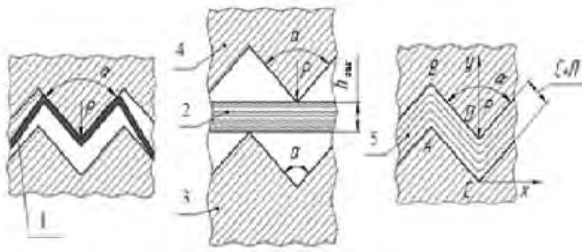


Рисунок 5 – Схема формообразования граней ножа при их восстановлении и упрочнении: 1-деформированные грани ножа; 2-заготовка для штамповки ножа; 3-матрица штампа; 4-пуансон штампа; 5-сформированные грани ножа

Технологически повышение безотказности осуществимо путем улучшения свойств материала заготовки ножа при формировании режущих поверхностей пластической деформацией, рисунок 6.

Исходя из того, что на деформирующих поверхностях пуансона и матрицы возникают максимальные касательные напряжения $\tau = k$ семейство линий скольжения на соприкасающихся поверхностях будет направлено по

касательной и пересекать поверхность матрицы под углом φ = π/2.

Нормальные напряжения при деформации заготовки σн определяются по формуле:

$$\sigma_н = 2k\left(1 + \frac{\pi}{2}\right) \quad (5)$$

$$\sigma_н = -\frac{2}{\sqrt{3}}\sigma_S\left(1 + \frac{\pi}{2}\right) = -\frac{2}{\sqrt{3}}2{,}57\sigma_S = -1{,}155 \cdot 2{,}57\sigma_S = -2{,}87\sigma_S \quad (6)$$

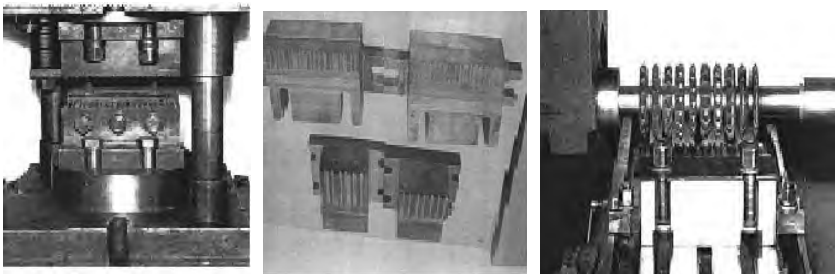
где σ_s – напряжение текучести материала, МПа.

Усилие для деформации пластины с n гранями имеет вид:

$$P = 2{,}87\sigma_S \cdot \sin\frac{\alpha}{2}Sn \quad (7)$$

где S – площадь поперечного сечения одного сектора пуансона; n – число граней.

Изготовлены и испытаны образцы оснастки для правки граней ножей (рисунок 6). Сменные элементы выполнены для правки граней толщиной 0,8-1,0 мм.



а) *б)* *в)*

Рисунок 6 – Опытно-конструкторская оснастка для восстановления и упрочнения граней свеклорезных ножей: а – штамп для правки и штамповки граней ножа; б – сменные элементы штампа; в – фрезерная оснастка для механической обработки граней ножа

Оснастка для механической обработки граней выполнена в виде многофрезерной оправки, одновременно обрабатывающей половину граней ножа. Это позволяет осуществить всю механическую обработку за 2 перехода. Жесткость оправки и точность обработки граней обеспечиваются уже сформированным штамповкой профилем зубьев и незначительным (1 мм) припуском на механическую обработку.

Выводы.

1. Исследованы основные показатели процесса измельчения сахарной свеклы в центробежной свеклорезке. Силовым анализом рабочего процесса установлена целесообразность повышения долговечности ножей свеклорезок путем повышения износостойкости и выносливости на изгиб;

2. Разработан технологический процесс с комплектами оснастки для восстановления и упрочнения свеклорезных ножей пластическим деформированием. Повышение относительной износостойкости на 20% и предела выносливости на 25% обеспечило посменное увеличение длины стружки на 18-20% и проницаемости стружки на 16-18%.

Литература

1. Патент на полезную модель №130542 Российская Федерация, МПК В 26 Д 1/00.Свеклорезный нож / Рудик Ф.Я., Богатырев С.А. и др.; - №2013105418; заявл. 08.02.2013;опубл. 27.07.2013.

2. Патент на полезную модель №150113 Российская Федерация, МПК В 21 Н 7/10. Устройство для изготовления режущих инструментов / Рудик Ф.Я., Богатырев С.А. и др.; - №014116686; заявл. 24.04.20014; опубл. 27.01.2015.

3. Рудик, Ф.Я. Обеспечение показателей надежности ножей для измельчения сахарной свеклы / Ф.Я. Рудик, Л.Ю. Скрябина, А.П. Ковылин // Научное обозрение. – 2012. - №6.- С.160-164.

4. Рудик Ф.Я. Дефектное состояние ножей к центробежным установкам и повышение их усталостной прочности / Ф.Я. Рудик, Л.Ю. Скрябина, А.П. Ковылин // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2014. - №8. С.- 22-26.

5. Рудик, Ф.Я. Повышение износостойкости и усталостной прочности режущих инструментов перерабатывающей отрасли / Ф.Я. Рудик, Л.Ю. Скрябина, А.П. Ковылин, В.В. Володин // Вестник машиностроения.- 2014.-№4.- С.43-47.

6. Рудик, Ф.Я., Богатырев. С.А., Морозов, А.А. Инновационные ресурсосберегающие технологии восстановления работоспособности корпусных деталей.- ИЦ «Наука», Саратов, 2015. 160 с.

ASSESSMENT OF DYNAMIC LOADING AND DEFECTIVE CONDITION OF THE KNIVES OF CENTRIFUGAL BEET CUTTER

Rudik F. Y., professor, dr. of tech. sei.
E-mail: k-pappsgau@rumbler.ru
Bogatyrev S. A., professor, dr. of tech. sei.
E-mail: tettet@inbox.ru
FGBOU VO «Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov «,
Lyalyakin V.P., professor,dr. of tech. sei.
E-mail: valpal-1938@mail.ru
Federal state budgetary scientific institution
«The Federal agricultural research centre VIM»

Abstract. The article presents the results of the analysis of the causes that determine the impact of the wear resistance of the cutting edges and strength parameters of the knife edges of centrifugal beet cutters, the identification of which will provide the dimensional parameters of beet chips. The results of the analysis of the defective state of knives and the dependence of the quality of beet chips in the grinding of sugar beet from the reliability of the cutting elements. Reveals directions and patterns of hardening of the edges of the knives and increase their strength. The interrelation of strengthening and increase of durability of knives with quality parameters of crushing of sugar beet is established

Keywords: durability, strength, knives, beet cutter, beets, milling, design, plastic deformation, the quality of the chips

List of references

1. Patent for useful model No. 130542 Russian Federation, MPK V 26 D 1/00. Sveklorezny knife / Rudik F.Ya., Bogatyrev S.A., etc.; - No. 2013105418; 08.02.2013; publ. 7/27/2013.

2. Patent for useful model No. 150113 Russian Federation, MPK V of 21 N 7/10. The

device for production cutting Tools / Rudik F.Ya., Bogatyrev S.A., etc.; - No. 2014116686; 24.04.20014; publ. 1/27/2015.

3. Rudik, F.Ya. Improvement of technological processes of production and restoration of the cutting tool of processing enterprises / F.Ya. Rudik. – M.: Rosinformagrotekh, 2002. – 182 pages.

4. Rudik, F.Ya. A defective condition of knives to centrifugal installations and increase in their fatigue durability / F.Ya. Rudik, L.Yu. Scriabina, A.P. Kovylin//Repair, restoration, modernization. – 2014. - No. 8. Page - 22-26.

5. Rudik, F.Ya. Increase in wear resistance and fatigue durability of the cutting tools of processing industry / F.Ya. Rudik, L.Yu. Scriabina, A.P. Kovylin, V.V. Volodin//the Messenger of mechanical engineering. - 2014.-№4. - Page 43-47.

6. Rudik, F.Ya., Bogatyrev. S.A., Morozov, A.A. Innovative resource-saving technologies of maintenance of case details. - ITs «Science», Saratov, 2015. 160 pages.

УДК 656.07

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ УСЛУГ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА

Кравченко И. Н., доктор технических наук, профессор
(РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва,)
тел. 8-985-994-02-20; E-mail: kravchenko-in71@yandex.ru
Овчинникова М.С., аспирант
(РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва,)
тел. 8-919-961-11-36; E-mail: ritik68rus@mail.ru
Сиротов А. В., д.т.н., профессор секции Э-6
кафедры теплотехники Мытищинского филиала
МГТУ им. Н.Э. Баумана
(национального исследовательского университета)
тел.+7 916 657 48 89 E-mail: sirotov@mgul.ac.ru

Аннотация. *В текущих экономических условиях возросла важность маркетинга для предприятий технического сервиса (ПТС). В связи с этим рассматриваются модели анализа состояния компании, и выбирается наиболее подходящая для компаний подобного типа. В статье также подробно расписаны факторы, влияющие на конкурентоспособность сервисной компании.*

Ключевые слова: *маркетинг, конкурентоспособность, предприятия технического сервиса, система менеджмента качества, технический сервис.*

Цель исследования – достижения высокой конкурентоспособности услуг технического сервиса.

Методика. Для реализации поставленной цели рассмотрены методы стратегического планирования и выбран наиболее применяемый из них – SWOT-анализ, заключающийся в выявлении факторов внутренней и внешней среды предприятия (организации).

Результаты и обсуждение. Одним из важнейших путей достижения высокой конкурентоспособности услуг технического сервиса является создание на предприятии системы менеджмента качества (СМК) [1, 2]. Укрупнённо основные этапы и последовательность работ по разборке и внедрению СМК можно представить в виде алгоритма (рис. 1).

Современные экономические условия объективно приводят к изменению отношений между потребителями и поставщиками услуг технического сервиса. Потребителя интересует комплекс сервисных услуг, их технический уровень и качество. В условиях рыночных взаимоотношений между владельцами техники и ПТС главным инструментом, позволяющим предприятию эффективно функционировать и иметь стабильный спрос на услуги, является обеспечение их качества. Рассмотрим требования, предъявляемые к ПТС с позиции качества услуг (рис. 2).

Рисунок 1 – Алгоритм реализации систем менеджмента качества

Рисунок 2 – Источники, формирующие комплекс требований к предприятиям технического сервиса

Как видно из схемы, представленной на рисунке 2, в качественных услугах технического сервиса заинтересованы все: и владелец техники, и предприятие технического сервиса и муниципальные органы государственной власти.

Исходя из заинтересованности потребителей в качестве услуг, предоставляемых ПТС, обозначим требования к ним (рис. 3) [3, 4].

Основными показателями качественного сервиса, с точки зрения потребителя, являются:

- окружающая среда – обстановка, удобство, оборудование и персонал на сервисе;
- надёжность – совокупность исполнительности и доверия к результатам выполнения работы;
- психологические свойства – возможность нахождения контакта; вежливость, отзывчивость;
- коммуникабельность – способность такого общения, чтобы потребитель понял производителя;
- доступность – лёгкость установления связи с поставщиком;
- гарантия – возможность получения более качественной услуги, если услуга оказана с плохим качеством.

Рисунок 3 – Требования, предъявляемые к предприятиям технического сервиса

Система менеджмента качества представляет собой совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих элементов для руководства и управления организацией применительно с целей изменения качества предоставляемых услуг. На рис. 4 приведена система менеджмента качества, основанная на процессном подходе.

Приведённая модель чётко выделяет тот факт, что все процессы деятельности предприятия должны находиться в жёстких рамках строгого выполнения требований потребителя [5, 6].

Рисунок 4 – Модель системы менеджмента качества, основанной на процессном подходе

Для определения перспектив развития предприятия и разработки стратегии, политики и целей предприятия в области качества необходимо проведение анализа текущей деятельности по всем направлениям.

Существует несколько распространённых методов такого анализа:

- SWOT-анализ;
- PEST-анализ;
- SNW-анализ;

- Анализ пяти сил Портера;
- GAP-анализ.

Каждый из методов стратегического планирования обладает рядом положительных и отрицательных характеристик. Выбор метода зависит от типа деятельности предприятия, его структуры, влияния на рынок, желаемых результатов, текущего состояния и политики компании.

Для предприятий, занимающихся оказанием технических услуг, наиболее часто применяется SWOT-анализ.

SWOT – это аббревиатура от четырёх английских слов: strength (сильная сторона), weakness (слабая сторона), opportunity (возможность), treat (угроза). Сильные стороны – возможности, ресурсы, опыт и знания персонала, на которые опирается организация; слабые – нехватка знаний, дефицит возможностей и ресурса по сравнению с конкурентами. Возможности и угрозы относятся к внешнему окружению предприятия (организации) [7-9].

В составе методики проведения SWOT – анализа лежат критерии, по которым необходимо оценивать предприятие технического сервиса:

- общий уровень организации ремонтного производства;
- качество используемых ресурсов;
- уровень применяемой технологии ремонта;
- состояние инфраструктуры;
- состояние производственного оборудования;
- скорость выполнения заказа на ремонт;
-качество отремонтированных объектов;
- номенклатура ремонтируемых объектов;
- взаимоотношения с местными органами власти;
- уровень гарантийного обслуживания и послепродажной деятельности;
- возможность удовлетворения индивидуальных запросов;
- маркетинг;
- рентабельность капитала;
- платёжеспособность предприятия;
- организация учёта и контроля на предприятии;
- квалификация кадров;
- сотрудничество с производителем;
- уровень работы с субподрядчиками, поставщиками материалов и комплектующих;
- взаимоотношения с контролирующими организациями;
- информационное обеспечение.

Выводы. После оценки предприятия по всем данным критериям, можно понять текущее состояние и на основе полученных данных предпринимать дальнейшие действия: наметить будущую стратегию, выстроить план и устранить все отрицательные параметры, присутствующие на предприятии. Анализ данных критериев позволяет увидеть все процессы предприятия, происходящие на текущий момент, а так же обнаружить недостатки на всех стадиях процесса оказания услуги. В свою очередь, оперативное выявление недостатков является конкурентным преимуществом любой организации и основной задачей менеджмента.

Библиографический список

1. Корнеев В.М. Методические основы менеджмента качества услуг технического сервиса / В.М. Корнеев, Т.А. Ахметов // Международный технико-экономический журнал. – №2. – 2015. – С. 55-58.
2. Рудакова, О.Ю. Методические основы управления качеством предоставления услуг на предприятиях бытового обслуживания / О.Ю. Рудакова // Экономика и управление в сфере услуг. – №1. – 2011. – С. 316-319.
3. Ребрин, Ю.И. Управление качеством: [Текст] Учебное пособие. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2004. – 174 с.
4. Протасова, Л.Г. Управление качеством в сфере услуг [Текст]: монография / Л.Г. Протасова, О.В. Плиска. – М-во образования и науки РФ, Урал. гос. экон. ун-т. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 2010. – 176 с.
5. Мазур, И.И. Управление качеством [Текст]: учеб. пособие. / И.И. Мазур, В.Д. Шапиро. – М.: Омега-Л, 2011. – 334 с.
6. Соловьев, С.А. Законодательная и нормативная база технического сервиса: монография / С.А. Соловьев, В.И. Игнатов, Р.Ю. Соловьев, В.С. Герасимов, Н.О. Богатова, В.А. Макуев. – М.: ГНУ ГОСНИТИ, 2014. – 300 с.
7. Сазыкина, О.А. Современный стратегический анализ: методы и технологии / О.А. Сазыкина. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 152 с.
8. Буралев, Ю.В. Современные тенденции в производственном менеджменте технического сервиса автотранспортных средств: монография / Ю. В. Буралев. – М.: Издат. центр ГОУВПО ГУУ, 2004. – 79 с.
9. Самордин, А.Н. Реализация процессного подхода при создании системы менеджмента качества предприятия технического сервиса АПК / А.Н. Самордин // Сборник научных докладов ВИМ. – Т.2. – 2012. С. – 425-429.

METHODICAL BASES OF QUALITY MANAGEMENT OF SERVICE PROVIDING AT THE ENTERPRISES OF TECHNICAL SERVICE

Kravchenko I.N., Doctor of Technical Sciences, Professor
(Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow)
Tel. 8-985-994-02-20; E-mail: kravchenko-in71@yandex.ru
Ovchinnikova M.S., graduate student
Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev,
Tel. 8-919-961-11-36; E-mail: ritik68rus@mail.ru

Annotation. *In the current economic conditions, the importance of marketing for technical service enterprises (TSE) has increased. In this regard, the company's analysis of the state of the company is considered, and the most suitable for companies of this type is chosen. The article also details the factors affecting the competitiveness of the service company.*

Keywords: *marketing, competitiveness, technical service enterprises, quality management system, technical service.*

REFERENCES

1. Korneev, V.M. Methodical bases of management quality of service technical services /

V.M. Korneev, T.A. Akhmetov // The international technical-economic journal. – №. 2. – 2015. – P. 55-58.

2. Rudakova, O.Y. Methodological bases of quality management of service provision on consumer services / O.Y. Rudakova // Economy and management in the service sector. – №. 1. – 2011. – P. 316-319.

3. Rebrin, Y.I. quality Management: [Text] textbook. – Taganrog: Publishing house TSURE, 2004. – 174 p.

4. Protasova, L.G. Quality management in service sector [Text]: monograph / L.G. Protasova, O.V. Pliska. – The Ministry of education and science of the Russian Federation, the Urals. state economic. Univ. of Illinois – Ekaterinburg: Publishing house Ural. state economic. University press, 2010. – 176 p.

5. Mazur, I.I/ Quality management [Text]: textbook. allowance. / I.I. Mazur, V.D. Shapiro. – M.: Omega-L, 2011. – 334 p.

6. Soloviev, S.A. Legal and regulatory framework technical service: monograph / S.A. Solovyov, V.I. Ignatov, R.Y. Soloviev, V.S. Gerasimov, N.O. Bogatova, V.A. Makuev. – M.: GNU GOSNITI, 2014. – 300 p.

7. Sazykina O.A., Contemporary strategic analysis: methods and techniques / O.A. Sazykin. – Penza: PGAS, 2013. – 152 p.

8. Buralew, Y.V. Modern trends in production management of technical service motor vehicles: monograph / Y.V. Buralew. – M.: Izdat. center VPO GUU, 2004. – 79 p.

9. Samordin, A.N. The implementation of the process approach the quality management system of the enterprise technical services, agriculture / A.N. Samordin // Collection of scientific reports of VIM. – T. 2. – 2012. P. 425-429.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ И УПРОЧНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ

УДК 631.312.004.62

ОБ УПРОЧНЕНИИ РАБОЧЕЙ КРОМКИ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ОРУДИЙ ЭЛЕКТРОИСКРОВЫМ ЛЕГИРОВАНИЕМ

С.В. Стребков, к.т.н., профессор,
декан инженерного факультета
serwastr@gmail.com, 8-903-642-14-97
А.П. Слободюк, к.т.н., зам. декана инж. факультета, доцент
slobodyuk_ap@bsaa.edu.ru, 8-910-368-91-54
А.В. Сахнов к.т.н., доцент кафедры тех. сервиса в АПК
sakhnovav@mail.ru, 8-950-713-10-75
А.В. Бондарев канд. техн. наук,
Зав.кафедрой тех. сервиса в АПК
8-905-670-82-48, bondarev_av@bsaa.edu.ru
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, г.Белгород, Россия

THE HARDENING OF THE WORKING EDGES OF TILLERS ELECTRIC-SPARK ALLOYING

S. Strebkov, Cand. tech. Sciences,
A. Slobodyuk, candidate. tech. Sciences
A. Sakhnov, Cand. tech. Sciences
A. Bondarev Cand. tech. Sciences
Doctor of Belgorod state agricultural UNIVERSITY, Belgorod, Russia

Ключевые слова: *почвоообрабатывающие орудия, упрочнение, культиватор, стрельчатая лапа; электроискровая обработка; электроискровое легирование.*

Keywords: *pochvoobrabatyvayuschie tools, hardening, cultivator, hoe; electroic-blood processing; electric spark alloying.*

Реферат. *Работа посвящена разработке и производственной апробации технологии повышения ресурса почвообрабатывающих орудий упрочнением их рабочих кромок методом электроискрового легирования. Отличительной особенностью предлагаемой технологии является использование процесса переноса части материала электрода на легируемую поверхность детали путем электроискровых процессов. Эта технология обеспечит увеличение ресурса почвообрабатывающих орудий за счет совмещения свойств различных материалов в одном изделии. В результате проведенных экспериментальных исследований определен материал для упрочнения режущей кромки стрельчатых лап культиватора и проведена производственная апробация предложенного способа.*

Abstract. The work is dedicated to the development and industrial application of this technology to increase the service life of tillers hardening their working edges by the method of electric-spark alloying. A distinctive feature of the proposed technology is the use of the process of transferring part of the electrode

material on lagerway the surface of the part by electrical discharge processes. This technology will provide an increase in resource of tillers due to a co-tion of the properties of different materials in a single product. In result of experimental research determined the most suitable material for hardening the cutting edge Strelcha-ties chisels and conducted production testing of the proposed genego method.

В настоящее время при обработке почвы для возделывания сельскохозяйственных культур применяют множество почвообрабатывающих машин, таких как культиваторы, рыхлители, сеялки и посевные комплексы, и др., рабочими ор-ганами которых являются стрельчатые лапы [1]. Условия эксплуатации стрельча-тых лап нельзя назвать простыми – они находятся в непосредственном контакте с абразивными частицами, вызывающими интенсивное изнашивание, затупление режущих кромок, изменение формы и как следствие профиля и рабочих размеров лап [2]. Эксплуатация изношенных рабочих органов ведет к падению качества выполняемых работ, срыву агротехнических сроков выполнения операций, росту простоев техники, прямых и косвенных затрат, снижению количества полученной товарной продукции.

В настоящее время одним из перспективных способов повышения изно-со-стойкости, и как следствие ресурса рабочих органов почвообрабатывающих ору-дий, является упрочнение их рабочих кромок [3-5]. В качестве упрочняющего покрытия используют сормайт, высоколегированный чугун и материалы, содер-жащие в своем составе дорогие и редкие легирующие элементы – вольфрам, мо-либден, хром, кобальт, никель и др. Это приводит к значительному удорожанию рабочих органов.

Тем не менее, проведенный анализ современной технической литературы показал, что в настоящее время не уделяется должного внимания методу элек-троискрового легирования (упрочнения) деталей. Метод электроискрового леги-рования (ЭИЛ) является экономически выгодным и технологически перспектив-ным в решении проблем увеличения эксплуатационных характеристик различных деталей машин и режущего инструмента, подвергающихся интенсивному изна-шиванию. Благодаря широкой гамме материалов, которые могут быть использо-ваны при ЭИЛ, участию межэлектродной среды в процессе формирования по-верхностных слоев, можно в широких пределах изменять механические, терми-ческие, электрические, термоэмиссионные и другие свойства рабочих поверхно-стей деталей [6].

Целью работы является повышение срока службы рабочих органов почвообрабатывающих машин путем улучшения эксплуатационных свойств поверх-ностного слоя металла методом электроискровой обработки.

Задачи исследования:

1. Разработать технологию получения покрытий на поверхностях рабочих органов почвообрабатывающих машин с улучшенными эксплуатационными свойствами.
2. Обосновать выбор материала легирующего электрода.
3. Провести эксплуатационную оценку повышения срока службы улуч-шенных рабочих органов почвообрабатывающих машин.

Объектом исследования являются закономерности изменения ресурса ра-бочих органов почвообрабатывающих машин в зависимости от материа-

ла элек-трода и режимов легирования (на примере стрельчатых лап культиватора КПО-9)

Предметом исследования являются физико-механические и эксплуатаци-онные свойства покрытий, полученных при электроискровом упрочнении на ре-жущих поверхностях стрельчатых лап почвообрабатывающих орудий.

Высокорентабельное производство сельскохозяйственных культур невозможно без обработки почвы, поскольку качество обработки почвы существенно влияет на такие основополагающие показатели как урожайность и эффективность сельскохозяйственного производства [7].

Современное сельское хозяйство немыслимо без разнообразных орудий для обработки почвы, одним из наиболее распространенных видов, наравне с дисками различных видов, является стрельчатая лапа. Выделяют два основных вида стрельчатых лап – плоскорежущие и универсальные, отличаются они между собой углом подъема и углом раствора лапы [8].

Наибольшая интенсивность изнашивания характерна для носка лапы. На различных почвах износ носка в 2,2…2,5 раза больше крыльев лап [9, 10]. По мере удаления от носка интенсивность изнашивания режущей кромки лапы сни-жается.

Повышения износостойкости стрельчатых лап почвообрабатывающих ору-дий можно добиться за счет применения упрочняющих технологий. В настоящее время для ремонтного производства разработано достаточно много технологий поверхностного упрочнения деталей. Однако не все они подходят для повышения износостойкости стрельчатых лап почвообрабатывающих орудий, которые рабо-тают в условиях интенсивного абразивного изнашивания при значительных нагрузках.

Известны лабораторные и промышленные испытания описываемого метода, которые показали, что использование СВС-электродов в процессе нанесения ме-тодом ЭИЛ упрочняющих покрытий, позволяет получать покрытия толщиной от 5 до 200 мкм, при этом сплошность покрытий достигает 100%. Покрытия от-личаются высокой твердостью (10-30 ГПа), хорошей адгезией с подложкой и значительно повышают износостойкость деталей, на рабочие поверхности ко-торых их наносят. Ресурс упрочненного изделия увеличивается от 2 до 10 раз.

В качестве электродов для электроискровой обработки могут быть использованы материалы, условно разделенные на 4 группы [11]. Основным требованием к ним является проводимость электрического тока. Установлено, что для получения износостойких покрытий необходимо применять материалы, входящие в первую и вторую группу (легированные стали; сплавы на основе железа со специальными свойствами, в том числе ферросплавы; чугуны (серые, ковкие, специальные); карбиды, нитриды, бориды и прочие твердые соединения тугоплавких металлов (Cr, Mo, Ti, W, Ta, Zr, V, Nb); вольфрамосодержащие твердые сплавы; безвольфрамовые твердые сплавы.

Эксплуатационные испытания стрельчатых лап почвообрабатывающих орудий, обработанных электроискровым упрочнением, проводились на примере культиватора КПО-9. Испытуемые лапы были упрочнены с лицевой стороны. Упрочнение лап с лицевой стороны обусловлено тем, что традиционно для обеспечения самозатачивания и повышения ресурса стрельчатых лап их упрочняют с тыльной (нижней) стороны [12, 13], в то же время не-

которые ученые высказывали соображения о целесообразности упрочнения лицевой (верхней) стороны лап [14].

Эксплуатационные испытания упрочненных стрельчатых лап проводились в условиях рядовой эксплуатации на полях УНИЦ «Агротехнопарк» Белгородского района Белгородской области. Характеристика почв: тип – черноземные; плотность – 1200…1250 кг/м3; влажность в период проведения испытаний – 18…23%. Культиватор агрегатировался с трактором Вальтра-Т270. Выполнялись следующие виды работ: предпосевная подготовка почвы и культивация незанятых паров.

При проведении испытаний контролировалось изменение линейных размеров (износ) носовой части стрельчатых лап, ширины их крыльев, массы лапы. Это связано с тем, что именно эти критерии являются основными при выбраковке лап [15]. Испытуемые лапы были установлены в первом ряду культиватора, за исключением позиций по колее трактора, так как эти лапы при эксплуатации подвержены наибольшему изнашиванию. Одновременно с упрочненными на культиватор устанавливали и серийные неупрочненные лапы. Измерение износа лап проводилось по окончании работ. Для измерения износа лап использовали штангенциркуль ШЦ-I–250–0,05 ГОСТ 166-89 с погрешностью измерения не более 0,05 мм и весы лабораторные САРТОГОСМ ВЛТ 510-П (Свидетельство о поверке №СП-032373 от 06.03.2017 г.)

В ходе исследований были измерены следующие показатели: масса лапы до нанесения покрытия, размеры исходной лапы (расстояние от носка до крепежного отверстия, ширина захвата лапы), масса нанесенного материала, масса лапы после полевых работ, линейные размеры после полевых работ (рис. 1-3).

Рис. 1. Стрельчатая лапа до нанесения покрытия

Рис. 3. Стрельчатые лапы после полевых работ

Электроискровое упрочнение поверхностного слоя стрельчатой лапы осуществляли тремя различными материалами: Р5М6 (быстрорежущая сталь), стержень электрода Т-590 (сплав железа, стойкий к абразивному изнашиванию) и Т15К6 (сплав титановольфрамовой группы). На этом этапе отмечен различный прирост массы металла обработанной лапы (рис. 4).

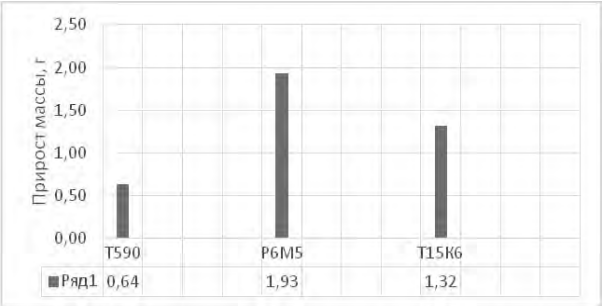


Рис. 4. Прирост массы детали при электроискровом легировании

Исследование показало, что приращение массы изменялось в широких пределах, от 0,64 г Т-590 до 1,93 г сплава Р6М5.

Машинотракторным агрегатом было обработано 130 га, следовательно, на 1 лапу пришлось 2,45 га. После указанной наработки были проведены измерения линейных размеров и массы (рис. 5-8).

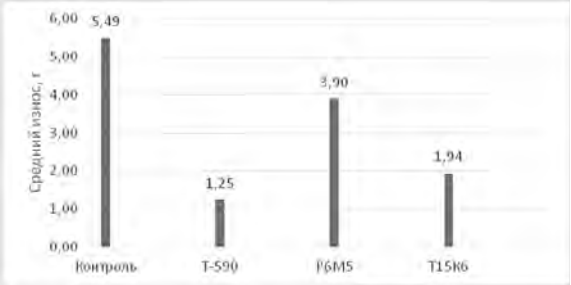


Рис. 5. Изменение массы стрельчатых лап после эксплуатации

Согласно полученным данным, минимальный износ стрельчатой лапы был получен при легировании поверхностного слоя стержнем электрода Т-590, максимальный – на контрольном образце и при легировании быстрорежущей сталью Р6М5. Соответственно изменилась и скорость изнашива-

ния, от 0,51 г/га для лап, упрочненных Т-590 до 2,24 г для стандартных лап контрольной группы.

В ходе полевых испытаний выяснилось, что ширина захвата лапы может не только уменьшаться вследствие естественного износа, но и увеличиваться (табл. 1). Увеличение ширины захвата объясняется эксплуатацией лапы в экстремальных, не нормальных для нее условиях, например, ширина может увеличивается вследствие пластической деформации при наезде на препятствие или при резком опускании культиватора на грунтовую дорогу на краю поля.

Наибольший интерес представляют данные по линейному износу расстояния от носка лапы до крепежного отверстия (рис. 6).

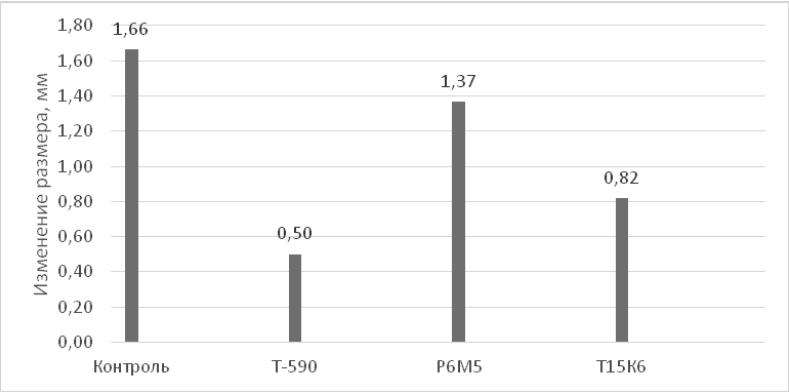


Рис. 6. Изменение расстояния от носка стрельчатой лапы до крепежного отверстия

Выводы

Анализ проведенных исследований по совокупности изменений массы и линейных размеров показал, что наилучшим электродным материалом для упрочнения стрельчатой лапы является стержень электрода Т-590, который обеспечит уменьшение скорости изнашивания по весовым и линейным показателям в три раза.

Список литературы

1. *Аксенов, П.И. Машины для обработки почвы / П.И. Аксенов. - М.: Россельхозиздат, 1985. - 268 с.*
2. *Поливаев, О.И., Испытание сельскохозяйственной техники и энергосиловых установок: Учебное пособие / О.И. Поливаев, О.М. Костиков. – СПб.: Лань, 2016. – 280 с.*
3. *Ерохин, М.Н. Применение керамических материалов для упрочнения рабочих органов сельскохозяйственных машин в условиях абразивного изнашивания / М.Н. Ерохин, В.С. Новиков, А.А. Собко и др. // Состояние перспективы восстановления, упрочнения и изготовления деталей. – М.: ВНИИТУВИД «Ремдеталь». – 1999. – С. 167-168.*
4. *Литовченко, Н.Н. Электровибродуговое упрочнение рабочих органов почвообрабатывающих машин металлокерамическими материалами / Н.Н. Литовченко, Н.В. Титов, А.В. Коломейченко // Тракторы и сельхозмашины. - 2013. - № 2. - С. 49-50.*
5. *Новиков, В.С. Упрочнение рабочих органов почвообрабатывающих машин: Монография / В. С. Новиков. - М.: ФГБОУ ВПО МГАУ, 2013. - 112 с.*

Табл. 1. Результаты исследований стрельчатых лап

Шифр лапы	Группа	Массовые характеристики детали								Скорость изнашивания, г/га	Линейные характеристики									
		Масса детали		Прирост, г	Средний прирост, г	после работы, г	Износ, г	Средний износ, г	Отклонение		Размер А, мм					Размер La, мм				
		до обработки, г	после обработки, г								до обработки	после работы	Износ, мм	Средний износ, мм	Отклонение	до обработки	после работы	Износ, мм	Средний износ, мм	Отклонение
01	Контроль	419,70	419,70	0,00		412,86	6,84	5,49	2,90	2,24	106,60	104,20	2,40	1,66	1,01	208,90	208,50	0,40	0,27	0,13
02		428,22	428,22	0,00		424,76	3,46				108,60	107,70	0,90			208,60	208,40	0,20		
03		430,65	430,65	0,00		420,71	9,94				107,00	104,05	2,95			208,70	208,30	0,40		
04		433,59	433,59	0,00		431,86	1,73				107,50	107,10	0,40			208,60	208,50	0,10		
11	Т-590	428,59	429,13	0,54	0,64			1,25	0,39	0,51	108,70			0,50	0,10	206,20			-0,53	0,08
12		428,66	429,56	0,90		428,71	0,85				108,00	107,60	0,40			208,70	209,30	-0,60		
13		438,32	438,95	0,63							109,30					208,40				
14		423,39	423,86	0,47		422,22	1,64				106,90	106,30	0,60			209,20	209,65	-0,45		
21	Р6М5	444,57	446,80	2,23	1,93	442,88	3,92	3,90	1,72	1,59	110,40	109,10	1,30	1,37	0,49	208,60	209,00	-0,40	-0,48	0,14
22		430,74	432,81	2,07		431,49	1,32				109,10	108,40	0,70			206,80	207,50	-0,70		
23		442,43	444,01	1,58		437,55	6,46				110,20	108,10	2,10			208,40	208,75	-0,35		
24		429,02	430,85	1,83							108,40					209,70				
31	Т15К6	446,18	447,29	1,11	1,32	444,14	3,15	1,94	0,81	0,79	110,70	109,00	1,70	0,82	0,59	208,60	209,45	-0,85	-0,98	0,09
32		434,30	436,08	1,78		434,23	1,85				109,00	108,55	0,45			209,00	210,00	-1,00		
33		442,23	443,48	1,25							110,30					208,60				
34		443,17	444,31	1,14		443,50	0,81				110,60	110,30	0,30			208,60	209,70	-1,10		

6. *Иванов, В.П. Восстановление и упрочнение деталей: Справочник / В.П. Иванов, В.С. Ивашко, В.М. Константинов и др. - М.: Наука и технологии, 2013. - 368 с.*

7. *Байко, В.П. Осенняя и предпосевная обработка почвы / В.П. Байко. - М.: Россельхозиздат, 1966. - 388 с.*

8. *Лаврухин, В.А. Основная и предпосевная обработка почвы / В.А. Лаврухин, И.С. Терещенко, Н.В. Черкашин. - М.: Россельхозиздат, 1975. - 320 с.*

9. *Титов, Н.В. Анализ перспективных способов упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин / Н.В. Титов, А.В. Коломейченко, В.В. Виноградов // Техника и оборудование для села. - 2013. - №10. - С. 33-36.*

10. *Михальченков, А.М. Изнашивание стрельчатых лап посевного комплекса Morris, восстановленных способом термоупрочненных «компенсирующих элементов» / А.М. Михальченков, С.А. Феськов // Тракторы и сельхозмашины. - 2013. - №12. - С. 50-52.*

11. *Методические указания к лабораторной работе «Электроискровая обработка поверхностей деталей машин и инструментов» П.В. Сенин, Ф.Х. Бурумкулов, С.А. Величко, П.А. Ионов / учебное пособие – Саранск, Центр оперативной полиграфии ГОУ СПО «Саранский промышленно экономический колледж», 2011. – 29 с.*

12. *Ткачев, В.Н. Износ и повышение долговечности деталей сельскохозяйственных машин / В.Н. Ткачев. - М.: Машиностроение, 1971. - 264 с.*

13. *Голубев, И.Г. Восстановление рабочих органов сельскохозяйственных машин / И.Г. Голубев // Техника и оборудование для села. - 1998. - №3. - С. 39-42.*

14. *Подкатилов, К.Е. К вопросу самозатачивания культиваторных лап с верхним упрочнением твердым сплавом / К.Е. Подкатилов // Проектирование рабочих органов уборочных почвообрабатывающих с.-х. машин, агрегатов для кормопроизводства: Межвузовский сб. ВИСХОМ. - Ростов-на-Дону. - 1982. - С. 98-104.*

15. *Тененбаум, М.М. Методика установления предельных состояний рабочих органов почвообрабатывающих машин. Общие положения / М.М. Тененбаум. - М.: ВИСХОМ, 1985. - 33 с.*

Bibliography

1. *Aksenov, P. I. Machine for soil / P. I. Feldman. – Moscow: Rosselkhozizdat, 1985. - 268 p*

2. *Polivaev, O. I., Testing of agricultural machinery and power plants: textbook / O. I. Polivaev, O. M. Kostikov. - SPb.: DOE, 2016. - 280 c.*

3. *Erokhin, M. N. The use of ceramic materials for hardening the working bodies of agricultural machines in conditions of abrasive wear / M. N. Erokhin, V. S. Novikov, A. A. Sobko et al. / / As the prospects for recovery, hardening and manufacturing details. - M.: UNITUBE «Remdetal». - 1999. - S. 167-168.*

4. *Litovchenko, N. N. Electrovibration hardening the working bodies of tillage machines, ceramic materials / N.N. Litovchenko, N. In. Titov, A. V., Kolomeychenko // Tractors and agricultural cars. - 2013. - No. 2. - S. 49-50.*

5. *Novikov, V. S. Hardening the working bodies of tillage machines: Monograph / V. S. Novikov. - M.: FGBOU VPO MGAU, 2013. - 112 p.*

6. *Ivanov V.P. Restoration and strengthening of machine parts: Reference book / V.P. Ivanov V.S. Ivashko, V.M. Konstantinov and others - M.: Science and technology, 2013. - 368 p*

7. *Bayko V.P. Autumn and presowing treatment of soil / V.P. Bayko. - Moscow: Rosselkhozizdat, 1966. - 388 p.*

8. *Lavrukhin V.A. Main and pre-sowing treatment of soil / V.A. Lavrukhin, I.S. Tereshchenko, N.In. Cherkashin. - Moscow: Rosselkhozizdat, 1975. - 320 p.*

9. *Titov N.In. The analysis of the promising methods of hardening of working bodies*

of soil-cultivating machinery / N.In. Titov, A. V., Kolomeychenko, V. V. Vinogradov // Machinery and equipment for the village. - 2013. - No. 10. - S. 33-36.

10. Mikhalchenkov, A.M. Wear of the Lancet paws seeder Morris restored by way of heat-strengthened «compensating elements» / A.M. Mikhalchenkov, S.A. Feskov // Tractors and agricultural cars. - 2013. - No. 12. - P. 50-52.

11. Methodical instructions to laboratory work «electrical discharge machining of surfaces of details of machines and tools» by P.V. Senin, FH burumkulov, Velichko S.A., Ions P.A. / tutorial – Saransk, Center of operative Polygraphy of GOU SPO «Saransk industrial economic College», 2011. – 29 S.

12. Tkachev V.N. Wear and increase durability of details of agricultural machinery / V.N. Tkachev. - M.: Mashinostroenie, 1971. - 264 p.

13. Golubev I.G. Restoration of the working bodies of agricultural machines / I.G. Golubev // Machinery and equipment for the village. - 1998. - No. 3. - p. 39-42.

14. Pokatilov K.E. the question of self-sharpening hoes with top surfacing hard alloy / K.E. Pokatilov // Design of the working bodies of cleaning soil cultivating agricultural machines, machines for fodder production: interuniversity collection of VISKHOM. - Rostov-on-don. - 1982. - p. 98-104.

15. Tenenbaum M.M. Methods for limit States of the working bodies of tillage machines. General provisions / M. Tenenbaum. - M.: VISKHOM, 1985. - 33 p.

УДК 621.793

КРЕМНИЕВЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ УГЛЕРОДИСТЫХ ОТЛОЖЕНИЙ, СВЯЗАННЫХ С ГОРЕНИЕМ ТОПЛИВА

П.А. Тополянский к.т.н., доцент
Телефон: +7-901-3200802, E-mail:info@plasmacentre.ru
С.А. Ермаков, к.т.н. доцент
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
А.П. Тополянский
ООО «Плазмацентр», Санкт-Петербург, Россия

SILICON COATINGS TO PREVENT FORMATION OF CARBON DEPOSITS RELATED TO FUEL COMBUSTION

Topolyanskiy P.A., PhD, E-mail:info@plasmacentre.ru
Ermakov S.A., PhD
Topolyanskiy A.P., MS.
Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University,
Plasmacentre Ltd., Saint Petersburg, Russia

Ключевые слова: *углеродистые отложения, нагар, плазменное силицирование, химико-термическая обработка, кремниевое покрытие, плазменное покрытие.*

Keywords: *carbon deposits, coke, plasma silicization, chemical-thermal treatment, silicon coating and plasma coating.*

Реферат. *Рассмотрены процессы нанесения кремниевых химически инертных покрытий с использованием химико-термической обработки (газового и плазменного силицирования) и химического осаждения покрытий из паровой фазы (CVD процесс). Представлены характеристики кремниевого покрытия SilcoKleanTM1000, созданного корпорациями Restek Co. и SilcoTek Co. (США), а также разработанного по программе импортозамещения многослойного нанопокрытия SilcoPateks из аморфного гидрогенизированного кремния с верхними слоями из оксикарбонитрида кремния, которые применяются для предотвращения образования углеродистых отложений (нагара, лака, шлама), связанных с горением топлива, с высокотемпературным и окислительным воздействием компонентов масла, для минимизации трибологических характеристик. Приведены примеры использования кремниевого покрытия SilcoPateks для повышения долговечности поршневых колец, а также золотниковых и плунжерных пар топливных систем сельскохозяйственной техники.*

Annotation. The processes of applying silicon chemically inert coatings with the use of chemical-thermal treatment (gas and plasma silicization) and chemical deposition of vapor-phase coatings (CVD process) have been considered. The characteristics of silicon coating SilcoKleanTM1000, created by corporations of Restek Co. and SilcoTek Co. (USA), as well as SilcoPateks multilayered

nanocoating of amorphous hydrogenated silicon developed with the program of import phase-out with the upper layers of silicon oxycarbonitride, which are used to prevent formation of carbon deposits (coke, lacquer, sludge) related to fuel combustion, with high-temperature and oxidative action of components oil, to minimize tribological characteristics, have been presented. Examples of using SilcoPateks silicon coating to improve durability of piston rings, as well as spool and plunger pairs of fuel systems of agricultural machinery have been presented.

По Российской терминологии процесс, связанный с нагревом и выдержкой металлических изделий при высокой температуре в химически активных средах, обеспечивающий диффузионное проникновение насыщаемого элемента и образование модифицированного поверхностного слоя с измененным химическим составом, структурой и физико-механическими свойствами, называется химико-термической обработкой (ХТО). За рубежом процессы ХТО в газовых средах относятся к химическому осаждению покрытий из газовой (паровой) фазы (chemical vapor deposition – CVD). При CVD процессах кроме осаждения покрытий, также как и при ХТО, происходит диффузионное проникновение отдельных элементов в подложку или диффузия элементов из подложки в покрытие.

К ХТО относится силицирование – процесс высокотемпературного насыщения поверхности кремнием при использовании кремнийсодержащих твердых, жидких или газообразных материалов. Основное назначение процессов силицирования – пассивация и защита от коррозии при воздействии агрессивных сред, повышение жаростойкости, износостойкости, нанесение функциональных покрытий на тугоплавкие металлы (молибден, вольфрам, ниобий, тантал, титан), повышение коррозионной стойкости в морской воде, азотной, серной и соляной кислотах. В большинстве случаев температура нагрева изделий в процессах газового силицирования составляет более 800°С, для её уменьшения используется плазменная активация, как применяемых кремнийсодержащих газов, так и подложки, например, в тлеющем разряде [1], высокочастотном разряде [2, 3], дуговом разряде при финишном плазменном упрочнении [4].

За рубежом для получения покрытий из кремния применяется CVD процесс, где в качестве газовой фазы используются соединения кремния с водородом – силаны. Начиная с 1987 года, нанесение кремниевых покрытий с использованием силанов и CVD процесса получило активное развитие в корпорации Restek Co. (США), которая разработала прозрачное диффузионное покрытие с повышенной адгезионной прочностью к подложке за счет проникновения кремния вглубь до 50 нм. Покрытие состоит из многослойного (до 10 слоев) гидрогенизированного аморфного кремния (a-Si:H), внешний слой которого функционализирован углеводородными соединениями, имеющими ковалентную связь с предшествующим слоем. Разработанное покрытие использовалось в компонентах космического челнока Discovery, на космической межпланетной станции Кассини-Гюйгенс при исследованиях планеты Сатурн, а в 2004 году признано журналом R&D одним из 100 наиболее значимых технологических продуктов года. Данное покрытие обеспечивает высокую химическую инертность поверхности и применялось корпорацией Restek, в том числе, для предотвращения образования углеродистых отложений (нагара, лака, шлама), связанных с горением

топлива, высокотемпературным и окислительным воздействием компонентов масла [5]. При использовании CVD процесса осаждение покрытий возможно на сложных поверхностях, в том числе с отверстиями малого диаметра, например, жиклеров. В 2009 году, разработанная корпорацией Restek технология нанесения кремнийсодержащих покрытий, была передана вновь организованной корпорации SilcoTek Co. (США) с целью более широкого использования данных покрытий в различных областях промышленности. Одним из наиболее перспективных покрытий, разработанных корпорацией SilcoTek, является покрытие SilcoKlean™1000 предназначенное для снижения закоксованности металлических поверхностей и образования различных отложений, ингибирующее каталитические реакции, защищающее от обрастания углеродистыми отложениями, антинагарное. Данное покрытие применяется для деталей двигателей и различной топливной аппаратуры с целью повышения их долговечности, тепловой эффективности, способности выдерживать повышенные температуры нагрева, снижения затрат на их техническое обслуживание. Нанесение покрытия SilcoKleanTM1000 на поверхности деталей двигателей и топливных систем уменьшает образование нагара в 8 раз, снижая прохождение каталитических реакций топлива и масла с образованием углеродистых отложений на металлических поверхностях по сравнению с нержавеющей сталью без покрытия [6]. Покрытие SilcoKlean™1000 не только предотвращает образование нагара, но и облегчает удаление других загрязнений (лака, шлама), которые образуются на нагретой поверхности. Например, удаление нагара с поверхности, имеющей покрытие SilcoKlean™1000, возможно с помощью ультразвуковой обработки в обычных растворителях, что значительно упрощает процедуру обслуживания и продления цикла эксплуатации деталей. При этом углеродистые отложения, образуемые на нержавеющей стали без покрытия, за счет повышенной адгезии, являются трудноудаляемыми с помощью ультразвуковой обработки. Покрытие SilcoKlean™1000 специально разработано для снижения закоксованности деталей типа форсунок для впрыска топлива, топливных и масляных линий, форсунок струйных двигателей, поршней, систем рециркуляции выхлопных газов, клапанов, турбинных валов, теплообменников. Покрытие SilcoKlean™1000 из гидрогенизированного аморфного кремния имеет повышенные пластические свойства, по толщине укладывается в допуски на геометрические размеры деталей, обеспечивает для уплотнительных фланцевых соединений герметичность при повышенных температурах [6].

В России процесс нанесения покрытий на основе кремния методом газового силицирования при использовании плазмы атмосферного давления получил название плазменное силицирование [7]. К методам плазменного силицирования относится, разработанный специалистами компании «Плазмацентр», способ нанесения покрытий на основе кремния [8], который получил активное развитие. В настоящее время по программе импортозамещения разработано многослойное покрытие SilcoPateks, состоящее из гидрогенизированного аморфного кремния с верхним многослойным покрытием из оксикарбонитрида кремния (a-Si:H-SiOCN), наносимое методом плазменного силицирования. Покрытие предназначено для защиты от высокотемпературной коррозии, предотвращения закоксованности поверхностей, уменьшения дегазации в условиях вакуума. При этом данное

покрытие обладает повышенной износостойкостью, эрозионностойкостью, кавитационностойкостью, абразивостойкостью, что обеспечивает эффективность его применения для резьбовых, уплотнительных соединений и трибологических узлов. Покрытие SilcoPateks имеет близкий состав с применяемым в мировой практике покрытием SilcoKlean™1000 корпорации SilcoTek и практически может его заменить.

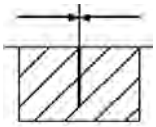
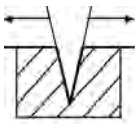
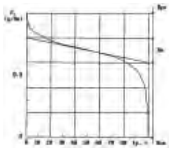
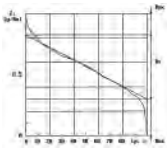
Для нанесения покрытия SilcoPateks используется химическое осаждение из паровой фазы с активацией плазмой дугового разряда (технология финишного плазменного упрочнения) [9, 10]. Покрытие SilcoPateks специально разработано для защиты от химически активных материалов (серы и серосодержащих соединений, ртути, аммиака, спиртов, ацетатов, гидридов, соляной, азотной, серной кислот и других веществ), которые способны изменять состав, адсорбироваться или взаимодействовать с поверхностным слоем. Также данное покрытие может использоваться для уменьшения образования различных углеродистых отложений (нагара, лака, шлама), связанных с горением топлива, высокотемпературным и окислительным воздействием компонентов масла.

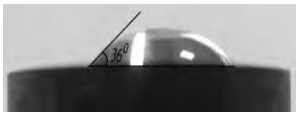
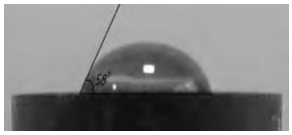
Одно из применений разработанного покрытия связано с повышением ресурса и надежности поршневых колец, которые относятся к деталям цилиндропоршневой группы и применяются в автомобильных, мотоциклетных, мотороллерных, мопедных двигателях, а также тракторных, комбайновых, тепловозных и судовых дизелях, компрессорах, дизельных молотах и других устройствах. Поршневые кольца (компрессионные и маслосъемные) определяют развиваемую мощность устройства, его пусковые свойства, удельный расход топлива и масла. Их износ, а также износ посадочных канавок под них в поршне вызывает усиленную утечку газов и, как следствие, повышение температуры поршня, стенок цилиндра, находящегося на них масла, сдувание с поверхностей цилиндра масляной пленки, повышенный расход масла, снижение компрессии, увеличенный расход топлива, шума и вибрации.

Концепция выбора материала покрытия и технологии его нанесения для упрочнения поршневых колец и канавок под них в поршне основывалась на использовании финишной операции (исключающей окончательную абразивную обработку), на минимизации приработочного износа, на формировании неметаллического покрытия толщиной до 3 мкм повышенной нанотвердостью и модулем упругости близким к модулю упругости подложки, обеспечивающим коэффициент трения (для пары трения покрытие-чугун в условиях граничной смазки) не более 0,03.

В соответствии с этой концепцией на радиальную и торцовые поверхности поршневых колец, а также поверхности канавок в поршне наносилось покрытие SilcoPateks. Данное покрытие является многослойным (до 250 слоев) с толщиной монослоя – 5-50 нм. Процесс нанесения покрытия основан на разложении паро́в жидких химических соединений, вводимых в плазму дугового разряда, и образовании атомарного и молекулярного потока частиц в плазмоструйном реакторе. После нанесения покрытия параметры шероховатости не изменяются, нагрев колец не превышает 150°С.

Результаты испытаний поршневых колец с кремниевым покрытием показывают увеличение моторесурса двигателей, снижение расхода моторного масла и топлива, уменьшение длительности приработки и снижение шума двигателей [11, 12].

Свойство поверхности	**После нанесения кремниевого покрытия**	**После электрохимического хромирования**
Морфология поверхности при одинаковой исходной шероховатости R_a=0,32 мкм (увеличение x5000)	Данная морфология поверхности уменьшает время приработки и обеспечивает более надежное уплотнение	Данная морфология поверхности увеличивает время приработки
Профилограмма поверхности	Параметры R_a,R_{max}, S_m уменьшаются, что характеризует снижение приработочного износа и улучшение теплоотвода	Параметры R_a, R_{max}, S_m увеличиваются, что характеризует повышение приработочного износа
Микротвердость (нанотвердость)	16-24 ГПа	8-10 ГПа
Коэффициент трения в условиях смазки	0,02-0,03	0,07
Модуль упругости	100-150 ГПа, характеризует повышенную адгезию покрытия к подложке за счет близости значений модулей упругости (у серого чугуна - 110 ГПа)	300 ГПа
Остаточные напряжения	 На поверхности формируются сжимающие напряжения, способствующие схлопыванию (залечиванию) микротрещин и микродефектов	 На поверхности формируются растягивающие напряжения, способствующие раскрытию микротрещин и микродефектов и их интенсивному выкрашиванию
Кривая опорной поверхности, характеризующая интенсивность удельных давлений на фактическую площадь контакта	 Кривая становится более пологой, что характеризует большую контактную поверхность в условиях трибосопряжения	 Кривая становится более крутой, что характеризует меньшую контактную поверхность в условиях трибосопряжения

Свойство поверхности	После нанесения кремниевого покрытия	После электрохимического хромирования
Угол смачивания, характеризует адгезию смазки к поверхности	 Низкий угол смачивания обеспечивает повышенную адгезию масла к покрытию и более равномерное распределение масляной пленки	 Высокий угол смачивания характеризует пониженную адгезию масла к покрытию
Износ за счет наводораживания поверхности, приводящий к повышенному охрупчиванию и снижению усталостной прочности	Не возможен в виду использования электрофизического процесса нанесения покрытия	Возможен
Износ за счет электрохимических процессов и возникновения местных гальванических пар, которые усиливают коррозию	Не возможен, в виду нанесения неэлектропроводного, диэлектрического покрытия	Возможен

Отдельные сравнительные характеристики поверхностей после нанесения кремниевого покрытия и электрохимического хромирования приведены в таблице.

Кремниевое покрытие SilcoPateks может также наноситься на золотниковые и плунжерные пары топливных агрегатов, применяемых для автоматического регулирования подачи топлива и масла в двигателях, для поддержания или изменения по заданной программе давления в топливных системах. Наиболее распространенной причиной заклинивания и выхода из строя данных деталей является фреттинг-коррозия и схватывание сопряженных металлических поверхностей, подверженных вибрации. С целью исключения схватывания и фреттинг-коррозии, образования наростов, задиров, глубинного вырывания материала, переноса его с одной поверхности трения на другую, наносилось химически инертное, температуроустойчивое, диэлектрическое и износостойкое покрытие на основе соединений кремния. Положительные испытания данного покрытия получены на деталях топливных насосов высокого давления модели 33-02 двигателя автомобиля КамАЗ 5320 [13], плунжерных пар топливных насосов высокого давления трактора МТЗ-80 [14].

Литература

1. Прокошкин Д.А., Арзамасов Б.Н., Рябченко Е.В. Силицирование в тлеющем разряде. В сб. Диффузионные покрытия на металлах. К.: Наукова Думка. 1965. – С. 38-44

2. Тополянский П.А. Нанесение износостойкого покрытия на инструментальные стали и сплавы с использованием высокочастотного индукционного плазмотрона. Металлообработка. 2003, №5 (17). – С. 27-33

3. Крушенко Г.Г., Фильков М.Н. Повышение срока службы чеканочного инструмента методом плазменного силицирования. Технология металлов. 2015. №3. – С. 40-42

4. Ермаков С.А., Соснин Н.А., Тополянский П.А. Опыт плазменного нанесения тонкопленочных кремнийуглеродосодержащих покрытий. В сб. Применение прогрессивных процессов газотермического напыления в промышленности. Методические рекомендации. Л., ЛДНТП. 1989. – С. 31-35

5. Altin O., Eser S. Carbon deposit formation from thermal stressing of petroleum fuels. Prepr. Pap.-Am. Chem. Soc., Div. Fuel Chem. 2004, 49(2). - pp. 764-766

6. https://www.silcotek.com/hs-fs/hub/22765/file-13441200-pdf/docs/silcoklean-anti-coking-coating.pdf

7. Крушенко Г.Г., Москвичев В.В., Буров А.В. Повышение износостойкости чеканочного инструмента плазменным силицированием. Технология машиностроения. 2004. №5. – С. 27-28

8. Тополянский П.А., Соснин Н.А., Ермаков С.А. Способ нанесения тонкопленочного покрытия на металлические изделия. Патент на изобретение № 2354743, C23C 8/38, заявл. 28.05.2007, опубл. 10.05.2009

9. Соснин Н.А., Ермаков С.А., Тополянский П.А. Плазменные технологии. Руководство для инженеров. Изд-во Политехнического ун-та. СПб.: 2013. 406 с.

10. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D1%88%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%B7%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5

11. Тополянский А.П., Мяконьков М.Б., Сабуров С.А. Исследование триботехнических свойств покрытий для поршневых колец, работающих в паре с чугунной втулкой. Ресурсосберегающие технологии ремонта, восстановления и упрочнения машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки от нано- до макроуровня. Материалы 11-й Международной научно-практической конференции 14-17 апреля 2009 г. Санкт-Петербург. Изд. СПбГПУ, 2009, Ч. 2. – С. 308-311

12. Мяконьков М.Б., Хмелевская В.Б. Сравнительные исследования способов нанесения покрытий на поршневые кольца для уменьшения их износа. Металлообработка. 2010. №3. – С. 36-40

13. Адигамов Н.Р., Тополянский П.А., Тополянский А.П., Шарифуллин С.Н., Михайлов В.А. Новые возможности безвакуумных плазменных технологий по увеличению ресурса работы топливных насосов высокого давления дизельных двигателей. Тр. ГОСНИТИ. – 2012, Т. 109, №2. – С. 25-29

14. Лебедев А.Т., Лебедев П.А. Повышение ресурса плунжерных пар ТНВД дизельных энергосредств. Наука в Центральной России, №3(9), 2014. - С.50-56

References

1. Prokoshkin D.A., Arzamasov B.N., Ryabchenko E.V. Silicization in a Glow Discharge. In the collection Diffusion Coatings on Metals. Kyiv: Naukova Dumka. 1965. - P. 38-44

2. Topolyanskiy P.A. Application of Wear-Resistant Coating on Tool Steels and Alloys Using High-Frequency Induction Plasmatron. Metal Working. 2003, No.5 (17). - P. 27-33

3. Krushenko G.G., Filkov M.N. Increasing Service Life of Stamping Tools by Method of Plasma Silicization. Technology of Metals. 2015. No.3. - P. 40-42

4. Ermakov S.A., Sosnin N.A., Topolyanskiy P.A. Experience of Plasma Application of Thin-Film Silicon-Carbon-Containing Coatings. In the collection Application of Progressive Processes of Gas-Thermal Spraying in Industry. Guidelines. Leningrad, LDNTP. 1989. - P. 31-35

5. Altin O., Eser S. Carbon deposit formation from thermal stressing of petroleum fuels. Prepr. Pap.-Am. Chem. Soc., Div. Fuel Chem. 2004, 49(2). - pp. 764-766

6. https://www.silcotek.com/hs-fs/hub/22765/file-13441200-pdf/docs/silcoklean-anti-coking-coating.pdf

7. Krushenko G.G., Moskvichev V.V., Burov A.V. Increasing Wear Resistance of Stamping Tool by Plasma Silicization. Technology of mechanical engineering. 2004. № 5. - P. 27-28

8. Topolyanskiy P.A., Sosnin N.A., Ermakov S.A. Method of Application of Thin-Film Coating on Metal Products. Patent for Invention No.2354743, C23C 8/38, application no. 28.05.2007, published on 10.05.2009

9. Sosnin N.A., Ermakov S.A., Topolyanskiy P.A. Plasma Technologies. Manual for Engineers. Publishing House of Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University: 2013. P. 406.

10. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D1%88%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%B7%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5

11. Topolyanskiy A.P., Myakonkov M.B., Saburov S.A. Investigation of Tribotechnical Properties of Coatings for Piston Rings Working in Pairs with Cast-Iron Bushing. Resource-Saving Technologies for Repair, Restoration and Hardening of Machines, Mechanisms, Equipment, Tools and Jigs from Nano- to Macrolevel. Materials of the 11th International Scientific and Practical Conference dated April 14-17, 2009, Saint Petersburg. Edition of SPbSPU, 2009, Part 2. - P. 308-311

12. Myakonkov M.B., Khmelevskaya V.B. Comparative Studies of Methods of Application of Coatings on Piston Rings to Reduce their Wear. Metalworking. 2010. No.3. - P. 36-40

13. Adigamov N.R., Topolyanskiy P.A., Topolyanskiy A.P., Sharifullin S.N., Mikhailov V.A. New Possibilities of Vacuum-Free Plasma Technologies to Increase Service Life of High-Pressure Fuel Pumps of Diesel Engines. Tr. GOSNITI. - 2012, v.109, No.2. - P.25-29

14. Lebedev A.T., Lebedev P.A. Increasing Service Life of Plunger Pairs of Fuel Pump of Diesel Energy. Science in Central Russia, No.3 (9), 2014. - P.50-56

УДК 621.791

СПОСОБ ВЫБОРА НАПЛАВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И РЕЖИМОВ НАПЛАВКИ ГЛАДКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ, РАБОТАЮЩИХ В АГРЕССИВНЫХ СРЕДАХ В УСЛОВИЯХ ЦИКЛИЧЕСКОГО ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ

Цирков П.А., старший преподаватель;
Вялков В.Г., доцент, к.т.н.;
Глазунов С.Н., доцент, к.т.н.;
Якушин Б.Ф., профессор, д.т.н.
(ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (Национальный исследовательский университет)», кафедра «Технологии обработки материалов», г. Москва, (499) 267-00-62, mt13welding@gmail.com)

Аннотация. *Настоящая работа посвящена описанию способа, который позволяет оперативно выбирать наплавочные материалы для изготовительной и восстановительной наплавки изделий из легированных сталей, работающих в агрессивных средах в условиях циклического термомеханического нагружения.*

Ключевые слова. *Образец-свидетель, агрессивная среда, циклическое нагружение, склонность к образованию технологических трещин, бездефектное изделие.*

Способ предназначен для ускоренного выбора наплавочных материалов и режимов наплавки, формирующих такую структуру наплавленного слоя, которая обеспечивает стойкость против образования наплавочных дефектов (технологических трещин, пор, зашлаковок) на этапе наплавки и эксплуатационных трещин при работе наплавленного изделия в условиях высоких температур, воздействия агрессивной среды и циклического термомеханического нагружения.

Сущность способа заключается в испытании образца-свидетеля, изготовленного в виде толстостенной трубы диаметром Ø100 мм и толщиной стенки 30 мм из материала, идентичного материалу наплавляемого изделия. Форма полого тела вращения позволяет в широких пределах регулировать скорость охлаждения наплавленного слоя в результате обдува образца воздухом. Для испытания прямолинейных и кольцевых наплавочных валиков используются отличающиеся по конструкции образцы-свидетели (рисунок 1,а и рисунок 2,а соответственно). Наплавка выполняется за два прохода с обеспечением перекрытия наплавляемых участков (рисунок 1,б и рисунок 2,б), что воспроизводит стандартную наплавку с получением сплошного наплавленного слоя. Режимы дуговой наплавки определяются исходя из соответствия основных параметров термического цикла (скорость охлаждения в интервале темпера-

тур 600-500 °С или время охлаждения в диапазоне температур 800-500 °С, время пребывания выше температуры интенсивного роста аустенитного зерна, примерно равной 900 °С) наплавляемого образца-свидетеля параметрам производственного термического цикла при изготовлении или восстановлении наплавкой реального изделия. После наплавки образец-свидетель подвергается визуальному и ультразвуковому контролю с целью выявления наплавочных дефектов (технологические трещины, поры, зашлаковки).

Далее проводятся испытания в условиях воздействия на наплавку циклического термомеханического нагружения и агрессивной среды, заключающиеся в периодическом нагреве наплавленного образца-свидетеля в печи до температуры 800°С, с последующим резким его охлаждением в 20% водно-соляном растворе (вода + NaCl) [1]. Вследствие того, что основной и наплавленный металл имеют разные коэффициенты теплового линейного расширения, повторяющиеся стадии нагрева и охлаждения образца в сочетании с затрудненной температурной деформацией наплавленного в пазы металла, воспроизводят условия циклического термомеханического нагружения изделия в процессе эксплуатации. Охлаждение в водно-соляном растворе имитирует работу изделия в условиях воздействия агрессивной среды. Через каждые десять циклов «нагрев-охлаждение» образец подвергается визуальному и ультразвуковому контролю для выявления наплавок с зародившимися эксплуатационными трещинами. С целью определения причин трещинообразования фиксируются также места зарождения трещин (наплавленный слой, зона сплавления, зона термического влияния, зона перекрытия валиков), что особенно важно при разработке технологических и металлургических мероприятий по предотвращению трещинообразования. Число циклов, приводящее к возникновению трещин, является для каждого варианта количественным показателем пригодности химического состава наплавочных материалов и режимов наплавки.

С целью ускорения процесса исследований и обеспечения гарантированного качества наплавки условия испытаний ужесточаются по сравнению с реальными условиями эксплуатации изделия. Для этого исследуемый материал наплавляется в пазы образца-свидетеля, стенки которых затрудняют температурные деформации наплавки вследствие различия теплофизических свойств наплавленного и основного металла, что приводит к повышению уровня внутренних напряжений. Это позволяет ужесточить условия испытаний не только на этапе наплавки, но и на этапе воспроизведения циклического термомеханического нагружения, связанного с периодическим нагревом и охлаждением испытываемого образца.

С целью повышения производительности способа и снижения материальных затрат, связанных с изготовлением образцов, каждый образец-свидетель имеет несколько пазов, что позволяет испытывать сразу ряд наплавок, выполненных различными материалами и/или отличающимися режимами процесса. Наличие нескольких пазов на одном образце позволяет также подобрать величину температуры предварительного подогрева изделия или отработать режимы многослойной наплавки, исключающие образование технологических трещин на этапе изготовления или восстановления изделия. Для этого нет необходимости в нагреве образца в печи, т.к. подогрев основного металла (воспроизведение условий предварительного подогрева) или наплавки (имитация теплового режима многослойной наплавки) обе-

спечивается вследствие теплопроводности при последовательной наплавке рядом расположенных пазов, а степень нагрева регулируется временем между их наплавками.

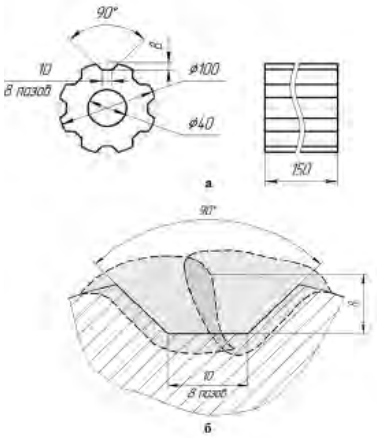


Рисунок 1 – Схема разделки кромок образца-свидетеля при наплавке прямолинейных валиков (а) и схема наплавки валиков в два прохода с перекрытием (б).

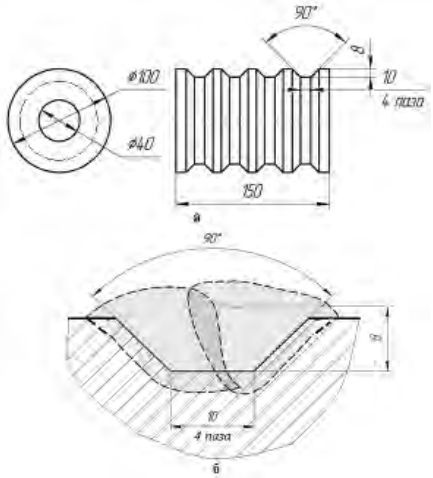


Рисунок 2 – Схема разделки кромок образца-свидетеля при наплавке кольцевых валиков (а) и схема наплавки валиков в два прохода с перекрытием (б)

Для оценки работоспособности способа проводились испытания образца-свидетеля, имитирующего ролики системы вторичного охлаждения установки непрерывной разливки стали (УНРС), обеспечивающие охлаждение заготовки в результате впрыскивания между роликами охлаждающей воды. При контакте с горячим металлом водяной пар частично диссоциирует, образуя водород и кислород, а также выделяет другие примесные элементы, входящие в состав речной воды (Cl, S и др.), что создает агрессивную среду. Кроме того, в результате контакта ролика с горячей заготовкой в процессе ее обжатия, поддержания и протягивания, ролик нагревается до температур T_{max}≈750 °С и подвергается циклическому термомеханическому нагружению. Образец изготавливался с кольцевыми пазами из стали марки 24ХМ1Ф. Наплавка в кольцевые пазы выполнялась под флюсом АН-20С стандартной проволокой Св-12Х13 и в смеси защитных газов ($Ar+CO_2$)

проволокой СВ-12Х15Г2, применяющимися для наплавки роликов в условиях производства. Наряду с этим, проводились сбор и обработка данных о работоспособности в масштабе реального времени наплавленных этими материалами роликов, работающих в составе УНРС. В результате проведенных исследований была подтверждена работоспособность разработанного способа вследствие совпадения ресурса наплавленных различными материалами роликов УНРС и количества циклов до разрушения аналогичных наплавок при испытании образца-свидетеля.

Выводы

1. Разработанный способ позволяет оперативно оценить пригодность наплавочных материалов и режимов наплавки применительно к какой-то конкретной марке основного материала и фиксированных условий работы изделия.

2. Способ позволяет разрабатывать новые наплавочные материалы и отрабатывать режимы наплавки, обеспечивающие получение бездефектного изделия, отвечающего необходимым эксплуатационным требованиям, в случае изменения химического состава наплавляемого изделия и/или режимов его эксплуатации.

3. Предлагаемый способ позволяет устанавливать причины трещинообразования при наплавке с целью назначения технологических и металлургических мероприятий, направленных на их устранение.

Литература

1. Стеклов О.И. Прочность сварных конструкций в агрессивных средах. М.: Машиностроение, 1976. – 200 с., ил.

METHOD OF SELECTION OF SURFACING MATERIALS AND MODES OF WELDING SMOOTH SURFACES OF PRODUCTS FROM ALLOY STEELS WORKING IN AGGRESSIVE MEDIA UNDER CYCLIC THERMOMECHANICAL LOADING

P.A. Tsirkov, Senior lecturer;
V.G. Vjalkov, Senior lecturer, Cand.Tech.Sci.;
S.N. Glazunov, Senior lecturer, Cand.Tech.Sci.;
B.F. Jakushin, Professor, Doc.Tech.Sci.
(department «Materials processing technologies» BMSTU, Moscow,
phone (499) 267-00-62, mt13welding@gmail.com)

Abstract. This work is devoted to description of the method, which allows you to quickly choose surfacing materials about field manufacturing and restoration surfacing of products from alloy steels working in aggressive media under cyclic thermomechanical loading.

Keywords. Specimen, corrosive environment, cyclic loading, the tendency to the formation of technological cracks, defect-free product.

Literature

1. O.I. Steklov, the Strength of welded structures in aggressive environments. M.: Mashinostroenie, 1976. – 200 p., Il.

УДК 631.3

ПЕРСПЕКТИВЫ СОТРУДНИЧЕСТВА С РЕСПУБЛИКОЙ УЗБЕКИСТАН В ОБЛАСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗНОШЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

М.Н. Фархшатов, д.т.н., профессор
кафедры «Технология металлов и ремонта машин»
8(347)241-64-13, e-mail: farhshatov.mn.bsau@gmail.com
Башкирский государственный аграрный университет, г.Уфа, РФ
Муйдинов А.Ш., докторант, ассистент кафедры
«Эксплуатация сельскохозяйственных машин и технический сервис»
8(374)373-13-63, e-mail: al-beruniy2005@mail.ru
Мадазимов М.Т., докторант, ассистент кафедры
«Сельскохозяйственные машины»
e-mail: 4305003@mail.ru
Андижанский сельскохозяйственный институт, г. Андижан,
Респ. Узбекистан

Аннотация. *В статье рассматриваются причины аварийного выхода из строя лемехов плуга из-за их быстрого изнашивания в условиях эксплуатации в Андижанской области Республики Узбекистан. Замечено, что преждевременный износ лемехов наблюдается из-за необоснованного выбора материала для изготовления и видов упрочняющих технологий в дальнейшем. Приведены результаты исследований по изучению механических свойств материалов, выбранных для изготовления лемехов.*

Ключевые слова. *Почвообрабатывающие машины, износ лемехов, твердость металлов.*

Введение. В сельскохозяйственном производстве эксплуатируются большое количество машин и механизмов, где рабочими органами являются детали плоской формы. К таким деталям относятся: рабочие органы почвообрабатывающих машин, режущего аппарата уборочных и перерабатывающих машин и т.д.

В процессе эксплуатации плоские поверхности рабочих органов, подвергаются различными нагрузками, в частности многие детали работают в постоянном контакте с агрессивной средой отличающейся наличием высокого абразивного износа.

Метод исследования. Один из актуальных проблем для сельскохозяйственного производства Республики Узбекистан является низкий ресурс рабочих органов почвообрабатывающих машин в частности лемеха, отвалы и полевые доски плугов. Учитывая особенности почвы (каменисто-песчаный) Республики Узбекистан наработка, на отказ лемехов составляет всего 5…10 га. К примеру этот показатель в России имеет для лемехов до 20 га, а полевых досок до 60 га соответственно. [1] На рисунке 1 показан характер износа лемехов, эксплуатирующие на плугах в Республике Узбекистан. Учитывая, что в Республике Узбекистан сегодня обрабатывается около

Таблица 1. Информация о почвообрабатывающих сельскохозяйственных машин, эксплуатирующих в Андижанской области Республики Узбекистан.

№ п/п	Классификация машин	Марка	Страна производитель поставщики	Кол-во (ед.)
1	2	3	4	5
Сеялка для посева семян хлопчатника				**466**
2	Сеялка	СХУ-4	Узбекистан	55
3	Сеялка	СХМХ-4	Узбекистан	2
4	Сеялка	СТХ-4	Узбекистан	49
5	Сеялка	СЧХ-4	Узбекистан	318
6	Сеялка пропашная	CASE-1200	США	12
7	Сеялка	Daichi t-pnm-5	Турция	17
8	Сеялка	СТВ-2	Узбекистан	13
Сеялка для посева под пленки				**598**
9	Сеялка под плёнку	Андижан-2М	Узбекистан	196
10	Сеялка под плёнку	Андижан-3А	Узбекистан	47
11	Сеялка под плёнку	Андижан-2	Узбекистан	355
Сеялка для посева зерна				**38**
12	Сеялка	СЗ-3,6	Украина	22
13	Сеялка	СЗУ-3,6	Украина	13
14	Сеялка	СЗТ-3,6	Украина	3
Культиваторы				**1631**
15	Культиватор	КХУ-4	Узбекистан	988
16	Культиватор	КРХ-4	Узбекистан	460
17	Культиватор	КРХ-3,6	Узбекистан	179
18	Культиватор	КРТ-4	Россия	4
Чизель-культиваторы				**169**
19	Чизель	ЧКУ-4А	Узбекистан	68
20	Чизель	Иные		101
Плуг				**516**
21	Плуг	ПЯ-3-35	Узбекистан	118
22	Плуг	ПН-2-35	Узбекистан	28
23	Плуг	ПН-3-35	Узбекистан	141
24	Плуг	ПН-4-35	Узбекистан	89
25	Плуг	Lemken	Германия	6
26	Плуг	Другие марки		134
Автогрейдеры				**226**

3,5 млн. га пашни, а на рынке один лемех в зависимости от производителя стоит от 20000 до 65000 сумов (145…465 рублей), их упрочнение является актуальной задачей.

Экспериментальная часть. Анализ сельскохозяйственных почвообрабатывающих машин, эксплуатирующих на полях Андижанской области Республики Узбекистан (таблица 1) показал, что они очень разнообразные, так по числу производителей, марок и по количеству.

Результаты и их обсуждение. Большое разнообразие машин затрудняет

№ п/п	Марка плуга	Страна производитель поставщики	Лемеха (изношенные)
1	Kverneland ES80	Норвегия	
2	ПЛН-3-35	Россия	
3	Lemken EurOpal 6 X	Германия	
4	ПН-3-30	Узбекистан	

Рисунок 1. Характер износа лемехов

своевременно и качественно обеспечивать их запасными частями со стороны государства, а также контролировать качество поступающих запасных частей от множества поставщиков. Так, например, из рисунка 2 видно, поставленные товаропроизводителю лемеха имеют различные конструкцию и размеры, и их твёрдость.

№ п/п	Страна производитель поставщик	Внешний вид лемехов	Твёрдость материала, HRC
1	Узбекистан		11 12 15 12
2	Россия		13
3	Норвегия		41
4	Германия		48

Рисунок 2. Внешний вид и твердость материала лемехов различных поставщиков.

Учитывая, что твердость материала в первую очередь зависит от химического состава из которого изготавливается изделие и соответствующий

термической обработки.

Заводы-изготовители или поставщики в частности лемехов, не предоставляют заказчикам материалы, из которого они изготовлены. Спектральным анализом, был определен большой разброс химического состава материалов лемеха (таблица 2).

Таблица 2. Химический состав материала лемехов согласно спектральному анализу

№ п/п	Страна поставщик	твердость материала HRC	Химический состав материала, %									Примерная марка материала (стали)
			C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	
1	Узбекистан	18	0,55	0,19	0,71	0,039	0,031	0,04	0,01	0,08	0,13	55
2		13	0,33	0,56	0,30	0,034	0,042	0,32	0,01	0,10	0,19	33хС
3		15	0,18	0,18	0,47	0,019	0,004	0,09	0,01	0,10	0,19	Ст3сп
4		12	0,19	0,51	1,31	0,021	0,023	0,06	0	0,07	0,11	20ГС
5		11	0,43	0,32	0,86	0,024	0,027	0,05	0.004	0,06	0,12	45Г
6	Россия	13	0,55	0,30	0,65	0,019	0,029	0,07	0,01	0,09	0,12	55
7	Норвегия	41	0,45	0,16	1,15	0,024	0,002	0,33	0,003	0,04	0,02	45Г
8	Германия	48	0,75	0,03	0,73	0,017	0,003	0,28	0,003	0,03	0,02	75 высоко-качественная

Химический состав материалов свидетельствует, что некоторые из них не пригодны для изготовления лемехов (стали 33ХС, Ст3сп, 20ГС). По данным авторов [1,2] для изготовления лемехов рекомендуется стали 45, Л65, 65Г. Низкая твердость лемехов, изготовленных из стали 55, 45Г: подтверждает, что они поставляются без термической обработки. Авторы [2] отмечают этот показатель должен быть не менее 50 HRC.

Выводы. Учитывая вышеизложенное, для повышения срока службы лемехов в условиях Республики Узбекистан необходимо:

- организовать входной контроль для проверки соответствия техническим требованиям, поступающих лемехов на рынок.
- предложить заводом изготовителем сотрудничать по совершенствованию технологии изготовления рабочих органов почвообрабатывающих машин в частности по подбору материала для изготовления и видов упрочнения их.

Литература

1. *Новиков В.С. Обеспечение долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин; автореферат диссертации доктора технических наук: 05.02.09 / В.С. Новиков; [место защиты: Москва. гос. Агроинженерный ун-т им. В.П. Горячкина]. М., 2008 – 38-10.*
2. *Серов Н.Н. Технологические аспекты повышения работоспособности плугов [Текст] / Н.В. Серов, А.В. Серов, П.И. Бурак // международный научный журнал, – 2015. – №4, – С. 81 – 89.*

PROSPECTS OF COOPERATION WITH UZBEKISTAN IN THE FIELD RESTORATION OF WORN PARTS OF AGRICULTURAL MACHINERY

Doctor of technical Sciences M. N. Farkhshatov.
Bashkir state agrarian University, Ufa, Russia
The PhD students Moydinov A. Sh., Madazimov M. T.
Andijan agricultural Institute, Andijan, Uzbekistan

Annotation. *The article is discusses the causes of catastrophic failure of the ploughshares because of their rapid deterioration under operating conditions in the Andijan region of Uzbekistan. Observed that premature wear of ploughshares is due to unreasonable selection of material for fabrication and the types of hardening technologies in the future. The results of studies on the mechanical properties of the materials selected for the manufacture of ploughshares.*

Keywords. *Cultivating machine, the wear of ploughshares, the hardness of metals.*

References:

1. Novikov V.S., the durability of the working bodies of tillage machines; abstract of dissertation of doctor of technical Sciences: 05.02.09 / V. S. Novikov; [a protection place: Mosk. state Agroengineering University name. V. P. Goryachkin]. M., 2008 – 38-10.

2. Serov N.N., Technological aspects of improving the health of ploughs [Text] / N. In. Serov, A.V. Serov, P. I. Burak// international scientific journal – 2015. – №4, - pp. 81-89.

УДК 620.1.052.1

ОЦЕНКА ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

П.В. Сенин, д.техн. наук,
проректор по научной работе, профессор
Тел.: (8342) 23-32-60. E-mail: vice-rector-innov@adm.mrsu.ru
П.А. Ионов, канд. техн. наук,
профессор кафедры технического сервиса машин, доцент,
Тел.: (8342) 25-44-39. E-mail: resurs-ime@yandex.ru
В.В. Кузнецов, канд. техн. наук,
доцент кафедры механизации переработки сельскохозяйственной продукции
Тел.: (8342) 27-06-83. E-mail: vvkgroup@mail.ru
А.В. Столяров, канд. техн. наук, доцент кафедры
E-mail: cabto@mail.ru
А.М. Земсков, канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры
E-mail: ZAM503@mail.ru
П.П. Лезин, д-р техн. наук, профессор кафедры технического сервиса машин
Тел.: (8342) 25-44-39. E-mail: unpc-ime@yandex.ru
(ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», г. Саранск)

Публикация подготовлена при финансовой поддержке Минобрнауки России (госзадание, направление: развитие компетенций, проект № 11.3416.2017/4.6) «Разработка технологий и средств повышения долговечности деталей, узлов, агрегатов машин и оборудования путем создания наноструктурированных покрытий источниками концентрированной энергии».

Аннотация. *В статье изложены основные принципы и подходы модернизации испытательной машины трения 2070 СМТ-1.*

Ключевые слова: *триботехнические свойства, износостойкость, момент трения, коэффициент трения, испытания, трибометр, машина трения.*

Цель исследования. В прогнозе научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года, подготовленном Минобрнауки, одним из приоритетных направлений развития науки является создание новых материалов [1]. Это связано с тем, что в современном мире к конструкционным материалам предъявляются все более жесткие требования по прочности, износостойкости, коррозионной стойкости, а создание новой конструкции или модернизация существующих образцов техники невозможны без проведения целого ряда конструкторских расчетов и испытаний.

В последнее время конструкторам стали доступны десятки специализированных систем компьютерного инженерного анализа. Ярким примером являются системы типа ANSYS и Solid Works. Однако, во многих случаях, конструкторских расчетов недостаточно для достоверной оценки экс-

плуатационных свойств конструкционных материалов, поэтому требуется проведение натурных экспериментальных исследований. Особый интерес представляют методы оценки триботехнических свойств конструкционных материалов (коэффициента трения, интенсивности изнашивания, допустимых величин нагрузок, скоростей и температур). Проведение данных исследований дает четкое понимание о долговечности изделия в условиях приближенных к эксплуатационным и позволит подтвердить справедливость инженерных расчетов, а при необходимости и скорректировать их результаты.

Методика. В настоящее время для проведения триботехнических испытаний используется два типа оборудования: трибометры и машины трения. Трибометры позволяют исследовать свойства материалов или покрытий при поверхностном трении и скольжении индентора об образец. К достоинствам трибометров следует отнести возможность оценки триботехнических свойств единичного образца, автоматизацию процесса испытаний, использование электронных систем слежения и контроля. В отличие от трибометров машины трения позволяют проводить триботехнические испытания подвижных соединений из конструкционных материалов, образующих в изделии пары трения. Данный подход позволяет имитировать условия трения приближенные к эксплуатационным и дает четкое понимание об износостойкости подвижного соединения.

Проведенный анализ показал, что наибольшее распространение в отечественных организациях, занимающихся триботехническими испытаниями получили машины трения производства ОАО «ТОЧПРИБОР» г. Иваново [2]. Ярким представителем является испытательная машина трения 2070 СМТ-1. Она показала высокую эффективность и надежность при проведении длительных испытаний, однако система контроля и управления, построенная на базе самописцев и аналоговых средств автоматизации, морально устарела и не позволяет эффективно решать современные задачи. Зачастую получаемые в ходе испытаний результаты даже для одинаковых условий трения и материалов образцов существенно отличаются, что затрудняет их оценку.

В настоящей статье изложены основные принципы и подходы модернизации испытательной машины трения 2070 СМТ-1. Многолетний опыт эксплуатации показывает, что её потенциал далеко не исчерпан и при незначительных затратах на восстановление и модернизацию возможно обеспечить автоматизацию исследуемых процессов с использованием электронных систем слежения и контроля.

Общий вид модернизированной машины трения СМТ-1М ИМЭ, представлен на рисунке 1. Она состоит из двух основных блоков: блока трения (БТ) 1 и пульта управления (ПУ) 2, соединенных силовым кабелем 4 и кабелем данных 3.

Блок трения подвергается минимальной модернизации и требует, главным образом, проведения ремонта механической части машины трения (подшипниковых узлов, кинематических передач, испытательных камер). Модернизация блока трения заключалась в замене электродвигателя и датчика момента, а также установки датчика температуры и элементов системы контроля безопасности испытаний.

Основная модернизация заключалась в разработке новой автоматизиро-

ванной системы управления (АСУ) и контроля процесса испытаний на основе применения современной микропроцессорной техники и языков высокоуровневого программирования. Элементы АСУ расположены в пульте управления 2, а управление процессом испытаний осуществляется с помощью специализированного программного обеспечения «ТРИБОТЕХНИКА» на сенсорном экране управления 5. На структурной схеме рисунка 2 представлены логические связи системы АСУ с элементами модернизированной машины трения.

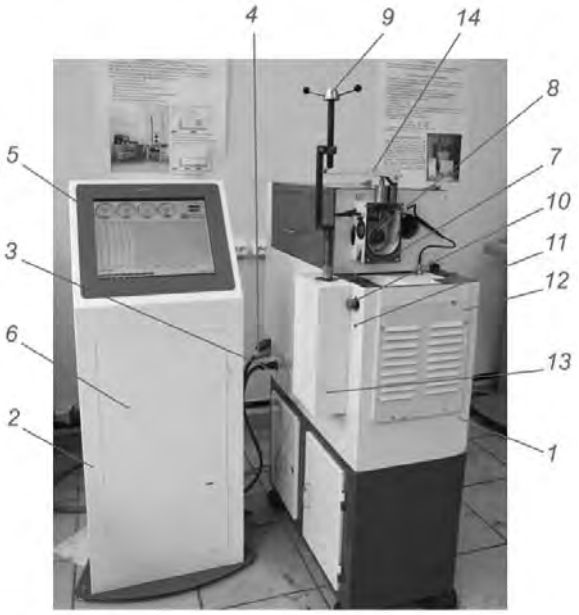


Рисунок 1 – Общий вид модернизированной машины трения:
1 – блок трения; 2 – пульт управления; 3 – кабель данных; 4 – силовой кабель; 5 – сенсорный экран управления; 6 – дверца; 7 – испытательная камера; 8 – образец пары трения; 9 – винт радиального нагружения; 10 – кнопка экстренного остановки двигателя; 11 – кнопка подсветки испытательной камеры; 12 – люк; 13 – датчик усилия; 14 – коромысло

Автоматизированная система управления (АСУ) обеспечивает:

– автоматическое регулирование (стабилизацию) частоты вращения ролика пары трения в соответствии с заданной установкой;

– автоматическое измерение момента трения, коэффициента трения, температуры и радиальной нагрузки в зоне контакта пары трения;

– автоматическую регистрацию экспериментальных данных посредством записи в файл данных;

– возможность внелабораторного анализа полученных данных, с помощью специального программного обеспечения;

– автоматический контроль безопасности в процессе испытаний.

В состав электропривода машины трения входит: асинхронный электродвигатель (3.0 кВт, 1410 об/мин, 20 Н·м, IP54), система регулирования (стабилизации) частоты вращения ролика пары трения и входной фильтр, предназначенный для снижения уровня высокочастотных электромагнитных помех, излучаемых частотным приводом. Система регулирования (стабилизации) частоты вращения ролика пары трения относится к системам с об-

ратной связью. Она построена на базе инкрементального энкодера (смонтированного на валу асинхронного электродвигателя), контроллера энкодера собственной разработки и частотного преобразователя (инвертора) (рис. 2).

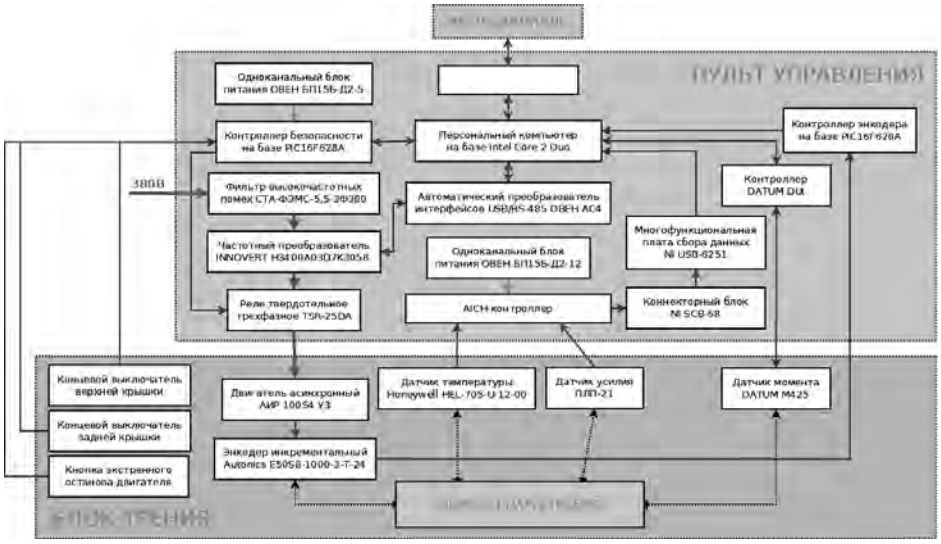


Рисунок 2 – Структурная схема модернизированной машины трения

Передача сигналов АСУ осуществляется через аналоговые и цифровые каналы данных. Сигналы от аналоговых датчиков нормализуются AICH-контроллером и поступают в ПУ, где в соответствии с тарировочными функциями преобразуются в действительные значения контролируемого параметра. Для тарирования и калибровки аналоговых датчиков в полуавтоматическом режиме разработан универсальный программный модуль.

Система автоматического измерения температуры в зоне контакта пары трения построена на платиновом преобразователе сопротивления с точностью – ± 0.3 °С или 0.6 % от текущего значения температуры (рис. 2).

Система автоматического измерения радиальной нагрузки построена на базе датчика усилия 13 (рис. 1), входящего в комплект испытательной машины 2070 СМТ-1. Основным элементом данного датчика является винтовая пружина, соединенная с прецизионным потенциометром ПЛП-21 (рис. 2). Нагружение пары трения осуществляется вручную с помощью винта 9 (рис. 1).

Система автоматического измерения момента трения разработана на основе цифрового датчика крутящего момента Datum M425 (± 20 Н·м, 60 имп./об, – 10 до + 70 ˚С, IP54, IEC61000-4, IEC60945) 4 (рис. 3) [3]. Точное измерение момента трения основано на размещении тензорезисторов с АЦП-блоком непосредственно на вращающемся валу и использовании бесконтактной системы передачи цифровых сигналов с ротора на статор.

Для обеспечения безопасности в процессе проведения испытаний разработана система контроля. Ее основным элементом является контроллер безопасности, обеспечивающий остановку электродвигателя при открытии защитных крышек блока трения или нажатии на кнопку экстренной остановки 10 (рис. 1), а также потере связи с блоком управления 2 вследствие нарушения работоспособности его аппаратной части, программы управле-

ния или операционной системы MS Windows.

В целях предотвращения пожара и защиты дорогостоящего оборудования от перегрузок в алгоритм управления АСУ добавлена функция, позволяющая пользователю в настройках программы задавать предельно допускаемое значение момента трения. Если в процессе испытаний текущее значение момента трения превысит предельно допускаемое значение, АСУ автоматически отключит электродвигатель.

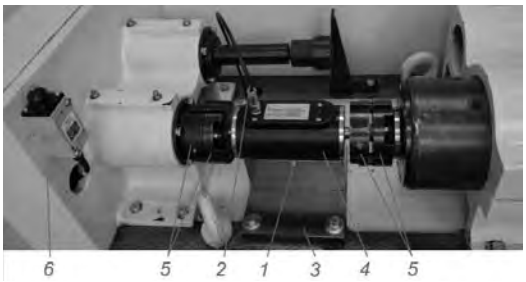


Рисунок 3 – Общий вид датчика момента: 1 – хомут; кабель данных; 3 – кронштейн; 4 – датчик момента Datum M425; 5 – полумуфты; 6 – концевой выключатель верхней крышки.

Программное обеспечение (ПО) для управления и контроля процессом испытаний на машине трения установлено на компьютере на базе процессора Intel, расположенном в пульте управления. ПО состоит из основной программы «ТРИБОТЕХНИКА», программ внелабораторного анализа полученных данных «*Viewer*» и настройки портов передачи данных «*Ports*». ПО разработано в среде NI LabVIEW 2011 (Коммерческая лицензия на программные продукты National Instruments LabVIEW Professional Development System 11.0.1, LabVIEW Application Builder 11.0.1 ФГБОУВО «МГУ им. Н.П. Огарева») на графическом языке программирования G и имеет модульную структуру. На программу «ТРИБОТЕХНИКА» получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2015660612.

На лицевой панели главного окна программы «ТРИБОТЕХНИКА» (рис. 4) размещены динамически обновляемые элементы контроля и управления процессом испытаний образцов пар трения: индикаторы часового типа 1, позволяющие быстро оценить контролируемые параметры (радиальная нагрузка, момент трения, коэффициент трения, частота вращения ролика); график функций 2, отображающий историю изменения переменных процесса; цифровые поля 4, позволяющие точно определить значения переменных процесса; световые индикаторы 3, отображающие диагностическую информацию; кнопки управления 5.

Назначение кнопок управления:

- «СТАРТ-СТОП» – запуск и остановка процесса испытаний;
- «ЗАПИСЬ» – автоматическая регистрация экспериментальных данных посредством записи в файл;
- «АНАЛИЗ» – анализ полученных данных, с помощью специального программного обеспечения;
- «ПОМОЩЬ» – запуск руководства пользователя;
- «НАСТРОЙКА» – настройка ПО и тарировка датчиков;
- «ВЫХОД» – выход из ПО.

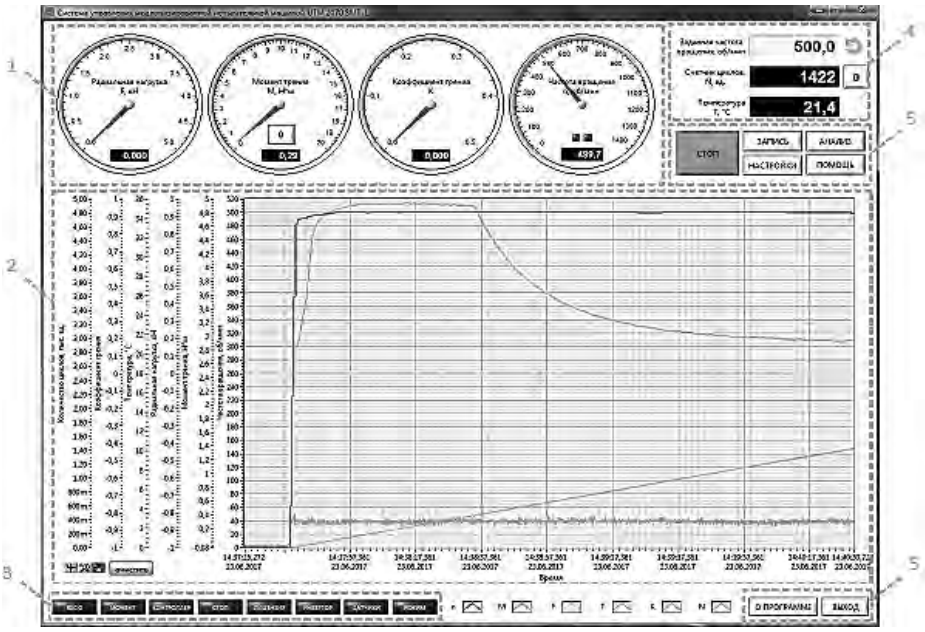


Рисунок 4 – Лицевая панель основного окна программы «ТРИБОТЕХНИКА»

Для упрощения процесса тарировки датчиков разработан универсальный модуль тарировки аналоговых датчиков (температуры, радиальной нагрузки) и соответствующая методика. Датчик момента Datum M425 откалиброван на заводе-изготовителе и не требует проведения тарировки. Рекомендуется периодически осуществлять проверку точности его измерения по контрольным значениям, задаваемым грузами в соответствии с основными положениями методики тарировки датчика момента испытательной машины 2070 СМТ-1 [4]. В случае необходимости тарировку (калибровку) датчика момента DatumM425 можно выполнить с помощью поставляемого в комплекте с ним программного обеспечения Datum DUICfg [5]. Поверка оттарированных датчиков показала погрешность измерения не более 1%, что удовлетворяет требованиям ГОСТ 23.224-86. Данный стандарт устанавливает общие положения методов оценки износостойкости восстановленных деталей подвижных сопряжений, с использованием в качестве нагрузки оптимального ее значения для выбранной пары материалов.

Результаты и обсуждение. Для оценки эффективности модернизированной машины трения проведены триботехнические испытания ресурсолимитирующего соединения «латунный – стальной распределители» объемного гидропривода ГСТ-112 упрочненного методом ЭИО. Испытания проводили по типу «ролик-колодка» в соответствии с требованиями ГОСТ 23.224–86 и РД 10.003–2009. Сущность экспресс–испытаний по методу группы «А» заключались в определении соотношения интенсивностей изнашивания «эталонного» и упрочненного ЭИО соединения (пары трения), при различных нагрузках: 1 – оптимальных, при которых коэффициенты трения для пары были минимальными; 2 – расчетных нагрузках, полученных моделированием с использованием системы *ANSYS* [6].

На рисунке 5 представлено окно программы внелабораторного анализа данных «*Viewer*», на котором отображены полученные зависимости момен-

та и коэффициента трения от нагрузки в парах при частоте вращения «ролика» равной 380 об/мин, что соответствует скорости скольжения 0,8 м/с для выбранного типа кинематической пары.

По результатам прирабатываемости для исследуемых пар трения определили: максимальную предзадирную нагрузку $P_{м.п.}$, при которой наблюдался резкий рост температуры, момента и коэффициента трения, а также минимальный коэффициент трения f_{min} и соответствующая ему оптимальная нагрузка $P_{оп}$ (рис. 6).

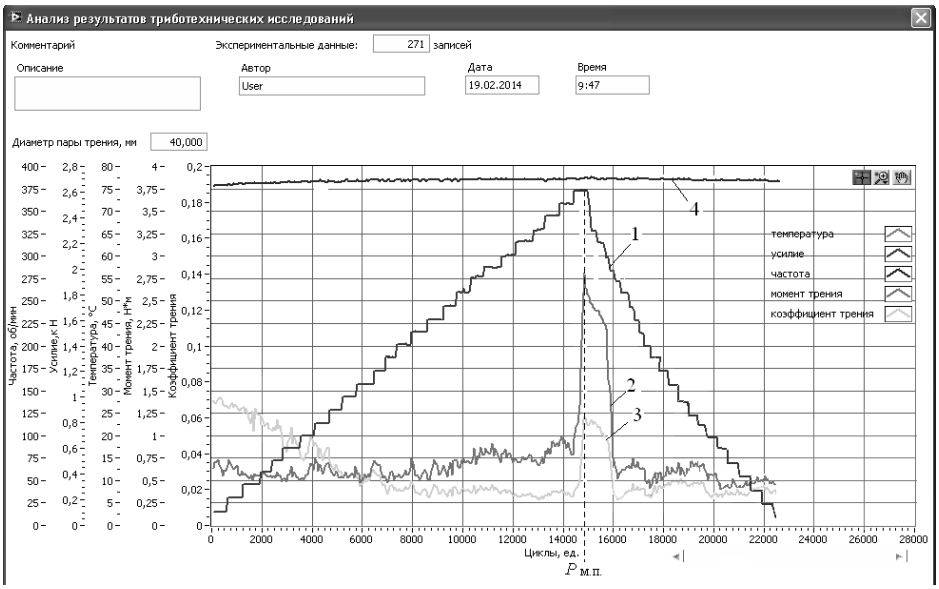
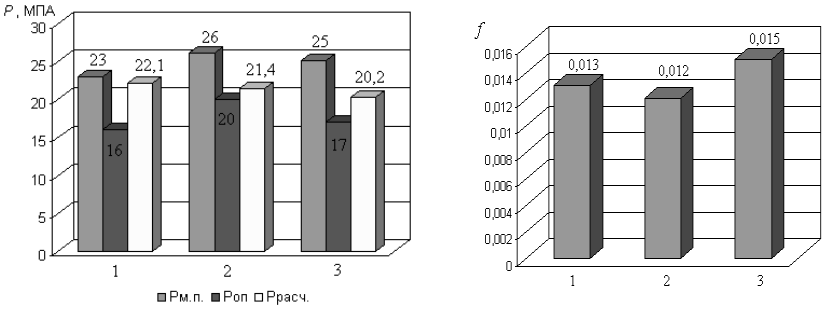


Рисунок 5 – Результаты прирабатываемости пары трения в соединении «латунный – стальной распределители» упрочненной латунью ЛМцСКА-58-2-2-1-1, где: 1 – радиальная нагрузка (кН), 2 – момент трения (Н·м) и 3 – коэффициент трения, 4 – частота вращения нижнего образца «ролика» (об/мин).



а) *б)*

Рисунок 6 – Результаты триботехнических испытаний пары трения «латунный – стальной распределители»: а) средние значения предзадирных, оптимальных и расчетных нагрузок в «эталонных», упрочненных и восстановленных методом ЭИО парах трения; б) значения минимальных коэффициентов трения «эталонных», упрочненных и восстановленных методом ЭИО; 1 – «эталонная» пара сталь Х12Ф1 – латунь ЛМцСКА-58-2; 2 – сталь Х12Ф1 – латунь ЛМцСКА-58-2+ЭИУ(латунь); 3 – сталь Х12Ф1 – латунь ЛМцСКА-58-2+ЭИУ(Мо).

Результаты триботехнических испытаний:

- максимальная несущая способность «эталонной» пары – 23 МПа, что в 1,13 и 1,09 раза меньше по сравнению с парами, упрочненными латунью – 26 МПа и молибденом – 25 МПа, соответственно. Для всех сочетаний материалов детали и электрода максимальная несущая способность упрочненных и восстановленных соединений в 1,1-1,3 раза выше максимальной длительно действующей эксплуатационной нагрузки, полученной расчетным путем с использованием системы *ANSYS*.

- минимальный коэффициент трения для пары, упрочненной латунью – 0,012 в 1,08 раза меньше по сравнению с «эталонной» – 0,013, для пары, упрочненной молибденом – 0,015 в 1,15 раза больше по сравнению с «эталонной».

- сравнительная оценка интенсивности изнашивания пары трения по фактору износа при оптимальных и расчетных значениях нагрузок показала, что при расчетной нагрузке суммарная интенсивность изнашивания упрочненных пар меньше, чем у эталонных. Фактор износа упрочненной пары в 1,52 раза меньше, чем у эталонной;

- расхождение экспериментальных данных по 5-ти повторностям составило не более 5%.

Полученные результаты триботехнических испытаний коррелируют с данными других исследователей и использовались нами при разработке технологии ремонта объемных гидроприводов ГСТ-112 [7].

Таким образом, модернизация испытательной машины 2070 СМТ-1 позволила существенно повысить точность и достоверность оценки триботехнических свойств конструкционных материалов, а опыт последующей эксплуатации новой машины трения показал высокую эффективность предложенных инженерных решений.

Литература

1. Официальный сайт Правительства РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://government.ru/news/9800.

2. ОАО «ТОЧПРИБОР». Машины трения (для испытания на трение и износ) [Электронный ресурс].– Режим доступа: http://tochpribor-nw.ru/production/friction-testing/

3. Датчики и системы измерения крутящего момента. Датчики крутящего момента серии M425 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.datum-electronics.ru/m420-rotary-torque-sensors.aspx.htm.

4. Машина для испытания материалов на трение и износ 2070 СМТ-1. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Гб 2.779.013 ТО, 1980.

5. Техническое описание системы измерения крутящего момента на базе датчика FF420. Руководство пользователя. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.sensor-systems.ru/userfiles/files/FF420_50kNm.pdf.

6. Ионов П. А. Триботехнические испытания ресурсолимитирующего соединения объемного гидропривода ГСТ-112 / П.А. Ионов, А.В. Столяров, А.М. Земсков // Труды ГОСНИТИ. – 2015. – Т.120. – С.180-185.

7. Новая технология ремонта регулируемых аксиально-поршневых гидромашин / П.В. Сенин, П.А. Ионов, А.В. Столяров [и др.] // Сельский механизатор. – 2016. – №9. – С.30-33.

EVALUATION OF TRIBOTECHNICAL PROPERTIES OF CONSTRUCTION MATERIALS

P. V. Senin, Dr. Sci. (Engineering), professor
P. A. Ionov, candidate of technical sciences,
V. V. Kuznetsov, candidate of technical sciences,
A. V. Stolyarov, candidate of technical sciences,
A. M Zemskov, candidate of technical sciences,
P. P. Lezin, Dr. Sci. (Engineering), professor
Ogarev Mordovia State University (Saransk, Russia)

The article describes the main principles and approaches for the modernization of the friction test machine 2070 SMT-1.

Keywords: *tribotechnical properties, wear resistance, frictional moment, coefficient of friction, tests, tribometer, friction machine.*

REFERENCES

1. Official website of the Government of the Russian Federation [Electronic resource]. – Access mode: http://government.ru/news/9800.

2. OJSC TOCHPRIBOR. Friction machines (for testing friction and wear) [Electronic resource]. – Access mode: http://tochpribor-nw.ru/production/friction-testing/.

3. Sensors and systems for measuring torque. Torque sensors of the M425 series [Electronic resource]. – Access mode: http://www.datum-electronics.ru/m420-rotary-torque-sensors.aspx.htm.

4. Machine for testing materials for friction and wear 2070 CMT-1. Technical description and instruction manual. Gb 2.779.013 THAT, 1980.

5. Technical description of the torque measuring system based on the FF420 sensor. User guide. [Electronic resource]. – Access mode: http://www.sensor-systems.ru/userfiles/files/FF420_50kNm.pdf.

6. Ionov P.A. Tribotechnical tests of the resourcelimiting compound of the volumetric hydraulic drive GST-112 / P.A. Ionov, A.V. Stolyarov, A.M. Zemskov // Trudy GOSNITI. – 2015. – T. 120. – P. 180–185.

7. New technology for repair of adjustable axial-piston hydraulic machines / P.V. Senin, P.A. Ionov, A.V. Stolyarov [et. al.] // Rural mechanic. – 2016. – № 9. – P. 30–33.

УДК 631.331

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСА ВЫСЕВАЮЩЕГО КОМПЛЕКТА ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ПРОПАШНОЙ СЕЯЛКИ

Лебедев А.Т. д.т.н., профессор,
e-mail: lebedev.1962@mail.ru, тел.: 8-961-498-64-23,
Марьин Н.А. к.т.н., ст. преподаватель
e-mail: t707oa@rambler.ru, тел.: 8-962-401-57-89,
Захарин А.В. к.т.н., доцент,
e-mail: anton-zaharin@mail.ru, тел.: 8-962-429-42-14,
Лебедев П.А. к.т.н., доцент,
e-mail: zoya_lebedeva@mail.ru, тел.:8-928-318-80-00,
Павлюк Р.В. к.т.н., доцент,
e-mail: roman_pavlyuk_v@mail.ru, тел.:8-918-757-94-56,
Марьин А.Н. к.с-х.н., доцент
e-mail:managrorus@mail.ru, тел.: 8-962-446-61-17.
ФГБОУ ВО «Ставропольский Государственный Аграрный Университет»,
г. Ставрополь

Аннотация: *В статье приводятся результаты исследования распределения износа дозирующего диска пневматической пропашной сеялки. Излагается основное направление продления срока службы пары трения высевающего комплекта. Дается анализ многофакторного эксперимента по определению скорости изнашивания материалов уплотнительной прокладки и дозирующего диска в зависимости от изменения абразива, давления и количества твердой смазки.*

Ключевые слова: *износ, наработка, высевающий комплект, комплексный подход, затраты.*

Цель исследования. На российском рынке модели пневматических пропашных сеялок представлены в различном конструктивном исполнении практически всеми крупными мировыми компаниями. Преимущественное распространение имеют 8 и 12 рядные пневматические вакуумные пропашные сеялки с высевающим аппаратом снабженным высевающим диском. Данная конструкция высевающего аппарата обеспечивает точный захват семенного материала дозирующим диском с удалением лишних семян и равномерной подачи в семяпровод. С помощью таких высевающих аппаратов производят точный посев сахарной свеклы, кукурузы, подсолнечника и других пропашных культур [1].

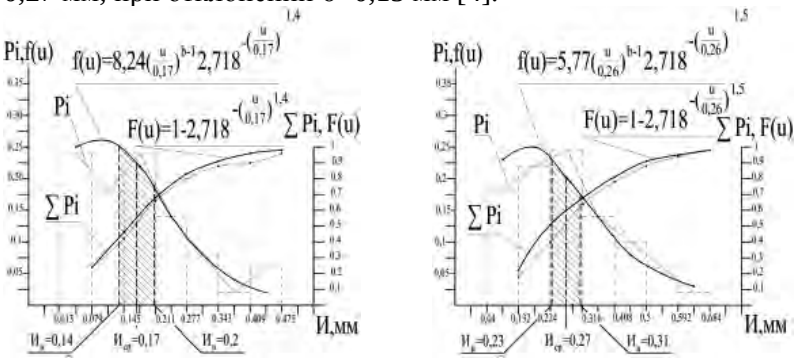
При посеве семенного материала сеялка работает в условиях абразивного износа где происходит постоянное увеличение величины износа контактируемых рабочих поверхностей трибосопряжения «диск-прокладка» [2, 3].

В зоне контакта с дозирующим диском вдоль окружности взаимодействуют два продолговатых паза уплотнительной прокладки которые создают ограничивающий объем, который необходим для стабилизации пульсаций

вакуума в системе и обеспечения равномерности подачи семенного материала.

Метод исследования. Для проведения исследований связанных с контролем и определением износа дозирующего диска с продолговатыми пазами уплотнительной прокладки был произведен микрометраж. В ходе микрометража было обнаружено что износ диска происходит на радиусе 88 и 103 мм и составляет 0,26 и 0,45 мм соответственно, при этом на максимальном радиусе взаимодействия износ больше в 1,7 раза.

При исследовании дозирующего диска было установлено что в 1 зоне среднее значение износа составит 0,17 мм, что в ходит в значение доверительного интервала 0,14…0,20 мм а среднее квадратическое отклонение находится в пределах σ=0,11, в зоне 2 среднее значение износа составляет 0,27 мм, при отклонении σ=0,15 мм [4].



а) *б)*

Рисунок 1 – Экспериментальное и теоретическое распределение износа диска в месте контакта: а) – нижнего выступа; б) – верхнего выступа

Интенсивность износа высевающего комплекта будет зависеть от шероховатости дозирующего диска и уплотнительной прокладки, наличия абразивных частиц, скорости относительного перемещения контактирующих деталей, материала из которого они изготовлены в общем виде это можно представить как:

$$U_{ИЗН}=f(R_A, M_{ВК}, C_A, V, K_{тр}) \quad (1)$$

где R_A – шероховатость дозирующего диска и уплотнительной прокладки; МВК – материал, из которого изготовлены уплотнительные прокладки и дозирующие диски; C_A – концентрация абразивных частиц, %; V – скорость перемещения дозирующего диска относительно уплотнительной прокладки, м/с; $K_{ТР}$ – коэффициент трения.

Для продления срока службы пары трения высевающего комплекта предлагается использовать антифрикционный материал в условиях твердого трения для достижения эффекта самосмазывания. Этот эффект заключается в том, что при контакте с уплотнительной прокладкой дополненной точками твердой антифрикционной смазки, сопрягаемые поверхности покроются тонким слоем графита, в результате чего произойдет заполнение микронеровностей и поверхности станут более гладкими. На данное техническое решение получен патент на изобретение №2485749 [5, 6].

Среди факторов влияющих на интенсивность изнашивания пары трения

выделены оказывающие наибольшее влияние: режимы смазки $К_{СМ}$, давление в зоне контакта поверхностей Р и концентрация абразива $С_А$.

Рабочее давление в высевающей секции при работе пневматической пропашной сеялки находится в интервале от 3,2 до 4,8 КПа.

Концентрацию абразивных частиц выбрали в интервале от 5 до 15% на основании изучения литературных источников [2].

Для проведения многофакторного эксперимента по определению скорости изнашивания использовалась машина трения МТУ-01 ТУ 4271-001-29034600-2004 (рисунок 2)

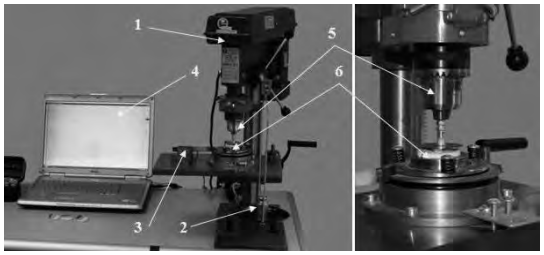
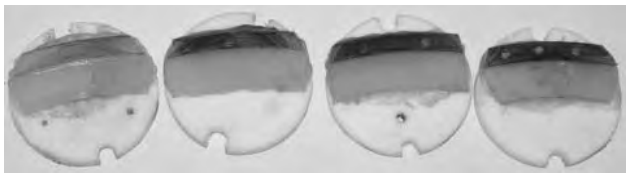


Рисунок 2 – Общий вид универсальной машины трения модели МТУ-01
1 – привод вращения, 2 – чаша для нагрузок, 3 – тензодатчик, 4 – ноутбук, 5 – врашатель, 6 – держатель

Для выполнения экспериментальных исследований на машине трения были изготовлены образцы «дозирующий диск» и «уплотнительная прокладка» (рисунок 3). Перед началом испытаний образцы притирались друг к другу, затем подвергались мойке и сушке, после чего взвешивались. Метод испытаний основан на взаимном перемещении прижатых друг к другу с заданным усилием испытываемых образцов. При этом используется принцип трения торца цилиндрического образца диска о плоскую сторону уплотнительного материала [7].

а



б

Рисунок 3 – Образцы «дозирующий диск» (а) «уплотнительная прокладка» (б)

Эксперимент проводили таким образом, чтобы во всех сравниваемых вариантах путь трения был одинаков, что обеспечивалось снятием характеристики за 1000 циклов. Для обеспечения точности измерений его проводили в 3-х кратной повторности. Контроль износа осуществлялся весовым методом по ГОСТ 27860-88 электронными прецизионными весами серии ALC-1100d2 [8].

Количество вводимой в зону контакта пары трения «диск прокладка» твердой антифрикционной смазки выбиралось в процентном отношении к площади поверхности уплотнительной прокладки. экспериментальные исследования показали что в обычных условиях эксплуатации скорость изнашивания составляет 2,4 мг/ч. При внедрении 1% скорость изнашивания снижается на 6% и составляет 2,26 мг/ч, если добавить 5% составит 1,87 мг/ч. Оптимальное соотношение вводимого твердого антифрикционного материала находится в пределах 9-11% при этом количестве наблюдается стабилизация скорости изнашивания на уровне 1,61 мг/ч и с каждым добавленным процентом происходит незначительное изменение на 0,02 мг/ч. (рисунок 4).

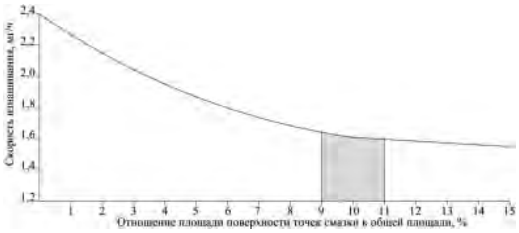


Рисунок 4 – Экспериментальная зависимость скорости изнашивания от площади внедренного антифрикционного материала

Результаты и обсуждения. После обработки экспериментальных данных проведенного эксперимента по плану Бокса-Бенкина были получены зависимости скорости изнашивания уплотнительной прокладки и дозирующего диска от абразива, давления и количества твердой смазки [8]:

$$U_{УП}=0,9732-0,09664C_М+0,006648C_А+0,06525P+0,0142C_МP-0,003716C_МC_А \quad (2)$$

$$U_{ДД}=0,0728+0,00004C_М+0,01225P+0,00548C_А-0,0004C_МC_А \quad (3)$$

Наивысшая скорость изнашивания уплотнительной прокладки $U_{УП}$=1,9512 мг/ч, наблюдается при давлении P=3,2 кПа без смазочного материала, при этом с внедрением 10% твердого смазочного материала и увеличением давления до P=4,8 кПа скорость изнашивания будет снижаться до значений $U_{УП}$ = 0,9632 мг/ч. (рисунок 5 а).

Аналогичная зависимость наблюдалась и у дозирующего диска так при давлении P=3,2 кПа без применения смазочного материала скорость изнашивания составила $U_{ДД}$=0,1864 мг/ч., но с увеличением давления до P=4,8 кПа и применением 10% твердого смазочного материала скорость изнашивания снизилась до значений $U_{ДД}$ = 0,1272 мг/ч (рисунок 5 б).

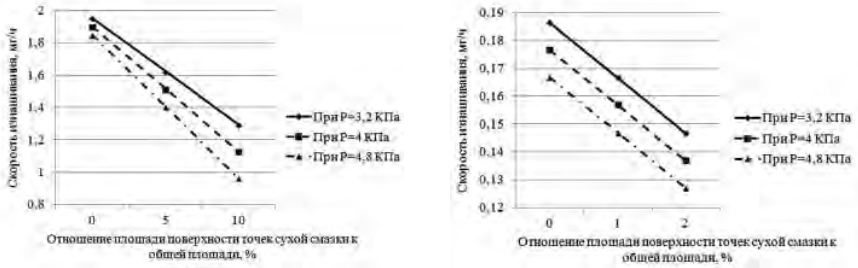


Рисунок 5 – Зависимость скорости изнашивания материала уплотнительной прокладки (а) и дозирующего диска (б) от давления P и количества твердой смазки $C_М$ при Ca=10%

Отношение серийной пары трения к паре трения с применением твердой антифрикционной смазки, представляет наибольшую информативность и выражается через показатель относительной износостойкости:

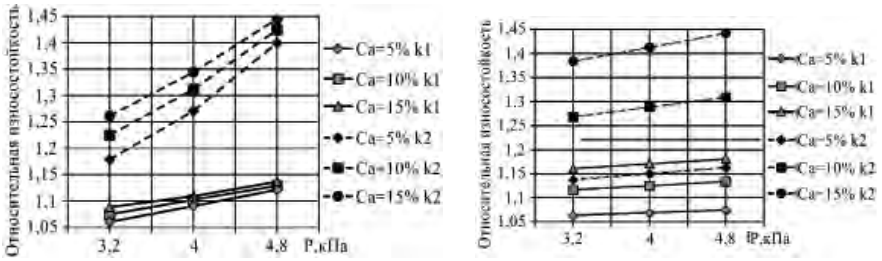
$$K_1 = \frac{U_0}{U_1} \quad (4)$$

$$K_2 = \frac{U_0}{U_2} \quad (5)$$

где K_1– показатель относительной износостойкости серийной пары трения к паре трения с добавлением 5 % твердой смазки;

K_2 – показатель относительной износостойкости серийной пары трения к паре трения с добавлением 10 % твердой смазки (рисунок 6).

Интервал варьирования относительная износостойкость материалов пары трения «диск – прокладка» с добавлением 10 % площади смазочного материала (k2) находится в пределах от 1,2 до 1,6 раза в сравнении с парой трения с 5 % (k1).



а) *б)*

Рисунок 6. – Зависимость относительной износостойкости материала уплотнительной прокладки (а) и дозирующего диска (б) без смазки, к этой же паре трения с 5% и 10% твердой смазки

Выводы. Проведенные исследования показали, что наличие в зоне контакта пары трения «диск-прокладка» площади смазочного материала в размере 10% от всей площади контакта позволит повысить износостойкость диска на 40%, а уплотнительной прокладки на 90%, и увеличить относительную износостойкость от 1,2 до 1,6 раза, в зависимости от режимов работы. Поэтому предлагается насыщать выступы уплотнительной прокладки твердой антифрикционной смазкой в виде графита[9].

Литература

1. Исходные требования на базовые машинные технологические операции в растениеводстве. – М.: Росинформагротех, 2005

2. Клюшин П.В, Новиков А.А., Марьин А.Н. Черноземы Северного Кавказа и их краткая характеристика // Эволюция и деградация почвенного покрова Материалы III Международной научно-практической конференции. 2007. С. 36-38.

3. Марьин Н.А. Влияние износа высевающих комплектов на качество работы пропашных сеялок в зависимости от их наработки / Н.А. Марьин, Р.В. Павлюк, А.С. Шумский // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т.29. №9. С. 72-76.

4. Лебедев А.Т. Исследование неравномерности износа дозирующих дисков высевающих аппаратов пропашных сеялок / А.Т. Лебедев, Н. А. Марьин, А.В. Каа // Вестник АПК Ставрополья. 2011. №4. С.38-42.

5. Пат. 2485749 Российская Федерация, МПК51 A01C 7/04. Уплотнительная прокладка для пневматического высевающего аппарата [Текст] / Лебедев А.Т.,

Марьин Н.А., Каа А.В. [и др] ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет». – №2012101155/13 ; заявл. 11.01.2012 ; опубл. 27.06.13. Бюл. №18.

6. Лебедев А.Т. Повышение долговечности пары трения «диск-прокладка» высевающих аппаратов пропашных сеялок / А. Т. Лебедев, Н. А. Марьин, А. Н. Марьин // Наука в центральной России. 2014. №3 (9). С. 41-47.

7. Марьин Н.А. Повышение ресурса дозирующих дисков пневматических пропашных сеялок :дис. ... канд. техн. наук / Марьин Н.А. – Мичуринск-Наукоград РФ, 2015. – 142 с.

8. Марьин Н.А. Повышение ресурса дозирующих дисков пневматических пропашных сеялок :автореф. дис. ... канд. техн. наук / Марьин Н.А. ; - Мичуринск-Наукоград РФ, 2015.-19 с.

9. Lebedev A.T. TECHNO-ECONOMIC MODEL OF COMPARATIVE ASSESSMENT OF EFFICIENCY OF RESOURCE INCREASE OF FRICTION PAIR «DISK-GASKET» OF PNEUMATIC SEEDING MACHINE / A.T. Lebedev, N.V. Valuev, N.A. Mar'in, R.V. Pavlyuk, A.N. Mar'in // ВестникАПКСтавропольяя №S2 – 2016 – С. 127-132.

INVESTIGATION OF THE WEAR OF THE SOWING SET OF THE PNEUMATIC SEED DRILL

Lebedev A.T. Doctor of Technical Sciences, Professor,
Maryin N.A. Ph.D., art. teacher,
Zakharin A.V. candidate of technical sciences, associate professor,
Lebedev PA candidate of technical sciences, associate professor,
Pavlyuk R.V. candidate of technical sciences, associate professor,
Maryin A.N. Ph.D., Associate Professor
Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Stavropol State Agrarian University»,
Stavropol, Russian Federation
e-mail: lebedev.1962@mail.ru, tel .: 8-961-498-64-23,
e-mail: t707oa@rambler.ru, tel .: 8-962-401-57-89,
e-mail: anton-zaharin@mail.ru, tel .: 8-962-429-42-14,
e-mail: zoya_lebedeva@mail.ru, phone: 8-928-318-80-00,
e-mail: roman_pavlyuk_v@mail.ru, phone: 8-918-757-94-56,
e-mail: managrorus@mail.ru, tel .: 8-962-446-61-17.

Abstract: *The article presents the results of a study of the wear distribution of a pneumatic seeder drill. The main direction of extending the service life of the friction pair of the sowing set is set forth. The analysis of the multifactorial experiment on determining the wear rate of the materials of the gasket and the metering disk is given, depending on the change in the abrasive, the pressure and the amount of solid lubricant.*

Keywords: *wear, operating time, sowing kit, integrated approach, costs.*

Spisok literatury

1. Iskhodnyye trebovaniya na bazovyye mashinnyye tekhnologicheskiye operatsii v rasteniyevodstve. – M.: Rosinformagrotekh, 2005.

2. Klyushin P.V, Novikov A.A., Mar'in A.N. Chernozemy Severnogo Kavkaza i ikh kratkaya kharakteristika // Evolyutsiya i degradatsiya pochvennogo pokrova Materialy III Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2007. p. 36-38.

3. Mar'in N.A. Vliyaniye iznosa vysevayushchikh komplektov na kachestvo raboty pro-pashnykh seyalok v zavisimosti ot ikh narabotki / N.A. Mar'in, R.V. Pavlyuk, A.S. Shumskiy // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2015. T.29. №9. p. 72-76.

4. Lebedev A.T. Issledovaniye neravnomernosti iznosa doziruyushchikh diskov vysevayushchikh apparatov propashnykh seyalok / A.T. Lebedev, N.A. Mar'in, A.V. Kaa // Vestnik APK Stavropol'ya. 2011. №4. p.38–42.

5. Pat. 2485749 Rossiyskaya Federatsiya, MPK51 A01S 7/04. Uplotnitel'naya prokladka dlya pnevmaticheskogo vysevayushchego apparata [Tekst] / Lebedev A.T., Mar'in N.A., Kaa A.V. [i dr] ; zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VPO «Stavropol'skiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet». – № 2012101155/13 ; zayavl. 11.01.2012 ; opubl. 27.06.13. Byul. № 18.

6. Lebedev A. T. Povysheniye dolgovechnosti pary treniya «disk-prokladka» vysevayushchikh apparatov propashnykh seyalok / A. T. Lebedev, N. A. Mar'in, A. N. Mar'in // Nauka v tsentral'noy Rossii. 2014. № 3 (9). p. 41-47.

7. Mar'in N.A. Povysheniye resursa doziruyushchikh diskov pnevmaticheskikh propashnykh seyalok :dis. ... kand. tekhn. nauk / Mar'in N. A. - Michurinsk-Naukograd RF, 2015. - 142 p.

8. Mar'in N.A. Povysheniye resursa doziruyushchikh diskov pnevmaticheskikh propashnykh seyalok :avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk / Mar'in N. A. ; - Michurinsk-Naukograd RF, 2015. - 19 s.

9. Lebedev A. T. TECHNO-ECONOMIC MODEL OF COMPARATIVE ASSESSMENT OF EFFICIENCY OF RESOURCE INCREASE OF FRICTION PAIR «DISK-GASKET» OF PNEUMATIC SEEDING MACHINE / A. T. Lebedev, N. V. Valuev, N.A. Mar'in, R.V. Pavlyuk, A.N. Mar'in // Vestnik APK Stavropol'ya №S2 - 2016 - p. 127-132.

УДК 621.664:669.715

СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ ПОЛУЧЕННЫХ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ АЭРОЗОЛЬНОГО ФЛЮСОВАНИЯ

В.Н. Логачев, доцент, к.т.н.,
(ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина». г. Орел,
Телефон: (4862) 43-19-79. E-mail: logvovan@mail.ru)

Аннотация. *В статье представлены результаты данных по износам шатунных шеек коленчатых валов двигателей Briggs&Stratton модели 115400. Описаны методики по определению микротвердости и проведению стендовых испытаний. Представлены результаты исследований влияния содержания компонентов флюса на микротвердость и изнашивания покрытий, полученных электродуговой металлизацией (ЭМ) с применением аэрозольного флюсования (АФ), сформированных на стали 45Г2 ГОСТ 4543-71.*

Ключевые слова: *электродуговая металлизация, аэрозольное флюсование, флюс, микротвердость, износ.*

Введение. Для получения данных по износам шатунных шеек коленчатых валов двигателей Briggs&Stratton модели 115400 были произведены замеры изношенных деталей. Измерению подвергали выборку деталей в количестве 50 штук. Выбор плоскостей измерений проводили согласно ГОСТ 18509-88. Для измерения износов использовали микрометр МКЦ-50-0,001 ГОСТ 6507-90 с ценой деления 0,001 мм. Результаты замеров коленчатого вала показали, что износ шатунной шейки достигает 0,35 мм на сторону. При износе шатунных шеек коленчатого вала свыше 0,12 мм, что составляет около 84% от общего числа изношенных деталей подвергшихся выборке, их можно восстанавливать [1].

Наиболее распространенным и доступным способом восстановления является ЭМ, но проволоки обеспечивающие высокие физико-механические показатели напыляемых покрытий (50ХФА, 40Х13, ПП-ПН-100Х15, ПП-ТП-1) имеют высокую стоимость, поэтому предлагается использовать сварочную проволоку Св08Г2С (с твердостью получаемых покрытий 300 HV) с последующим легированием при ЭМ за счет компонентов флюса [2…7].

Методы исследований. Формирование покрытий осуществляли на сверхзвуковом электродуговом металлизаторе ЭДМ-9ШД с гидродиспергатором. Микротвердость является одной из важнейших характеристик, определяющих физико-механические и триботехнические свойства покрытий. Микротвердость сформированных покрытий, измеряли на приборе ПМТ-3М-01 согласно ГОСТ 9450-76 (рисунок 1). Исследования проводили на поперечных шлифах образцов, по толщине сформированных ЭМ-покрытий (рисунок 2). Микротвердость определяли вдавливанием алмазной пирамиды перпендикулярно в исследуемую поверхность покрытия. Нагрузка на алмазный наконечник в форме четырехгранной пирамиды с углом при

вершине 136º±20´ составляла 1,96 Н. Измерение отпечатков производили с помощью видеоустройства, подключенного к персональному компьютеру, посредством специализированного программного обеспечения, со статистической обработкой и возможностью автоматического анализа изображения в соответствии со стандартами измерения твердости.

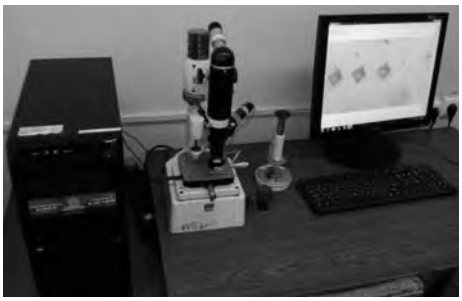


Рисунок 1 – Общий вид прибора для измерения микротвердости ПМТ-3М-01

Рисунок 2 – Образец для исследований микротвердости ЭМ-покрытий

Для проведения стендовых испытаний применяли специальное приспособление (рисунок 3), на которое устанавливали и закрепляли двигатель. Для испытаний были подобраны две группы двигателей Briggs&Stratton модели 115400, по 5 в каждой группе. Первую группу составили двигатели Briggs&Stratton с серийными коленчатыми валами. Вторую группу составили двигатели Briggs&Stratton с коленчатыми валами, восстановленными ЭМ с применением АФ. Испытания проводились в течение 200 мото-ч. без подачи нагрузки на двигатель, по завершению испытаний коленчатые валы (материал – сталь 45Г2 ГОСТ 4543-71) и шатуны (материал – алюминиевый сплав АК9М2 ГОСТ 1583-93) снимали с двигателей и измеряли их износ.

Рисунок 3 – Приспособление для стендовых испытаний двигателя Briggs&Stratton модели 115400

Экспериментальные исследования и их результаты. Из исследований проеденных ранее в ФГБНУ ГОСНИТИ было установлено, что наиболее рационально использовать флюс из компонентов Na_2CO_3, Na_3AlF_6, $Na_2B_4O_7$, а также установлены границы варьирования содержания компонентов флюса в водном растворе. Для проведения исследований на микротвер-

дость использовали флюс следующего состава: дистиллированная вода, кальцинированная сода CNa_2CO_3=14…70 г/л, тетратбурат натрия (бура) $CNa_2B_4O_7$=4…20 г/л, криолит CNa_3AlF_6=6 г/л [8…12].

Изменение микротвердости в зависимости от содержания Na2CO3 в водном растворе представлено на рисунке 4.

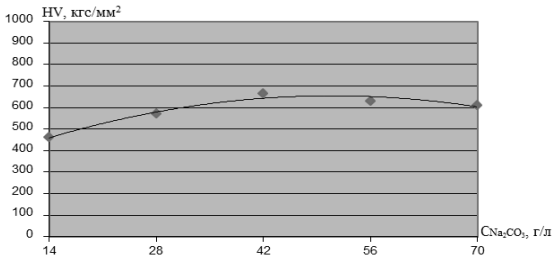


Рисунок 4 – Зависимость микротвердости ЭМ-покрытий, полученных с применением АФ, от содержания Na_2CO_3 в водном растворе: ЭМ-покрытие Св-08Г2С + АФ (CNa_2CO_3=14…70 г/л, CNa_3AlF_6=6 г/л, $CNa_2B_4O_7$=16 г/л)

В результате воздействия на водный раствор с кальцинированной содой высокой температуры электрической дуги при ЭМ с аэрозольным флюсованием происходит термическая диссоциация с выделением активных элементов с CO и последующий процесс карботермии, то есть раскисления железа, используемый в металлургии.

Из графика (рисунок 4) видно, что наибольшая твердость (667 HV) достигается при содержании CNa_2CO_3=42 г/л, поэтому дальнейшие испытания будут проводиться с этим значение содержания Na_2CO_3.

Зависимость микротвердости от содержания $Na_2B_4O_7$ в водном растворе представлена на рисунке 5.

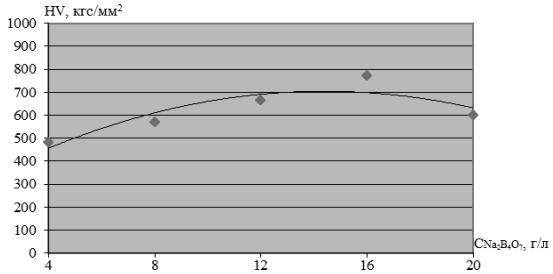


Рисунок 5 – Зависимость микротвердости ЭМ-покрытий, полученных с применением АФ, от содержания $Na_2B_4O_7$ в водном растворе: Св-08Г2С + АФ (CNa_2CO_3=42 г/л, CNa_3AlF_6=6 г/л, $CNa_2B_4O_7$=4…20 г/л)

Проанализировав зависимость твердости от содержания $Na_2B_4O_7$ в водном растворе представленную на графике (рисунок 5) можно сделать вывод, что для получения оптимальной твердости, наилучшими следует считать флюсы с содержанием $Na_2B_4O_7$=12…16 г/л. Исходя из этого исследования на износостойкость проводили с флюсами со следующими составами компонентов: флюс №1 (665 HV) CNa_2CO_3=42 г/л, CNa_3AlF_6=6 г/л, $CNa_2B_4O_7$=12 г/л и флюс №2 (771 HV) CNa_2CO_3=42 г/л, CNa_3AlF_6=6 г/л, $CNa_2B_4O_7$=16 г/л. Повышенная твердость ЭМ-покрытий объясняется тем, что бор, содержа-

щийся в тетратбурате натрия $Na_2B_4O_7$, как наиболее эффективный легирующий элемент, способствует образованию упрочняющих структур за счет получения твердых растворов (цементита, нитрида и карбидов) в результате термодиффузионных процессов.

Исследование износостойкости на машине трения МТУ-01 показали, что наилучший результат достигается на паре трения «образец – ЭМ-покрытие Св-08Г2С + АФ (флюс №1 CNa_2CO_3=42 г/л, CNa_3AlF_6=6 г/л, $CNa_2B_4O_7$=12 г/л); контробразцы – алюминиевый сплав АК9М2». Износостойкость, этой пары в 1,3 раза выше, чем у соединения из материалов серийных деталей «образец – сталь 45Г2; контробразцы – алюминиевый сплав АК9М2».

Для сравнения износостойкости восстановленных ЭМ+АФ и серийных коленчатых валов двигателей Briggs&Stratton модели 115400 были проведены стендовые испытания. Цель данных испытаний заключалась в сравнительной оценке износостойкости соединений «коленчатый вал-шатун» восстановленных по предлагаемой технологии и новых коленчатых валов и шатунов.

В результате стендовых испытаний были определены износы коленчатого вала, шатуна и самого соединения, за 200 мото-ч. наработки. Результаты стендовых испытаний двигателей представлены в таблице.

Сравнительные стендовые испытания показали, что износостойкость испытуемого соединения с восстановленным ЭМ с АФ коленчатым валом двигателя Briggs&Stratton модели 115400 в 1,3 раз выше, чем у соединения в серийных двигателях, что совпадает с исследованиями проведенными на машине трения. Низкий износ соединения «коленчатый вал-шатун» восстановленного ЭМ+АФ объясняется высокой твердостью покрытия шатунной шейки вала и его низкой пористостью.

Таблица – Результаты стендовых испытаний двигателей

Наименование	Средний износ детали, мкм	
Коленчатый вал	0,070 (серийный)	0,040 (восстановленный ЭМ+АФ)
Шатун	0,144	0,124
Соединение «коленчатый вал-шатун»	0,214	0,164

Вывод. Подобранные нами массовые доли компонентов флюса при электродуговой металлизации с аэрозольным флюсованием, можно рекомендовать для увеличения долговечности восстановленных деталей сельскохозяйственной техники.

Список литературы

1. *Технология восстановления коленчатых валов малогабаритных двигателей электродуговой металлизацией / Логачев В.Н., Измалков А.А. // Агротехника и энергообеспечение. 2016. №3 (12). С. 71–77.*
2. *Комбинированные технологии восстановления с упрочнением деталей гидросистем сельскохозяйственной техники / Коломейченко А.В., Титов Н.В., Логачев В.Н. // Тракторы и сельхозмашины. 2011. №4. С. 46-49.*
3. *Восстановление деталей сельскохозяйственной техники электродуговой металлизацией с аэрозольным флюсованием / Литовченко Н.Н., Логачев В.Н. // Сборник материалов международной научно-практической конференции «Особен-*

ности технического и технологического оснащения современного сельскохозяйственного производства». 2013. С. 210-214.

4. Влияние скорости истечения гетерофазного потока на физико-механические свойства электрометаллизационного потока / Н.Н. Литовченко, Б.И. Петряков, А.А. Толкачев, С.А. Блохин // Сварочное производство. 2013. №6. С. 43-47.

5. Восстановление деталей электродуговой металлизацией / Литовченко И.Н., Денисов В.И., Воробьев П.А., Юсим М.Ю. // Техника в сельском хозяйстве. 2008. №2. С. 28-32

6. Влияние воздушного потока на качество электродугового напыления / Гусев В.М., Буклаков А.Г. // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. 2010. Т. 3. С. 34-38.

7. Активация процесса электродуговой металлизации жидким углеводородным топливом / Денисов В.И., Литовченко Н.Н., Логачёв В.Н., Толкачёв А.А. // Труды ГОСНИТИ. 2015. Т. 120. С. 160–165.

8. Совершенствование оборудования и технологии при электродуговой металлизации / Коломейченко А.В., Логачев В.Н., Литовченко Н.Н. // Образование, наука и производство. 2015. №4 (13). С. 27-32.

9. Улучшение физико-механических свойств покрытий полученных электродуговой металлизацией / Коломейченко А.В., Кравченко И.Н., Логачев В.Н., Литовченко Н.Н., Пузряков А.Ф. // Строительные и дорожные машины. 2015. №7. С. 25-29.

10. Электродуговая металлизация: пути совершенствования оборудования и технологии / Логачев В.Н., Литовченко Н.Н. // Труды ГОСНИТИ. 2014. Т. 117. С. 228-234.

11. Пути совершенствования оборудования и технологии электродуговой металлизации / Литовченко Н.Н., Логачев В.Н. // Тракторы и сельхозмашины. 2013. №11. С. 52-54.

12. Метод аэрозольного флюсования при электродуговой металлизации / Воробьев П.А., Юсим М.Ю., Литовченко Н.Н., Денисов В.И. // Труды ГОСНИТИ. 2008. Т. 101. С 201-204.

PROPERTIES OF COATINGS OBTAINED BY ELECTROADBALL METALIZATION WITH APPLICATION OF AEROSOL FLUX

V.N. Logatchev, docent, Ph.D.,
(FGBOU VO «Orel State Agrarian University named after N.V. Parahina».
Telephone: (4862) 43-19-79. E-mail: logvovan@mail.ru)

Abstract. *The article presents the results of wear data Crankshaft Briggs & Stratton engines model 115400. The techniques to determine microhardness and conduct tests for wear. The effect of the content of the flux components at the micro-hardness and wear coatings obtained an electric arc metallization (EM) using aerosol fluxing (AF), formed on the steel 45G2 GOST 4543-71.*

Keywords: *arc spraying, aerosol fluxing, flux, micro-hardness, wear.*

Bibliography

1. Technology of restoration of crankshafts of small-sized engines by arc-arc metallization / Logachev V.N., Izmalkov A.A. // Agrotechnics and power supply. 2016. No. 3 (12). P. 71-77.

2. Combined technologies of restoration with hardening of details of hydraulic systems

of agricultural machinery / Kolomeichenko A.V., Titov N.V., Logachev V.N. // Tractors and agricultural machinery. 2011. № 4. P. 46-49.

3. Restoration of details of agricultural machinery by electric arc metallization with aerosol fluxing / Litovchenko N.N., Logachev V.N. // Collected materials of the international scientific and practical conference «Features of technical and technological equipment of modern agricultural production.» 2013. P. 210-214.

4. Influence of the flow rate of the heterophase flux on the physico-mechanical properties of the electrometallization flow / N.N. Litovchenko, B.I. Petryakov, A.A. Tolkachev, S.A. Blokhin // Welding production. 2013. № 6. P. 43-47.

5. Restoration of details by electric arc metallization / Litovchenko N.N., Denisov V.I., Vorobiev P.A., Usim M.Yu. // Engineering in agriculture. 2008. № 2. P. 28-32

6. Influence of air flow on the quality of electric arc spraying / Gusev V.M., Buklakov A.G. // Quality management in the oil and gas sector. 2010. T. 3. P. 34-38.

7. Activation of the process of electric arc metallization with liquid hydrocarbon fuel / Denisov V.I., Litovchenko N.N., Logachev V.N., Tolkachev A.A. // Proceedings of GOSNITI. 2015. T. 120. P. 160-165.

8. Perfection of equipment and technology in electric arc metallization / Kolomeichenko A.V., Logachev V.N., Litovchenko N.N. // Education, science and production. 2015. № 4 (13). P. 27-32.

9. Improvement of physical and mechanical properties of coatings obtained by electroarc metallization / Kolomeichenko A.V., Kravchenko I.N., Logachev V.N., Litovchenko N.N., Puzryakov A.F. // Construction and road machines. 2015. № 7. P. 25-29.

10. Electric arc metallization: ways of improving equipment and technology / Logachev V.N., Litovchenko N.N. // Proceedings of GOSNITI. 2014. T. 117. P. 228-234.

11. Ways of improving equipment and technology of electric arc metallization / Litovchenko N.N., Logachev V.N. // Tractors and agricultural machinery. 2013. № 11. P. 52-54.

12. Aerosol Fluxing Method for Electric Arc Metallization / Vorobiev P.A., Yusim M.Yu., Litovchenko N.N., Denisov V.I. // Proceedings of GOSNITI. 2008. T. 101. P. 201-204.

УДК 621.9.048

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ЭИЛ НА ПРИМЕРЕ УСТАНОВКИ 4D

В.И. Иванов к.т.н., заведующий лабораторией «Электроискровые и термодиффузионные процессы», тел. +7(499)174-83-42, e-mail: tehnoinvest-vip@mail.ru.
А.Ю. Костюков, к.т.н., в.н.с. лаборатории «Электроискровые и термодиффузионные процессы», тел. +7(495)371-27-56, e-mail: 11-lab@mail.ru/
А.В. Чавдаров к.т.н. заведующий лабораторией «Микродуговое оксидирование и автоматизация технологических процессов», тел. +7(916)605-74-86, e-mail:info@firma-tom.ru.
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Москва

Аннотация. *Обоснована необходимость развития работ по созданию механизированного и автоматизированного оборудования для нанесения электроискровых покрытий на различные детали, приведены сведения о новой автоматизированной установке 4D и результатах технологических испытаний.*

Ключевые слова: *электроискровое легирование (ЭИЛ), установка, электрод-инструмент, электрод, покрытие, технология.*

Введение. Электроискровая обработка металлических поверхностей в газовой среде, традиционно сложившееся название которой - электроискровое легирование (ЭИЛ), - обладая высокой универсальностью, эффективно применяется в различных областях. Это и упрочнение рабочих поверхностей многих инструментов и деталей, и нанесение восстанавливающих покрытий для ремонтных целей, и создание на различных объектах покрытий со специальными свойствами. Множество объектов ЭИЛ классифицированы, каждый из 8 классов обладает технологическими особенностями обработки этим методом [1].

Основной объем работ по ЭИЛ выполняется в ручном режиме электрод-инструментами в виде вибраторов (вибровозбудителей) разных конструкций и типоразмеров. При ручном нанесении покрытий качество исполнения работ и его стабильность зависят от профессиональных навыков оператора и его деловых качеств, прилежания. Некачественная, независимо от причин работа отражается на несоответствии нанесенных покрытий функциональному назначению. Это особенно недопустимо для ответственных деталей, работоспособность которых определяет ресурс агрегатов (например, блок цилиндров, коленчатый вал, гильза цилиндра, шатун и другие). Не менее важна стабильность качественной работы при больших программах производства однотипных деталей, при нанесении функциональных покрытий на сложные и дорогостоящие инструменты для обработки резанием и давлением. Многие такие детали и инструменты при электроискровом упрочнении или восстановлении в ручном режиме показали высокую эффективность

метода ЭИЛ. Переход на механизацию и автоматизацию процесса обеспечивает не только стабильность качества нанесения покрытий, но и снижение себестоимости работ. При ручном нанесении покрытий основная статья расходов приходится на заработную плату оператора – до 70%.

Механизация и автоматизация создают основу более рационального использования трудовых ресурсов: оператор сможет одновременно управлять не одной установкой, а несколькими, проводить другие операции, например, механическую обработку деталей после ЭИЛ.

В период плановой экономики существовал богатый опыт создания механизированного и автоматизированного оборудования для ЭИЛ [2, 3], которое эффективно эксплуатировалось многими предприятиями. Существует, кроме того, множество примеров создания и применения такого оборудования для реализации других процессов, например, сварочных [4].

Работы экономистов также подтверждают актуальность создания и использования механизированного и автоматизированного оборудования [5, 6].

Цель данной работы состояла в создании автоматизированной установки формата 4D для нанесения электроискровых покрытий с требуемыми свойствами.

Содержание разработки. Работа выполнялась коллективами лабораторий «Электроискровых и термодиффузионных процессов» и «Микродугового оксидирования и автоматизации технологических процессов» ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, результатом которой стало создание такой установки (рис. 1) и ее лабораторные испытания.

Рисунок 1 – Установка для нанесения в автоматическом режиме электроискровых покрытий

Установка состоит из следующих основных элементов: механизированного комплекса; обрабатывающего устройства; генератора технологического тока; персонального компьютера, пульта управления.

Механизированный комплекс предназначен для необходимых перемещений обрабатывающего устройства относительно обрабатываемого изделия, закрепленного на его столе, включает следующее:

- основание в виде алюминиевой плиты с отверстиями и прижимными планками для крепления обрабатываемых изделий, установленное на регулируемые опоры;
- П-образную стойку для перемещения по оси X обрабатывающего устройства;
- каретки для перемещения его по оси Y;
- каретки для перемещения по оси Z;

- мотор-редуктора для вращения инструмента.

Обрабатывающее устройство предназначено для закрепления в нем электрода-анода и придания ему необходимого движения, в данном случае – вращательного.

Генератор технологического тока обеспечивает формирование электрических импульсов с требуемыми параметрами для переноса электродного материала на изделие и формирование на нем покрытия. Используется широкодиапазонный генератор нового поколения «БИГ-4».

Персональный компьютер служит для управления шаговыми двигателями и поддерживает программное обеспечение Tupe3, Wentai software, Artcam software.

Пульт управления обеспечивает возможность изменения направления и скоростей перемещения обрабатывающего устройства.

Созданная автоматизированная установка формата 4D обладает значительными техническими возможностями (таблица 1).

Таблица 1

Основные технические характеристики электроискровой автоматизированной 4-D установки

Наименование параметров	**Значения**
Механизированный комплекс 4D	
Напряжение питающей сети, В	220
Ход по осям (мм): X, не менее Y, не менее Z, не менее	600 500 115
Точность перемещения по всем осям, мм, не более	0,1
Максимальная скорость перемещения, мм/мин	2000
Номинальная мощность без рабочего инструмента, кВА	1,5
Габаритные размеры (длина – ширина – высота), мм, не более	1490x910x1670
Масса комплекса, кг	110 (без инструмента)
Генератор «БИГ-4»	
Потребляемая мощность при номинальном напряжении 220 В однофазной сети переменного тока частотой 50 Гц, не более, кВА	0,5
Количество электрических режимов	35
Энергия импульсов, Дж	0,045–5,0
Частота импульсов, Гц	12-3000
Напряжение на электрододержателе, не более, В	50
Габаритные размеры, не более, мм	170x430x250
Масса, не более, кг	14

Обеспечению стабильности обработки и ее качества способствует применением в установке вращающегося стержневого электрода. Особенность использования при обработке ЭИЛ вращающимся стержневым электродом

заключается в следующем. Управляемыми технологическими параметрами, связанными с конструктивными особенностями этого устройства, являются частота вращения электрода и усилие его прижатия к обрабатываемой поверхности.

Изменяя частоту вращения электрода, можно добиться максимального переноса электродного материала на обрабатываемую поверхность с получением покрытия высокого качества и необходимыми свойствами. В общем случае, чрезмерное повышение частоты вращения при прочих равных условиях ведет к уменьшению толщины слоя и шероховатости поверхности, наблюдается эффект, аналогичный шлифованию; это в большей мере относится к обработке электродами повышенной твердости, в т.ч. твердыми сплавами.

Другим параметром, влияющим на стабильность процесса ЭИЛ, является усилие прижатия вращающегося электрода к обрабатываемой поверхности. Оно должно быть незначительным, ориентировочно 0,2-0,5 Н. Значительное превышение этой величины ведет к короткому замыканию и прекращению искрового процесса. А меньшее давление может вести к неустойчивой работе системы «электрод – деталь», прерыванию искрового процесса в отдельные промежутки времени.

При проведении технологических испытаний новой установки определялись ее возможности. Ниже приведены результаты по нанесению чистовых тонкослойных покрытий (таблица 2). Использовались стальные образцы из закаленной стали 9ХС и электроды из металлокерамических твердых сплавов российского производства марок ВК6М и ВК8, а также немецкого производства марки K4EF.

Таблица 2

Результаты ЭИЛ твердыми сплавами стальных образцов на установке 4D с генератором «БИГ-4» (характеристики образцов: материал – 9ХС, 62 HRC, Ra ср =0,63 мкм, размеры 3х20х90 мм, площадь обработки 5 см²)

№ п/п	Электрод		Технологические параметры				Покрытие	
	материал, размеры, мм	расход, г	№ электр. режима/ коэфф. энергии	подача, мм/мин	Частота вращения электрода мин$^{-1}$	число проходов	толщина, мкм*	Ra ср, мкм
1	K4EF Ø8×60	-0,0135	7/0,2	45	780	3	20	2,54
2		-0,0265	7/0,2	45	780	5	30	2,25
3	ВК8 Ø7×57	-0,008	7/0,2	105	690	3	15	3,24
4		-0,0111	7/0,2	105	690	5	20	3,8
5	ВК6М Ø4×34	-0,006	7/0,2	24	690	1	20	2,64
6		-0,0147	5/0,2	24	690	1	20	4,36
7		-0,0551	3/0,2	24	690	1	20	5,83
* – толщина нанесенного слоя; ** – электрод Ø4 интенсивно разогревался (работа без охлаждения)								

На рисунке 2 показан микрошлиф образца с покрытием сплавом ВК8. Металлографическими исследованиями установлено, что покрытие обладает высокой сплошностью, которая у белого слоя составляет 85 %. Микротвердость белого слоя находится в пределах 11570-16350 МПа при микро-

твердости основы 6300-6800 МПа, т.е. превышает последнюю в 1,8-2,3 раза.

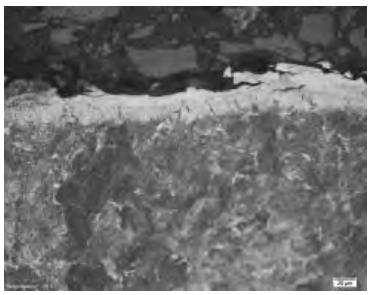


Рисунок 2 – Микроструктура поверхностного слоя стального образца после ЭИЛ на установке 4D (х 500)

Заключение. Создана новая автоматизированная электроискровая установка формата 4D. Проведенные испытания показали, что она обеспечивает стабильность качества обработки. Технологические возможности установки определяются используемыми генератором технологического тока и электродными материалами.

Литература

1. Иванов В.И. Классификация объектов, методологические и технологические особенности электроискрового упрочнения и увеличения ресурса / Труды ГОСНИТИ. 2010. Том 106. С.31-41.

2. Электроискровые технологии восстановления и упрочнения деталей машин и инструментов (теория и практика). /МГУ им. Н.П.Огарева и др.; Ф.Х. Бурумкулов, П.П. Лезин, П.В. Сенин, В.И. Иванов, С.А. Величко, П.А. Ионов. – Саранск: тип. «Красный Октябрь» – 2003. – 504 с.

3. Иванов В.И., Кислов С.В., Лезин П.П. Электроискровая обработка металлических поверхностей в механизированном режиме: электрод-инструменты. / Труды ГОСНИТИ. 2013. Т. 111, ч. 2. С. 71-76.

4. Чавдаров А.В., Лялякин В.П., Скоропупов Д.И. Особенности комплектования автоматических сварочных комплексов. / Сварочное производство. 2017. №2. С. 39-44.

5. Волков. О.И., Скляренко В.К. Экономика предприятия: Курс лекций. – М.: ИНФРА-М. 2006. – 280 с.

6. Экономическая эффективность повышения надежности техники в условиях эксплуатации (На примере мобильной техники). Лезина Е.Г. Диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук. – Саранск, 2001.

AUTOMATION OF THE EIL PROCESS USING THE EXAMPLE OF A 4D

Ph.D. IN AND. Ivanov, Ph.D. A.Yu. Kostyukov,
Cand.Tech.Sci. A.V. Chavdarov
FGBNU FNAC VIM, Moscow, Russia
e-mail: tehnoinvest-vip@mail.ru.

Annotation. *The need for the development of work on the creation of mechanized and automated equipment for the application of electrospark coatings to various parts is justified, the information on a new automated 4D unit and the results of*

technological tests is given.

Keywords: *electrospark alloying (ESA), installation, electrode-tool, electrode, coating, technology.*

Literature

1. Ivanov VI Classification of objects, methodological and technological features of electric spark hardening and increasing the resource / Proceedings of GOSNITI. 2010. Volume 106. P.31-41.

2. Electro-spark technologies for the restoration and hardening of machine parts and tools (theory and practice). / Moscow State University. N.P. Ogareva and others; F.H. Burumkulov, P.P. Lezin, P.V. Senin, V.I. Ivanov, S.A. Velichko, P.A. Ionov. - Saransk: type. «Red October» - 2003. - 504 p.

3. Ivanov VI, Kislov S.V., Lezin P.P. Electrospark machining of metal surfaces in a mechanized mode: electrode-tools. / Proceedings of GOSNITI. 2013. P. 111, part 2. P. 71-76.

4. Chavdarov AV, Lyalyakin VP, Skoropupov DI Features of the acquisition of automatic welding systems. Welding production. 2017. № 2. P. 39-44.

5. Volkov. OI, Sklyarenko VK Economics of the enterprise: The course of lectures. - Moscow: INFRA-M. 2006. 280 s.

6. Economic efficiency of improving the reliability of equipment in operating conditions (using the example of mobile equipment). Lezina E.G. Thesis for the degree of candidate of economic sciences. - Saransk, 2001.

УДК 621.9.048

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ И РАЗВИТИИ МЕТОДА ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ЛЕГИРОВАНИЯ В РОССИИ

В.И. Иванов, канд.техн.наук, зав.лаб.,
ФГБНУ Федеральный Научный Агроинженерный Центр ВИМ,
г. Москва, e-mail: tehnoinvest-vip@mail.ru

Аннотация. *Показано, что метод электроискровой обработки токопроводящих материалов (ЭИО) и, в частности, один из его вариантов – электроискровое легирование (ЭИЛ), - предложенные российскими учеными, супругами Лазаренко, нашел практическое применение в ряде высокоразвитых стран. В то же время в России он не развивается и не находит поддержки со стороны чиновников в науке для его дальнейшего развития, совершенствования и практического использования. В советское время метод ЭИЛ наиболее успешно развивался научно-исследовательскими центрами Молдавии и Украины. Но после развала Союза эти центры применения и развития ЭИЛ оказались за пределами России. Возможность создания подобных центров ЭИЛ в России не рассматривалась, хотя существуют отдельные малочисленные лаборатории и группы в некоторых научных организациях, продолжающие работать в этом направлении (в Москве – ВИМ, МИСиС, ВИАМ, ВТИ; в Санкт-Петербурге - Ультразвуковая техника ИНЛАБ; в Екатеринбурге - МГМ-Групп; в Томске - ИФПиМ СО РАН; в Хабаровске - ИМ ХНЦ ДВО РАН). Очевидна необходимость восстановления нашего национального достояния в области науки и техники – метода ЭИЛ.*

Ключевые слова: *электроискровая обработка, электроискровое легирование, установка, электродный материал, технология, покрытие, Элитрон.*

Началом истории практического использования искрового разряда послужила задача, связанная с «борьбой против электрической эрозии материалов» и созданием безызносных электрических контактов. Эта задача была поставлена перед Б.Р. Лазаренко после окончания учебы в МГУ и поступлением его на работу во Всесоюзный электротехнический институт. Решение этой задачи явилось началом новой эры обработки металлических материалов без механического воздействия на них.

В 1943 году в г. Свердловске (ныне г. Екатеринбург) сотрудникам этого института, эвакуированного из Москвы, супругам Борису Романовичу и Наталье Иоасафовне Лазаренко было выдано авторское свидетельство «Способ обработки металлов и других токопроводящих материалов» [1]. Это событие ознаменовало принципиально новую эпоху в тысячелетней истории технологии обработки металлических материалов, о чем писали в свое время академик П.Л. Капица, академик Л.И. Берг, профессор М. Шушка и другие ученые [2]. Наряду с высказываниями многих известных ученых, отметивших мировой уровень этого технического решения, отметим также оценку этого события Б.И. Ставицким, лауреатом Ленинской премии, одним из активных исследователей и первых разработчиков электроискрового

оборудования: «Первые десятилетия развития электроискровых технологий практически все нынешние мировые лидеры только тем и занимались, что изучали советские достижения и пытались их копировать в своих установках. Основных причин ведущего положения СССР было, пожалуй, две: сама технология зародилась именно в этой стране и была применена для изготовления передовых систем вооружений» [3].

После опубликования в СССР результатов исследований советских ученых этого нового метода обработки металлических материалов и его практического применения в промышленности метод электроискровой обработки привлек внимание и стал интенсивно развиваться также в технически развитых зарубежных странах – Англии, Германии, Франции, Швейцарии, США, Японии и др. Появились работы зарубежных авторов, посвященные общим вопросам электроискровой обработки металлов, генераторам электрических импульсов, конструкции электроискровых установок, технологическим характеристикам процесса электроискровой обработки, обрабатывающим электродам [4-12], использованию электроискрового процесса для нанесения износостойких покрытий [13-16].

С началом использования электрической искры как технологического инструмента определились два основных направления: электроискровая обработка в жидкой среде (электроэрозионная обработка – ЭЭО; здесь деталь – анод, обрабатывающий электрод - катод) и электроискровая обработка в газовой среде (ЭИО или ЭИЛ – электроискровое легирование; деталь – катод, электрод - анод). К направлению ЭИО относится также обработка в вакууме.

Первое направление – ЭЭО – получило большее развитие по сравнению с методом ЭИЛ ввиду необходимости выполнения значительного объема работ, связанного с обработкой труднообрабатываемых металлов и сплавов, получением сложных профилей полостей в заготовках, недоступным другими методами обработки.

Вместе с тем, метод ЭИЛ также нашел широкое применение на производстве, способствуя увеличению ресурса деталей и инструментов или восстановлению их размеров и свойств, утраченных в процессе эксплуатации. Это достигается приданием поверхностным слоям улучшенных физико-механических, химических и других свойств за счет импульсного концентрированного энергетического воздействия на эти слои и внесения в них легирующих элементов, формированием покрытий требуемой толщины. Наличие широкого круга задач, решаемых методом ЭИЛ, большой номенклатуры обрабатываемых объектов различных назначения, конструкции, размеров, обрабатываемых поверхностей, широкого диапазона управляемых технологических параметров процесса ЭИЛ определяет наукоемкость этого метода обработки металлических поверхностей.

Анализ использования метода ЭИЛ и путей его развития является объектом данной работы.

С начала применения метода ЭИЛ можно выделить три характерных периода.

Первый период (1943 – 1961 г.г.) – создание и становление метода ЭИЛ. Он связан с непосредственной деятельностью основоположников ЭИО супругов Б.Р. и Н.И. Лазаренко. Были организованы лаборатория Всесоюзного электротехнического института, затем лаборатория НИИ-627 Минэлектро-

прома СССР, в последующем – Центральная научно-исследовательская лаборатория электрической обработки материалов (ЦНИЛ Электром) Минэлектротехпрома СССР, преобразованная в дальнейшем в ЦНИЛ Электром АН СССР.

В этот период исследуется физика искрового способа обработки металлов, изучается изменение исходных свойств металлических поверхностей под воздействием искрового разряда, зарождаются основы практического использования ЭИЛ для восстановления и увеличения износостойкости деталей машин и инструментов, создаются установки для нанесения покрытий электроискровым способом. Наибольшее распространение получили резистивно-емкостные (RC) генераторы установок, предложенные Б.Р. Лазаренко еще в 1943 году. Накапливается опыт создания и производства электроискрового оборудования: Ленинградский карбюраторный завод им. Куйбышева выпускает промышленные установки для ЭЭО; ЦНИЛ Электром – ручные установки ЭИЛ этого же названия. Ведутся первые работы применения ЭИЛ при ремонте сельскохозяйственных машин.

В это время и в последующие годы Борис Романович Лазаренко уделяет много внимания подготовке инженерных и научных кадров для нового направления. Он щедро делится со своими учениками идеями, смело привлекает их к решению задач в области нового перспективного способа металлообработки.

Второй период (1961 – 1991 г.г.) – устойчивое развитие метода ЭИЛ.

Первая часть этого периода также связана с деятельностью Б.Р. Лазаренко. Он после трехлетней работы в Китае старшим советником по науке при Президиуме АН КНР был направлен в 1961 году в Молдавию. Б.Р. Лазаренко избирается действительным членом Академии наук Молдавской ССР, становится директором Института энергетики и автоматики АН МССР, реорганизованного в 1964 году в Институт прикладной физики (ИПФ). Здесь же в Кишиневе, с учетом эффективности электроискровых покрытий, накопленного к этому периоду определенного опыта создания и использования установок и потребностей производства, по инициативе Бориса Романовича в 1963 году был создан Опытный завод Института прикладной физики (ОЗ ИПФ) АН МССР. Этот завод стал в СССР основным разработчиком и изготовителем установок ЭИЛ различного назначения; основой создания этого оборудования были установки «ЦНИЛ Электром». В Молдавии Б.Р. Лазаренко создал научную школу, известную далеко за пределами СССР.

С этого времени начинается новый период по изысканию применения электричества в народном хозяйстве. Особое внимание в этот период Б.Р. Лазаренко уделяет развитию метода ЭИЛ, материаловедческих аспектов формирования поверхностных слоев на электродах после воздействия искровыми разрядами. Ранее начатые отдельные исследования по использованию электрических разрядов в газах для придания поверхностям необходимых физико-химических свойств систематизированы и получили дальнейшее развитие в ИПФ АН МССР и ряде научных центров Москвы (ВИАМ, где активно работала Н.И. Лазаренко; НИИ двигателей), Ленинграда, Новосибирска, Киева, Минска и др.). В результате был успешно развит электроискровой способ легирования металлических поверхностей, позволивший существенно увеличить долговечность и надежность разнообразных машин и аппаратов. Это способствовало значительному сокращению

расхода высоколегированных металлов и сплавов и переходу к изготовлению деталей из простых материалов с упрочнением их методом ЭИЛ [17].

Вторая часть периода устойчивого развития метода ЭИЛ прошла уже после смерти Б.Р. Лазаренко, еще при плановой экономике. Наряду с дальнейшими исследованиями, связанными с изучением воздействия искровых разрядов на различные металлы и сплавы, свойств измененных поверхностных слоев, новых электродных материалов, новых областей эффективного использования метода ЭИЛ, интенсивно шел процесс создания нового оборудования для реализации этого метода в производственной деятельности. Основной вклад в этот процесс внес ОЗ ИПФ АН МССР, который в содружестве с учеными Института прикладной физики молдавской Академии наук разрабатывал конструкции установок ЭИЛ различного назначения и выпускал их для использования в народном хозяйстве. Производственники хорошо знали и высоко оценивали установки разных моделей типа «ЭФИ» и «Элитрон». К завершению второго периода ежегодный выпуск установок составлял в среднем 1200 штук в год, в том числе около 100 установок 6-7 типов были механизированными. На рисунке 1 приведены фотографии ряда установок ЭИЛ производства ОЗ ИПФ АН МССР. Это установки типа «Элитрон» универсального применения, используемые в ручном («Элитрон-12», -22», -52») и механизированном («Элитрон-120А» - упрочнение режущего инструмента осевой формы; «Элитрон-181А» - упрочнение ножей резки сахарной свеклы; «Элитрон-240» - автоматизированное серебрение электрических контактов; «Элитрон-347Б» - обработка наружных и внутренних поверхностей деталей типа тел вращения; «Элитрон-501» - упрочнение осесимметричных штампов горячей штамповки; «Элитрон-502» - упрочнение фильер) режимах. Номенклатура продукции для ЭИЛ этого завода составляла значительно более широкий перечень установок и оснастки, чем приведена на рисунке 1. Очевидно, создание механизированного оборудования для ЭИЛ обосновано высокой эффективностью этого метода в практической деятельности.

Вместе с тем, отдельные предприятия оборонной промышленности и крупные предприятия народнохозяйственного комплекса также создавали и выпускали для собственных нужд установки ЭИЛ, работающие преимущественно в механизированном и автоматизированном режимах. Часто при этом применялись генераторы установок типовых моделей «ЭФИ» и «Элитрон». Однако количество такого оборудования составляло в общем объеме его выпуска небольшую часть.

Для скорейшего освоения установок ЭИЛ и эффективного их использования ОЗ ИПФ АН МССР с непосредственным участием автора, проработавшего на этом заводе около 40 лет, было организовано обучение рабочего и инженерно-технического персонала заказчиков приемам работы на этих установках при обработке различных объектов и методологии разработки технологий упрочнения и восстановления деталей, выполнение пуско-наладочных работ.

Централизация процесса создания и производства установок ЭИЛ на ОЗ ИПФ АН МССР подготовленным персоналом обеспечила унификацию конструкций установок, стабильность их технологических параметров, высокую надежность и длительный ресурс. И сегодня можно увидеть на некоторых заводах работающую установку типа «ЭФИ» или «Элитрон» 1970-80-х годов выпуска.

Установки для работы в ручном режиме		
Элитрон-12	Элитрон-22	Элитрон-52
Установки для работы в механизированном режиме		
Элитрон-120А	Элитрон-181А	Элитрон-240
Элитрон-347Б	Элитрон-501	Элитрон-502

Рисунок 1 – Примеры установок ЭИЛ, выпущенных ОЗ ИПФ АН МССР

На предприятиях разных отраслей достигалась высокая эффективность применения процесса ЭИЛ при решении широкого ряда задач, связанных с увеличением ресурса деталей, инструментов, технологической оснастки, восстановлением размеров изношенных деталей, нанесением покрытий со специальными свойствами. Это было основой высокой востребованности в установках ЭИЛ в плановый период развития экономики.

Третий период (1991 г. – по настоящее время) – неуправляемое и неустойчивое развитие метода ЭИЛ. После смерти Б.Р. Лазаренко значение научного центра в области ЭИО в г. Кишиневе постепенно уменьшилось, а после распада СССР он как мировой центр перестал вообще существовать. С разрушением плановой экономики и ее переходом к рыночной форме на постсоветском пространстве стало заметно сокращаться промышленное производство. Это отразилось на резком снижении спроса на оборудование для ЭИЛ. Выпуск установок на ОЗ ИПФ АН Молдовы прекратился, техническая документация для их производства утрачена. В России опыт практического применения ЭИЛ в основном сохранился лишь на предприятиях, продолжающих производственную деятельность и где такой опыт был ранее накоплен. Существовавшие прежде основные научные центры по исследованию процесса ЭИО, особенно ЭИЛ, выпуску оборудования, электродных материалов оказались в основном вне пределов России (ИПФ АНМ и Опытный завод ИПФ – в Молдове; Институт проблем материаловедения НАНУ, где создавались электродные материалы для ЭИЛ – на Украине).

Вместе с тем, интерес исследователей к этому методу не утрачен. В России (в Москве – ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (ранее – ГОСНИТИ), НИТУ МИСиС, ФГУП ВИАМ, ОАО ВТИ; в Санкт-Петербурге – ООО «Ультразвуковая тех-

ника ИНЛАБ»; в Екатеринбурге – ООО «МГМ-Групп»; в Томске – ИФПиМ СО РАН; в Хабаровске – ИМ ХНЦ ДВО РАН и др.) и за рубежом ведутся работы по совершенствованию электроискрового метода обработки поверхностей, оборудования, электродных материалов, прикладных технологий.

Для зарубежных, передовых в техническом отношении стран, опыт СССР послужил положительным примером применения метода ЭИЛ. Начиная с 50-х годов прошлого века, этот метод стал предметом исследований и начал развиваться в США, Японии, Германии, Франции, Швейцарии, Китае и других странах. В [18] приведены сведения о современных установках зарубежного производства: ASAP, E1ectroarc, Mold Doctor (США); Depozitron, Tucadur 2000, Eroleg (Германия); SNPM1 (Франция); Cosmeca A.G., Carbidor, MSR-FC (Швейцария); Wocafix (Швеция); Duromatic (Венгрия); Depositron-720, -820, Spark-Depo mod.500, 300, 200, Micro-Depo mod. 100, 140 (Япония); Rocklinizer mod. 500, 600, 1000 (Южная Корея); D9105A, D9110A, D9130A, SZ-08, XKS-350 (Китай); ARC1, ARC2, ARC3 (Индия); Impuls-01, ПЭЛ-23, Alier-31, -52, -53, -54, -55, -72, -101, РУЭИЛ-2006 (Молдова).

Некоторые примеры современных установок ЭИЛ приведены на рисунке 2.

БИГ-5 (Москва)	ИЛ100-2 (Санкт-Петербург)	SE-5.01 (ES-4M) (Томск)	ИМ-101 (Хабаровск)
Mold Doctor (США)	DEPOSITRON 820 (Япония)	SZ-08 (Китай)	Impuls-01 (Кишинев)

Рисунок 2 – Примеры установок ЭИЛ зарубежного производства [18]

Сравнение параметров современных установок ЭИЛ показывает, что это преимущественно ручные установки потребляемой мощности обычно не более 2 кВА, состоящие из генератора импульсов и инструмента (обрабатывающего устройства) с вибрирующим или вращающимся электродом. Они в зависимости от технических параметров обеспечивают нанесение покрытий толщиной от десятков микрометров до 1 мм (локально – до 3 мм), производительность обработки составляет от 1,2 до 10 см^2/мин. Основное принципиальное различие генераторов установок типа «Элитрон» прошлого века и генераторов современных установок заключается в использовании новых электрических элементов с улучшенными характеристиками. Более существенные изменения произошли с электрод-инструментами установок. Сегодня находят большее применение инструменты с вращающимся элек-

тродом, что мы наблюдаем в американских, японских, некоторых российских установках, а также инструменты с применением ультразвука.

Следует отметить отсутствие единства управляемых параметров процесса ЭИЛ, что не позволяет объективно сравнить установки между собой. Это говорит об отсутствии методологии назначения управляемых параметров процесса ЭИЛ при создании установок, что вызывает проблемы при использовании установок разных производителей и моделей для решения одинаковых задач, особенно в условиях недостатка необходимых специалистов.

Сегодня, по сравнению с советским периодом развитого промышленного производства, заметно сокращены работы по созданию механизированного оборудования для ЭИЛ как универсального, так и специального назначения. Замена относительно несложного механизированного оборудования ЭИЛ на робототизированные комплексы, несмотря на высокую техническую эффективность последних, часто оказывается для многих предприятий экономически неоправданной из-за высокой стоимости этого оборудования, программного обеспечения и технического обслуживания.

Кратко характеризуя третий период применения ЭИЛ в России, выделим основные положения:

- значительное сокращение производства и связанное с этим снижение востребованности перспективных упрочняющих и восстанавливающих методов обработки, в т.ч. метода ЭИЛ;
- появление многочисленных малых предприятий, фермерских хозяйств, ведущих производственную деятельность и требующих применения современных методов увеличения ресурса своей техники;
- недостаток специалистов и отсутствие доступных рекомендаций по применению современных методов увеличения ресурса техники, в т.ч. ЭИЛ;
- отсутствие единой методологии создания новой техники ЭИЛ применительно к современным условиям;
- появление оборудования для ЭИЛ разных производителей с различными управляемыми параметрами;
- малочисленность групп разработчиков новой техники ЭИЛ и отсутствие взаимодействия этих групп;
- отсутствие централизованного финансирования для создания новой техники ЭИЛ (оборудование, технологии, материалы) и ее освоения (специалисты).

Выделим из приведенного перечня положений один из важных элементов - финансирование. Отметим: расчет на то, что можно добиться финансирования работ перспективного направления на конкурсной основе и на этой базе обеспечить их выполнение и значительное развитие этого направления, как правило, несостоятелен из-за существующей системы оценки проектов, где часто решающим является не научно-техническое содержание проекта и уровень решаемых проблем, а формальные признаки (уровень знания английского языка, количество привлекаемых студентов для выполнения работы и др.), а порой и коррупционная составляющая.

Очевидно, такое положение препятствует эффективному развитию перспективных методов обработки деталей и их использованию в производстве.

Говоря о следующем, предстоящем этапе развития ЭИЛ, рассмотрим его

основные тенденции. Этот универсальный метод развивается в трех направлениях: оборудование, электродные материалы, технологии, - каждое из которых ориентировано на повышение его эффективности.

Оборудование. Анализ применяемого оборудования для ЭИЛ показывает, что современные установки отечественного и зарубежного производства предназначены и используются большей частью в ручном режиме. Механизация процесса обработки различных деталей, преимущественно наружных цилиндрических поверхностей вращения, осуществляется за счет применения в качестве технологической базы типового станочного оборудования. Перспективным и экономически целесообразным при выполнении ЭИЛ является расширение вида поверхностей (торцовые, сложной формы) и замена типового станочного оборудования на вращатели или унифицированные приводы. При выполнении большого объема работ по ЭИЛ однотипных деталей или разных по конструкции деталей, требующих обработки разных поверхностей (наружных, внутренних, цилиндрических, торцовых, сложной формы) находят применение манипуляторы, робототехника.

При этом стабильность качественных показателей и эффективность обработки достигается совершенствованием генераторов и обрабатывающих инструментов, а необходимая производительность – применением одновременно работающих нескольких таких инструментов. Очевидно, широкое поле деятельности составляет создание новых генераторов с управляемыми параметрами, позволяющими оптимизировать качественные показатели формируемых покрытий для разных объектов обработки. Требует развития также создание новых электрод-инструментов для обработки ЭИЛ как в ручном, так и механизированном режимах, при этом необходима инвентаризация существующих технических решений и учет ранее накопленного опыта при разработке новых конструкций.

Требует внимания также оснащение оборудования для ЭИЛ устройствами последующей обработки нанесенных покрытий с целью улучшения качества поверхности и свойств поверхностного слоя, например, за счет обработки поверхностно-пластическим деформированием. Интересным может быть техническое решение, позволяющее использовать установку ЭИЛ и для выполнения функции электроискрового шлифования. Для малых предприятий целесообразно создание простых установочно-зажимных приспособлений и устройств.

Электродные материалы. Это направление обусловлено тем, что эксплуатационные свойства деталей зависят от микроструктуры, химического и фазового состава поверхностных слоев, которыми можно управлять в широких пределах обработкой ЭИЛ с применением того или иного электродного материала. Значительное улучшение эксплуатационных свойств, например, износостойкость, достигается формированием наноструктурированных покрытий при использовании электродов с определенным содержанием легирующих наноматериалов.

Технологии. Наряду с применением традиционных электроискровых технологий при упрочняющей обработке многих деталей и инструментов и восстановлении размеров изношенных деталей, сегодня развивается ЭИЛ также в следующих направлениях: применение новых электродных материалов; нанесение многослойных покрытий с использованием нескольких, отличных по составу и свойствам электродных материалов; нанесение тол-

стослойных (более 1 мм при опорной поверхности более 80 %) покрытий; формирование покрытий комбинированной обработкой несколькими методами (например, ЭИЛ + лазерная обработка); использование ЭИЛ применительно к деталям, изготовленных методом порошковой металлургии, а также к высокоточным парам трения.

Подчеркнем, что эффективное использование метода ЭИЛ на практике, а также дальнейшее развитие его технологии возможны только на базе дальнейшего исследования физико-химических основ эрозии материала электродов и формирования легированного слоя с обеспечением необходимых функциональных свойств [2].

Отметим также важное значение организационной составляющей комплекса мероприятий по развитию метода ЭИЛ. В первую очередь это касается подготовки специалистов в совмещении с прикладными исследованиями для решения конкретных технических задач. Существует положительный опыт такого комплексного процесса в Мордовском государственном университете им. Н. П. Огарева (г. Саранск). Здесь на базе Института механики и энергетики (ИМЭ) создан около 15 лет назад и развивается Учебно-научно-производственный центр, работающий в тесном контакте с лабораторией электроискровых технологий ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. Центр располагает современными установками ЭИЛ, необходимым технологическим оборудованием и исследовательскими приборами, испытательными стендами. В этом центре развиваются ремонтные технологии, в основе которых лежит восстановление методом ЭИЛ изношенных деталей. Этот Центр хорошо известен своими достижениями в области ремонта, в первую очередь, гидравлических агрегатов, которые являются ресурсоопределяющими для различной техники АПК, транспорта и др. Через него прошли сотни студентов, получивших необходимые знания и практические навыки работы на установках ЭИЛ, более 10 выпускников ИМЭ подготовили и защитили кандидатские диссертации.

Очевидно, создание таких центров может способствовать научно-техническому развитию регионов и подготовке для них специалистов, а также решению технических задач этих регионов.

Сегодня основой для успешного развития метода ЭИЛ являются научно-технические школы, созданные А.Д. Верхотуровым, Ф.Х. Бурумкуловым, Е.А. Левашовым и подготовившие многих активно работающих в этой области специалистов высшей квалификации. Этому способствует также плодотворное сотрудничество с научными центрами Белоруссии, Украины, Молдовы и других стран.

В заключение отметим очевидную необходимость восстановления нашего национального достояния в области науки и техники – метода ЭИЛ. Для начала требуется обозначить основные научные достижения, подвести итоги развития ЭИЛ и наметить пути его дальнейшего совершенствования. Назрела острая необходимость организации в России в системе РАН межотраслевого научно-производственного центра для дальнейшего исследования физико-химических процессов при воздействии электрических разрядов на вещество, закономерностей формирования измененных поверхностных слоев на токопроводящих материалах и их свойств, а также разработки современного оборудования, технологий и электродных материалов, координации этих работ для успешного взаимодействия с другими

научными центрами страны. Несомненно, что эти исследования позволят создать принципиально новые технологии применительно к различным областям экономики России. Метод ЭИЛ – «русский метод», как его называет ряд зарубежных специалистов, и научное руководство страны в лице РАН должно поддержать выполнение ряда программ по дальнейшему развитию этого метода.

Требуются изменения, послужащие базой начала четвертого периода – периода устойчивого развития метода ЭИЛ и его полезного применения в различных отраслях промышленности России.

Автор глубоко благодарен своему наставнику и другу, недавно ушедшему из жизни, Анатолию Демьяновичу Верхотурову – видному ученому, давшему новое развитие методу электроискрового легирования и электродному материаловедению, за идею создания этой статьи.

Литература

1 Лазаренко Б. Р.. Лазаренко Н. И. Способ обработки металлов, сплавов и других токопроводяших материалов. А.с. 70010 СССР Б.И. 1 971. № 7. С. 205.

2 Верхотуров А. Д. Некоторые вопросы теории и практики метода электроискрового легирования металлических поверхностей. / Физика и химия обработки материалов. № 3, 1993. С. 60-68.

3. Ставицкий Б. И. Из истории электроискровой обработки материалов: Почему СССР потерял лидерство в электроискровых технологиях. Металлообработка. 2007. № 4. С. 52-56.

4. P. Llewellyn Jones. Electrode Erosion by Spark Discharges. [Эрозия электрода при искровом разряде.] «British Journal of Applied Physics», vol. 1, 1950, № 2, pp. 60-65.

5. M. F. Judkins and D. F. Dickey. Electro-mechanical Method X. [Электромеханический метод X.] «Iron Age», 1951, July, vol. 168, No 4.

6. Rudorff D. W. Das Sparcatron Funkenschmeidverfahren. [Спаркатрон искрового действия.] ETZ, 1953, H. 6, S. 195.

7. Olsen K. V. Elektrisk gnistbearbejdning. Udviklingen i Taskland. [Развитие электроискровой обработки в ФРГ.] - Ingeniøren, 1955, No 52, S. 986-990.

8. Williams E. M., Woodford J. B. Electronic considerations in the theory and design of electric spark machine tools. [Рассмотрение теории и конструкции электроискровых установок с точки зрения электроники.] – Trans. JRE. PG. IE., 1955, No 2, p. 78-81.

9. Bruma M. La lavorazione dei metalli alla scintilla elettrica. [Электроискровая обработка металлов.] – Ric. mecc., 1955, No 122, p. 43-47.

10. Fundamentals of electrical discharge machining. [Основы электроэрозионной обработки.] – Mashinery (USA), 1956, v. 62, No 9, p. 139-145; No 10, p. 169-175.

11. Иноуэ. Настоящее и будущее электроискровой обработки металлов. – Machinery (Япония), 1956, август, с. 46-52.

12. Capek V., Bradský R., Jilek F. Pokrokové obrábění. [Прогрессивная обработка]. Praha, 1956, 168 s.

13. Beseler J. Standzeiterhöhung durch partiell Härtung im elektrischen Funken. [Повышение стойкости инструмента закалкой электроискровым способом.] – Ind.-Anz., 1956, No 2, S. 761-762.

14. Hanke E. Partielle Härtung durch Funkentladungen. [Повышение твердости обработкой искровыми разрядами.] – Fertigungstechnik, 1955, No 6, S. 244-250.

15. Иноуэ. Электроискровое упрочнение. – Machinery (Япония), 1956, № 3, с. 207-211.

16. Ninger V. Aprava ulozeni vylivych lozisek elektrojiskrovou metodou. [Исправление посадки подшипников качения электроискровым способом.] – Dopravni techn., 1956,

No 5, s. 131-133.

17. Бологa М. К. Создатель нового способа обработки материалов / Наука Советской Молдавии // Сост.: О. Ю. Тарасов, В. И. Уваров; отв. ред. : С. И. Радауцан. К., 1982. P. 156-163.

ON USE AND DEVELOPMENT OF THE METHOD ELECTROSPARK ALLOYING IN RUSSIA: PERIODS FIRST AND SECOND (1943-1991)

V.I. Ivanov, Cand. tech. science
(FGBNU FNAC VIM, Moscow, e-mail: tehnoinvest-vip@mail.ru)

Annotation. It is shown that the method of electric spark machining conductive materials (EDM), and in particular, one of its variants --tension doping (ESD), - proposed by Russian scientists Lazarenko spouses, found practical application in a number of developed countries. At the same time, in Russia it is not growing and is not supported by officials in science for its further development, improvement and practical use. In Soviet times, the method of ESD successfully developed research centers Moldova and Ukraine. But after the collapse of the Union, these centers use and development of ESD found themselves outside Russia. The possibility of creating such centers ESA in Russia was not considered, although there is some numerically small labs and groups in some research organizations that continue to work in this direction (in Moscow - GOSNITI, MISA, VIAM, VTI, in St. Petersburg - Ultrasonic INLAB equipment; in Yekaterinburg - MGM Group, Tomsk - IFPiM SB RAS, Khabarovsk - MI HNTS FEB RAS). At present, obvious need to restore our national heritage in the field of science and technology - the method of ESA. First we need to identify the main scientific achievements, sum up the development of ESD and to outline ways for its further improvement.

Keywords: spark erosion, doping-tension installation, the electrode material, technology, cover, Elitron.

Literature

1. Lazarenko B., R .; Lazarenko, N. I. A method for processing metals, alloys, and other conductive materials. A.S. 70010 The USSR BI. 1 971. № 7. P. 205.

2. Verkhoturov AD Some questions of theory and practice of the method of electrospark doping of metal surfaces. / Physics and chemistry of material processing. No. 3, 1993. P. 60-68.

3. Stavitsky BI From the history of electrospark processing of materials: Why did the USSR lose leadership in electrospark technologies. Metalworking. 2007. № 4. P. 52-56.

4. P. Llewellyn Jones. Electrode Erosion by Spark Discharges. «British Journal of Applied Physics», vol. 1, 1950, No. 2, pp. 60-65.

5. M. F. Judkins and D. F. Dickey. Electro-mechanical Method X. «Iron Age», 1951, July, vol. 168, No. 4.

6. Rudorff D. W. Das Sparcatron Funkenschmeidverfahren. ETZ, 1953, H. 6, S. 195.

7. Olsen K. V. Elektrisk gnistbearbejdning. Udviklingen i Taskland. [Development of electrospark processing in Germany.] - Ingeniøren, 1955, No. 52, S. 986-990.

8. Williams E. M., Woodford J. B. Electronic concepts in the theory and design of electric spark machines. [Review of the theory and design of electric spark installations in terms of electronics.] - Trans. JRE. PG. IE., 1955, No. 2, p. 78-81.

9. Bruma M. La lavorazione dei metalli alla scintilla elettrica. [Electrospark machining

of metals.] - Ric. mecc., 1955, No. 122, p. 43-47.

10. Fundamentals of electrical discharge machining. [Fundamentals of electroerosive machining.] - Mashinery (USA), 1956, v. 62, No. 9, p. 139-145; No 10, p. 169-175.

11. Inoue. The present and future of electrospark metal processing. - Machinery (Japan), 1956, August, p. 46-52.

12. Capek V., Bradský R., Jilek F. Pokrokové obráběníí. [Progressive Processing]. Praha, 1956, 168 s.

13. Beseler J. Standzeiterhöhung durch partiell Härtung im elektrischen Funken. [Enhancement of tool life by electric quenching.] - Ind.-Anz., 1956, No. 2, S. 761-762.

14. Hanke E. Partielle Härtung durch Funkentladungen. [Hardness increase by treatment with spark discharges.] - Fertigungstechnik, 1955, No. 6, S. 244-250.

15. Inoue. Electrospark hardening. - Machinery (Japan), 1956, No. 3, p. 207-211.

16. Ninger V. Aprava ulozeni vylivych lozisek elektrojiskrovou metodou. [Correction of landing of rolling bearings by an electric spark method.] - Dopravni techn., 1956, No. 5, s. 131-133.

17. Bologa MK Creator of a new way of processing materials / Science of the Soviet Moldavia / / Comp: O. Yu. Tarasov, VI Uvarov; otv. Ed. : SI Radautsan. K., 1982. P. 156-163.

УДК 620.3

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ОТХОДОВ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫМ ДИСПЕРГИРОВАНИЕМ

Р.Н. Задорожний, канд. техн. наук, вед. научн. сотр.,
И.В. Романов, мл. научн. сотр.,
И.А. Шемберев, мл. научн. сотр., аспирант
(ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Москва,
тел.: (495)709-33-90, e-mail: laboratory8nano@yandex.ru)

Аннотация. *Рассмотрена возможность получения металлических порошков из отходов твердых сплавов электроэрозионным диспергированием. Исследованы физико-химические свойства полученных порошков. Предложена частичная модернизация лабораторной установки, позволяющая увеличить ее производительность. Получены прессованные формы и даны их характеристики.*

Ключевые слова: *электроэрозионное диспергирование, установка ЭЭД, твердосплавные пластины, переработка отходов, частицы порошка, физико-химические свойства, прессование.*

Электроэрозионное диспергирование металлов решает проблему переработки практически любых видов металлических отходов, позволяя обеспечить повторное их использование, и значительно повысить экономическую эффективность процессов упрочнения и восстановления деталей.

В ФГБНУ ФНАЦ ВИМ разрабатывается технология и оборудование для электроэрозионного диспергирования (ЭЭД) металлических отходов машиностроения с целью получения порошка для упрочнения и восстановления деталей и рабочих органов сельскохозяйственной техники.

Для нанесения твердых, износостойких покрытий предлагается использовать порошки, получаемые диспергированием исходного (диспергируемого) материала из изношенных и некондиционных многогранных неперетачиваемых твердосплавных пластин, предназначенных для припаивания или механического крепления на режущий инструмент, состоящих из спеченных твердых сплавов марки Т15К6, в которых находится карбид вольфрама (79%), карбид титана (15%) и кобальт (6%).

На начальном этапе проведены работы по модернизации экспериментальной установки электроэрозионного диспергирования (рисунок 1). Для увеличения производительности получения порошков в конструкции установки был механизирован электродный блок, который совместили с электрическим вибратором от электроискровой установки БИГ-4, что позволило увеличить ее производительность до 1-1,2 г/час. Дальнейшее увеличение производительности требует модернизации электрической схемы установки.

Анализ исследований, проводимых в ЮЗГУ [1], показал, что на гранулометрический состав порошка, полученного ЭЭД, существенное влияние

оказывают свойства рабочей жидкости. Наши исследования подтвердили, что средний размер частиц порошка, полученного в керосине осветительном, в 3,9 раза больше среднего размера частиц порошка, полученного в дистиллированной воде. Следуя общей тенденции получения частиц материала ближе к наноразмерным, обладающими лучшими физико-химическими свойствами, в данном эксперименте диспергирование производилось в дистиллированной воде.

а) *б)*

Рисунок 1 – Экспериментальная установка ЭЭД а) общий вид; б) вибрирующий орган

Основными регулируемыми (изменяемыми) параметрами экспериментальной установки ЭЭД, непосредственно влияющими на процесс порошкообразования, являются: напряжение на электродах (U), частота следования импульсов (f), емкость рабочего накопителя (C), расстояние между электродами (l). Работа велась на трех разных режимах, в том числе и при использовании вибрации одного из электродов.

Исследуемые свойства полученного порошка твердого сплава Т15К6:

- гранулометрический состав;
- химический состав;
- форма и морфология поверхности частиц.

В таблице 1 представлены параметры размера частиц порошка, полученного ЭЭД отходов вольфрамсодержащих твердых сплавов при различных режимах после просеивания через сита с различным размером ячейки на инвертированном металлографическом микроскопе Olympus GX-51 при увеличении x1000. Количество измерений частиц порошка каждого режима составило более 40 шт.

Исследования показали, что с увеличением энергии импульса средний размер частиц порошка увеличивается.

Таблица 1 – Параметры размера частиц порошка полученного в воде ЭЭД из отходов твердого сплава Т15К6

		Площадь	Периметр (μm)	Диагональ
Образец 1	Количество измерений	41	41	41
	Minimum	2,68	6,26	1,37
	Maximum	13,56	15,24	3,74
	Среднее значение	5,66	9,28	2,21
Образец 2	Количество измерений	43	43	43
	Minimum	0,38	2,31	0,51
	Maximum	12,03	14,39	2,96
	Среднее значение	3,33	6,83	1,59
Образец 3	Количество измерений	71	71	71
	Minimum	0,23	1,71	0,36
	Maximum	7,94	10,80	2,83
	Среднее значение	1,68	4,72	1,07

ПРИМЕЧАНИЕ: Образец 1 – режим ЭЭД: Uвх=90 В, Uоп.=130 В, Uраб.=200 В, νраб.= 40 Гц;

Образец 2 – режим ЭЭД: Uвх=40 В, Uоп.=65 В, Uраб.=100 В, νраб.= 40 Гц;

Образец 3 – режим ЭЭД: Uвх=90 В, Uоп.=130 В, Uраб.=200 В, νраб.= 40 Гц (с дополнительной вибрацией электрода).

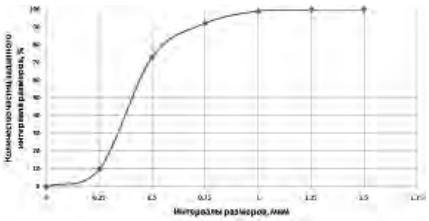


Рисунок 2 − Гранулометрический состав порошка, полученного в воде ЭЭД из отходов твердого сплава Т15К6 при С=2,5 мкФ и U=140 В

Элементный химический состав порошков, полученных методом ЭЭД на различных режимах работы макетного образца установки ЭЭД из отходов твердого сплава марки Т15К6, определялся при помощи рентгенофлуорисцентного спектрометра Niton XL3t GOLDD+методами «Металлы», «Универсальная геология» и «Почвы». Наиболее близкие значения элементного состава полученного порошка из выбранных методов показал метод «Металлы». Для сравнения результатов исследования также был проведен анализ исходного материала – твердосплавного лома. Результаты определения состава порошков и лома представлены в таблице 2 и таблице 3 соответственно.

Таблица 2 − Элементный состав твердосплавных порошков, % масс

	Образец 1		Образец 2		Образец 3	
Химический элемент	Содержание, %	Доверительный интервал ±2σ, %	Содержание, %	Доверительный интервал ±2σ, %	Содержание, %	Доверительный интервал ±2σ, %
Ti	53,25	0,17	55,83	0,17	49,93	0,15
Ni	23,3	0,11	26,86	0,11	31,74	0,13
Fe	13,01	0,07	6,29	0,05	6,09	0,04
Mo	6,87	0,004	7,85	0,04	8,87	0,05
W	2,75	0,03	2,46	0,03	2,6	0,03
V	0,379	0,031	0,359	0,024	0,343	0,03
Co	0,216	0,02	0,179	0,016	0,209	0,016
Zr	0,076	0,001	0,08	0,002	0,084	0,002
Mn	0,059	0,014	0,016	0,014	0,037	0,014
Hf	0,053	0,007	0,015	0,006	0,032	0,004
Re	0,026	0,012	0,042	0,012	0,056	0,014
Nb	0,016	0,001	0,015	0,001	0,016	0,001
Mg	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001

Таблица 3 – Элементный состав лома, % масс

Химический элемент	Ti	Ni	Mo	W	Fe	Re	V	Co	Zr	Hf	Nb
Содержание, %	59,09	26,96	8,81	2,67	1,34	0,62	0,27	0,22	0,078	0,023	0,011
Доверительный интервал ±2σ, %	0,2	0,11	0,05	0,03	0,02	0,013	0,03	0,011	0,001	0,006	0,001

Из таблиц видно, что химический состав полученных порошков отличается от состава исходного лома большим содержанием железа (Fe). Это может быть обусловлено разложением стального стержня электродов, на который были закреплены твердосплавные пластины.

Исследование формы и морфологии поверхности частиц порошка, полученного в процессе ЭЭД в дистиллированной воде из отходов твердого сплава Т15К6, осуществлялось на электронно-ионном сканирующем микроскопе QUANTA 600 FEG в Юго-Западном государственном университете.

Форма и морфологии поверхности частиц порошка представлена на рисунке 3. Видно, что в порошке превалируют частицы, имеющие правильную сферическую или эллиптическую форму. Такая форма частиц является наиболее ценной для последующего применения металлических порошков. Они могут использоваться как для создания новых деталей, например в аддитивных технологиях, так и для восстановления и упрочнения.

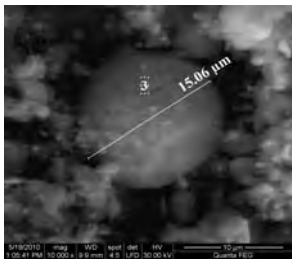


Рисунок 3 – Форма и морфология частиц порошка, полученного из отходов твердого сплава марки Т15К6 при ЭЭД в воде при С=2,5 мкФ, U=140 В

Полученный порошок твердого сплава был просеян через сито с размером ячеек 0,071 мм для получения более однородной размерности частиц 71 мкм и менее. Затем порошки запрессовывались в виде нескольких образцов одинакового размера с целью изучения физико-технологических свойств и определения области их дальнейшего применения.

Процесс прессования металлических порошков, главной целью которого является получение изделий заданной формы и заданных размеров, плотностью и механической прочностью, складывается из расчета навески и дозировки шихты, ее засыпки в матрицу пресс-формы, прессования и удаления изделия из пресс-формы.

При прессовании металлического порошка в пресс-форме резко увеличивается контакт между частицами порошка, уменьшается пористость, происходит деформация или разрушение отдельных частиц порошка. В результате получают заготовку нужной формы и достаточной прочности. Сохранение формы и прочности заготовок после прессования вызвано действием, в

первую очередь, сил механического сцепления частиц порошка, электростатических сил притяжения и сил трения. Поэтому прочность полученной заготовки зависит как от степени обжатия, так и от формы и размера частиц, природы материала, состояния поверхности и пластичности частиц.

Было получено 4 образца при разных условиях изготовления.

Образец №1: порошок (Т15К6) – 0,4 г; давление – 1,6 МПа; диаметр пресс-формы – 10 мм.

Образец №2: порошок (Т15К6) – 0,26 г; связка (алюминий, размер частиц до 40 мкм) – 0,13 г; давление – 1,6 МПа; диаметр пресс-формы – 10 мм.

Образец №3: порошок (Т15К6) – 0,26 г; связка (хлорид лития) – 0,13 г; давление 1,6 МПа. Хлорид лития при нахождении в атмосфере поглощает влагу, образец становиться непрочным, происходит разрушение.

Образец №4: порошок Т15К6 – 3 г; связка (клей КМС) – 1%; вода – 6%; давление 11 МПа; диаметр пресс-формы – 20 мм.

Все полученные образцы электропроводны, кроме образца №4. Образец №3 обладает неудовлетворительными прочностными характеристиками. Таким образом, образцы №3 и №4 не могут быть использованы в качестве электродов при восстановлении и упрочнении деталей. Самые высокие характеристики по прочности структуры показал образец №2, в котором использовался для связки порошок алюминия. В дальнейшем планируется произвести прессование порошков твердых сплавов, полученных ЭЭД, с использованием в качестве связующего компонента порошка меди, а также выполнять спекание изготовленных форм.

Выводы.

1. Электроэрозионное диспергирование дает возможность перерабатывать любые металлические отходы и использовать полученное сырье как в изготовлении и упрочнении новых деталей, так и в ремонте изношенных.

2. Использование вибрации на электродном блоке в экспериментальной установке ЭЭД увеличивает ее производительность, а также влияет на гранулометрический состав получаемого порошка.

3. Химический состав порошка, образуемого в реакторе установки ЭЭД, идентичен исходному металлическому лому, что исключает его дальнейшую переработку.

4. Доказана возможность получения из продуктов ЭЭД различных технологичных форм для дальнейшего практического применения. Работы по улучшению качества таких форм и поиск новых решений использования порошков будут продолжены.

Литература

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., Агеев Е.В., Денисов В.А., Латыпова Г.Р. Рециклинг отходов твердых сплавов для восстановления и упрочнения изделий: монография. Курск: Из-во ЗАО «Университетская книга», 2017, – 183 с.

3. Кожинова Е.С., Попова М.В. Нанопорошки металлов // Современные материалы, техника и технологии. Научно-практический журнал, 2016 г. – №2(5). – С. 115-118.

4. Логинов Ю.Н. Технология производства заготовок из твердых сплавов: учебное пособие. Свердловск: изд. УПИ им. С.М. Кирова, 1984, – 53 с.

INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF METAL POWDERS OBTAINED FROM SOLID METAL WASTE BY ELECTROEROSIVE DISPERSION

R.N. Zadorozniy, Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher.,
I.V. Romanov, junior researcher,
I.A. Shemberev, junior researcher, post-graduate student
(FSBSI «Federal scientific agroengineering center VIM», Moscow,
phone: (495)709-33-90, e-mail: laboratory8nano@yandex.ru)

Annotation. *The possibility of obtaining metallic powders from solid metal waste by electroerosive dispersion is considered. The physico-chemical properties of the powders obtained are studied. A partial modernization of the laboratory installation is proposed, which allows increasing its productivity. Pressed shapes are obtained and their characteristics are given.*

Keywords: *electroerosive dispersion, EED installation, carbide plates, waste processing, powder particles, physico-chemical properties, pressing.*

References

1. Ageev EV, Latypov RA, Semenikhin BA, Ageeva EV Composition and properties of powders obtained by electroerosive dispersion of solid carbide wastes: monograph. South-West. state. un-t. Kursk, 2011, - 123 with.

2. Latypov RA, Ageev EV, Denisov VA, Latypova GR Recycling of solid carbide wastes for restoration and hardening of products: monograph. Kursk: From the «University Book» CJSC, 2017, - 183 p.

3. Kozhinova E.S., Popova M.V. Nanopowders of metals // Modern materials, techniques and technologies. Scientific and Practical Journal, 2016 - No. 2 (5). - P. 115-118.

4. Loginov Yu.N. Technology of production of billets from hard alloys: a training manual. Sverdlovsk: ed. UPI them. CM. Kirova, 1984, - 53 p.

УДК 631.3.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РЕМОНТЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Голубев И.Г., зав. отделом, д.т.н., профессор
(ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, п. Правдинский Московская область, тел.: 496-993-44-04, e-mail: golubev@rosinformagrotech.ru);
Спицын И. А., профессор, д.т.н., профессор
(ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет», г. Пенза, тел: 8412-628-379, e-mail: spicn@mail.ru);
Быков В. В., профессор, д.т.н., профессор
Голубев М.И., доцент, к.т.н.
(ФГБОУ ВО Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Мытищинский филиал, г. Мытищи, Московская область, тел.: 498-687-40-73, e-mail: bykov@mgul.ac. ru; golubev@mgul.ac.ru)

Аннотация: *Дан анализ информационных материалов и показаны перспективы применения аддитивных технологий при ремонте машин, в том числе для восстановления изношенных деталей. Перспективным направлением является комплексное применение аддитивных технологий и 3D-сканирования: при дефектации деталей с помощью 3D-сканера определяется величина износа детали, а с помощью 3D-принтера восстанавливается изношенная поверхность с учетом неравномерности ее износа.*

Ключевые слова: *сельскохозяйственная техника, ремонт машин, аддитивные технологии, восстановление деталей, 3D-сканирование.*

В последние годы в России прослеживается тенденция снижения наличия техники в сельскохозяйственных организациях (табл.1) [1].

Таблица 1

Наличие сельскохозяйственной техники в сельскохозяйственных организациях, тыс. шт.

№п/п	Наименование	2013	2014	2015	2016
1	Тракторы	283,0	270,0	255,1	144,0
2	Зерноуборочные комбайны	67,9	64,6	61,4	59,3
3	Картофелеуборочные комбайны	2,6	2,4	2,3	2,2
4	Свеклоуборочные машины	2,5	2,4	2,2	2,2
5	Кормоуборочные комбайны	16,1	15,2	14,0	13,3

В Национальном докладе «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» указано, что для того чтобы остановить выбытие техники,

перейти к увеличению парка и в ближайшей перспективе достичь расчетной обеспеченности, сельскохозяйственным товаропроизводителям необходимо ежегодно приобретать по 45 тыс. тракторов, 12 тыс. зерно- и 2 тыс. кормоуборочных комбайнов. Однако процесс обновления парка основными видами сельскохозяйственной техники длительный и требует больших финансовых ресурсов (табл.2).

Таблица 2

Приобретение тракторов и зерноуборочных комбайнов сельскохозяйственными организациями, тыс. шт.

№п/п	Наименование	2013	2014	2015	2016
1	Тракторы	8,5	8,6	7,9	8,1
2	Зерноуборочные комбайны	3,2	3,4	3,3	3,9

При сокращении парка машин сохранение высоких затрат на ремонт объясняется соответствующим ростом цен на запасные части. Снизить эксплуатационные затраты можно путем совершенствования организации и увеличения объемов восстановления деталей, особенно для импортной сельскохозяйственной техники. По данным Национального доклада «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» в 2016 году доля техники зарубежного производства в общем количестве техники в сельскохозяйственных организациях составила: по тракторам - 67,8%, по зерноуборочным комбайнам - 22,1%, по кормоуборочным комбайнам - 20,7%. Прогноз на увеличение объемов восстановления деталей в России соответствует мировым тенденциям. При развитии производств по восстановлению деталей более интенсивно должны развиваться и внедряться инновационные методы ремонта, в том числе нанотехнологии [2].

В Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (утверждена Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. N 642) указано, что приоритетами и перспективами научно-технологического развития Российской Федерации в ближайшие 10 - 15 лет является переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта. Анализ отечественных и зарубежных публикаций, информационных материалов международных специализированных выставок, в том числе «Станкостроение – 2017», «Оборудование и технологии обработки конструкционных материалов (Технофорум – 2017)» и других показал, что одно из наиболее динамично развивающихся направлений «цифрового» производства является применение аддитивных технологий (АТ) [3, 4]. Применение таких технологий — главный тренд последних лет в сфере промышленного производства. Прогнозируется, что они найдут применение не только при производстве машин, в том числе в отраслях сельскохозяйственного и лесного машиностроения, но и при их ремонте, в том числе при восстановлении деталей.

Аддитивные технологии позволяют изготавливать детали на основе компьютерной 3D-модели. Такой процесс создания объекта также называют «выращиванием» из-за постепенности изготовления, из расходного материала выстраивается новое изделие [5]. Первым шагом при создании изделий является его пространственное проектирование с применением компьютерных цифровых трехмерных моделей на основе программного обеспечения (CAD-программы), моделирования и расчетов (CAE). В настоящее время существует уже более 30 различных типов аддитивных технологических процессов. Основными преимуществами аддитивных технологий перед традиционными являются: сокращение трудоемкости изготовления; сокращение сроков проектирования и изготовления детали; снижение себестоимости проектирования и изготовления детали; экономия машиностроительных материалов [6]. Аддитивные технологии за рубежом используются преимущественно в традиционно технологически продвинутых отраслях – автомобильной, авиационной и аэрокосмической промышленностях, а также в приборостроении. В последние годы в России активно ведутся исследования и получены первые результаты практического использования АТ. Этой работой занимаются различные организации, подведомственные Минпромторгу России, Минобрнауки России, ФАНО, госкорпорациям «Росатом» и «Роскосмос». Так, «Росатом», в соответствии со своей программой инновационного развития и технологической модернизации на период до 2030 года, планирует развернуть строительство отраслевых центров трехмерной печати сложных объектов. В 2014 году основан АО «Центр технологической компетенции аддитивных технологий» как совместный проект по государственно-частному партнерству Министерства экономического развития РФ, Воронежской области и завода Воронежсельмаш. В настоящее время «Центр технологической компетенции аддитивных технологий» обладает большим арсеналом промышленных 3D-принтеров ведущих европейских фирм Stratasys, EOS GmbH, MK TechnologyGmbH, 3D Systems, Envisiontec. Центр оказывает целый комплекс услуг в области 3D-технологий, в том числе 3D-моделирования, 3D-сканирования [7]. На российском рынке, наряду с импортными появились первые отечественные модели высокопроизводительных аддитивных машин[8]. Например, российские серийные 3D-принтеры серии МЛ6-1 для послойной печати металлических изделий разработаны и производятся группой компаний «Лазеры и аппаратура» в г. Зеленограде. Компания разработала также лазерную установку МЛ7-1 для аддитивного производства изделий из металлического порошка по технологии прямого лазерного осаждения. [8,9]. Развиваются поисковые работы по технологии производства металлических порошков для аддитивных технологий [4].

При ремонте машин возможно использование аддитивных технологий для восстановления изношенных деталей. При аддитивном производстве при восстановлении деталей разработчик может находиться на любом удалении от объекта (машины) благодаря широкому использованию компьютерных сетей. Сканирование поврежденных комплектующих сборочных единиц при помощи 3D-сканера (реинжиниринг) с последующей компьютерной обработкой и печатью открывает перспективы создания универсальных многофункциональных производственно-ремонтных комплексов. Сканирование существенно увеличивает скорость и точность восстановления деталей,

а также снижает расходы на измерительный инструмент. В настоящее время 3D-сканеры уже применяются при проведении контроля качества изготовленных деталей на передовых предприятиях [6]. Главным управлением научно-исследовательской деятельности и технологического сопровождения передовых технологий (инновационных исследований) Министерства обороны Российской Федерации совместно с АО «Полигон» 18 апреля 2017 года проведена конференция на тему «Инновационные материалы и технологии», на которой были обсуждены проблемные вопросы внедрения новых материалов и технологий при создании перспективных образцов вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ), в том числе с использованием аддитивных технологий. Одним из перспективных направлений внедрения аддитивных технологий в ремонтное производство, является комплексное применение аддитивных технологий и 3D-сканирования [10]. Так при дефектации деталей с помощью 3D-сканера возможно определить величину износа поверхности, а с помощью 3D-принтера восстановить изношенную поверхность с учетом неравномерности износа. К преимуществам данного способа ремонта можно отнести следующее: повышение точности измерения за счет исключения человеческого фактора; уменьшение номенклатуры используемых средств измерения; возможность восстановления деталей сложной геометрической формы; нанесение слоя восстанавливающего материала производится точно на место износа, с учетом геометрических особенностей поверхности и, как следствие, снижение расхода материала. В зависимости от сочетания параметров построения, эффективность использования материала может варьироваться от 20 до 90% [10, 11]. Аддитивные технологии для восстановления и упрочнения деталей применяют за рубежом. Лаборатория в Окридже (Oak Ridge National Laboratory) разработала новый процесс 3D-печати для ремонта деталей при ремонте дизельных двигателей. Технология реализована в компании Cummins Inc, производящей дизельные двигатели для мощных машин. Ремонт таких двигателей после пробега в 1,8 млн км представляет собой сложную задачу, требующую затрат времени, иногда с заменой головки цилиндров. Процесс заключается в удалении изношенной части головки и последующей печати высокотемпературного сплава на это место. Износостойкость нанесенного материала выше, чем у материала серийной головки [12]. Фирма POM разработала аддитивную технологию DMD (DirectMetalDeposition) Она дает возможность добиться повышения прочности покрытия в 10-100 раз больше, чем в случае традиционных технологий CVD и PVD. DMD позволяет эффективно ремонтировать такие дорогостоящие компоненты, как лопатки турбин авиадвигателей [13].

Таким образом, прогнозируется, что аддитивные технологии найдут широкое применение не только при производстве машин, но и при их ремонте, например для восстановления изношенных деталей. Одним из перспективных направлений внедрения аддитивных технологий в ремонтное производство, является комплексное применение аддитивных технологий и 3D-сканирования. Так при дефектации деталей с помощью 3D-сканера возможно определить величину износа поверхности, а с помощью 3D-принтера восстановить изношенную поверхность с учетом неравномерности износа.

Литература

1. Сельское хозяйство России. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. – 52 с.

2. Черноиванов В.И., Лялякин В.П., Голубев И.Г. Организация и технология восстановления деталей машин. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. – 568 с.

3. Казмирчук К., Довбыш В Аддитивные технологии в российской промышленности // Конструктор. Машиностроитель. –2012. –№10. – С.38-40.

4. Каблов Е. Доминанта национальной технологической инициативы // Металлы Евразии. – 2017. –№3. – С.2-6.

5. Аддитивные технологии и аддитивное производство [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://3d.globatek.ru/world3d/additive_tech/дата обращения 30.06.2017г.

6. Перспективы применения аддитивных технологий при производстве дорожно-строительных машин: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://snip1.ru/additivnye-texnologii/дата обращения 03.06.2017г.

7. Сацкая З. Решать нерешаемые задачи // Аддитивные технологии. 2017. – №4. – С. 22-23.

8. Промышленные 3D принтеры мирового уровня. Проспект компании «Мосиндуктор» на международной специализированной выставке «Станкостроение – 2017». – М.: МВЦ Крокус Экспо, 10-13 октября 2017г. – 10 с.

9. Группа компаний «Лазеры и Аппаратура».[Электронный ресурс]. –Режим доступа:http://www.laserapr.ru/o-kompanii-lasery-i-apparatura/дата обращения 08.11.2017 г.

10. Тетенькин А.С. Основные направления внедрения аддитивных технологий в ремонтное производство вооружения, военной и специальной техники// Сборник докладов научно-практической конференции «Инновационные материалы и технологии» – М.: Главное управление научно-исследовательской деятельности и технологического сопровождения передовых технологий (инновационных исследований) Министерства обороны Российской Федерации – 2017. – С.93-94.

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

12. Технология ремонта. //Аддитивные технологии. 2017. – №4. – С.6.

13. Технология DMD – прямое нанесение металла [Электронный ресурс]. –Режим доступа: http://3d.globatek.ru/3d_printing_technologies/dmd_tech//дата обращения 03.06.2017 г.

PROSPECTS OF APPLICATION OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN THE REPAIR OF AGRICULTURAL MACHINERY

Golubev I. G., head of Department, doctor of technical Sciences, Professor (Federal state budget scientific establishment «Russian scientific research Institute of information and techno-economic studies on engineering and technical provision of agro-industrial complex, settlement Pravdinsky, Moscow region tel: 496-993-44-04, e-mail: golubev@rosinformagrotech.ru);

Spitsyn I. A., Professor, doctor of technical Sciences, Professor (Federal state budget educational institution of higher professional education «Penza state agrarian University», Penza, tel: 8412-628-379, e-mail: spicn@mail.ru);

Bykov V. V., Professor, doctor of technical Sciences, Professor

Golubev M. I., associate Professor, candidate of technical Sciences (Federal state budget educational institution of higher professional education Moscow state technical University. N. Uh. Bauman, Mytishchi branch, Mytischi, Moscow oblast, tel.: 498-687-40-73, e-mail: bykov@mgul.ac. EN; golubev@mgul.ac.ru)

Abstract: *the analysis of information materials and the prospects of application of additive technologies in the repair of vehicles, including for the recovery of worn parts. A promising direction is the integrated application of additive technologies and 3D scanning: when an inspection of the parts using a 3D scanner determines the amount of wear parts and using 3D printer restores worn surface considering the irregularity of wear and tear.*

Keywords: *agricultural machinery, repair of machines, additive processes, restoration parts, 3D scanning.*

Literature

1. Russia's agriculture. – M.: FSBSI «Rosinformagrotech», 2017. – 52 p

2. Chernoivanov V. I., lyalyakin V. P., Golubev I. G. Organization and repair technology of machine parts. – M.: FSBSI «Rosinformagrotech», 2016. – 568 p.

3. Kazmirchuk K. Dovbysh In Additive technology in the Russian industry // Constructor. Mashinostroitel. -2012. —No. 10. —P. 38-40.

4. Kablov E. Dominant national technology initiative // Metals of Eurasia. — 2017. — No. 3. — C. 2-6.

5. Additive technology and additive manufacturing [Electronic resource]. — Mode of access: http://3d.globatek.ru/world3d/additive_tech/∂ama treatment 30.06.2017 G.

6. Prospects of application of additive technologies in the production of road-building machines: [Electronic resource]. —Mode of access: http://snip1.ru/additivnye-texnologii/∂ama treatment 03.06.2017 G.

7. Satsky Z. to Solve unsolvable problems // Additive technologies. 2017. –No. 4. – P. 22-23.

8. Industrial 3D printers world level. The prospectus of the company «Moonduster» nameguard specialized exhibition «Stankostroenie – 2017». – Moscow: Crocus Expo, 10 – 13 October 2017. – 10.

9. Group of companies «Lasers and Apparatus».[Electronic resource]. –Mode of access:http://www.laserapr.ru/o-kompanii-lasery-i-apparatura/date accessed 08.11.2017 G.

10. Tetenkin A. S. Main directions of implementation of additive technologies in the repair and manufacture weapons, military and special equipment// Collection of reports of scientific-practical conference «Innovative materials and technologies» — M.: Department of scientific research activities and technological support of advanced technologies (innovative research) of the Ministry of defence of the Russian Federation — 2017. — S. 93-94.

11. Srebrenicke P. P., A. S. Teterkin Additive technology in repair work //Additive technologies. 2017. – No. 4. – P. 52-53.

12. The technology of repair. //Additive technologies. 2017. – No. 4. – S. 6.

13. Technology DMD — direct application of metals [Electronic resource]. –Mode of access: http://3d.globatek.ru/3d_printing_technologies/dmd_tech//∂ama treatment 03.06.2017 G.

УДК 631.3

УТИЛИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ В АПК

В.С. Герасимов, зав. лабораторией
E-mail: rosagroserv@list.ru
ФГБНУ Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва

Аннотация. *В работе представлены наиболее рациональные варианты разработки ресурсосберегающей экологоориентированной системы утилизации сельскохозяйственной техники «Сельхозрециклинг», дана прогнозная оценка финансовых затрат на создание системы.*

Ключевые слова: *капитальный ремонт, утилизация, метод, модель ценообразования, эксперимент, сельхозтехника, вторичные ресурсы, восстановление.*

В настоящее время парк сельхозмашин сократился более, чем в 3 раза, а капитальный ремонт практически не проводится по причине резкого сокращения ремонтной базы и высокой его стоимости.

В результате этого в АПК используется большое количество морально и физически устаревшей техники (таблица 1), технические характеристики которой не соответствуют важности выполняемой с её помощью работ.

Таблица 1- Возрастной состав некоторых видов сельскохозяйственной техники, %

№п/п	Наименование	2013	2014	2015	2016
1	Тракторы	283,0	270,0	255,1	144,0
2	Зерноуборочные комбайны	67,9	64,6	61,4	59,3
3	Картофелеуборочные комбайны	2,6	2,4	2,3	2,2
4	Свеклоуборочные машины	2,5	2,4	2,2	2,2
5	Кормоуборочные комбайны	16,1	15,2	14,0	13,3

Как показывает практика, в настоящее время в АПК России обновлению техники подвергается около 3% от общего парка машин.

Наиболее рациональным направлением изменения этой ситуации является утилизация устаревшей техники и приобретение новой, что практикуется в большинстве стран с развитым сельскохозяйственным производством.

Учитывая важность определения границ целесообразности проведения либо капитального ремонта агрегата или машины, либо проведение утилизации была разработана модель, объективно определяющая эти показатели. Эта модель при всей своей простоте позволяет четко определить эти границы и момент вывода техники из эксплуатации с целью её утилизации и замены на новую, более производительную.

В качестве базовой характеристики в этой модели (рисунок 1) выбраны затраты (цена, себестоимость) ремонта С.

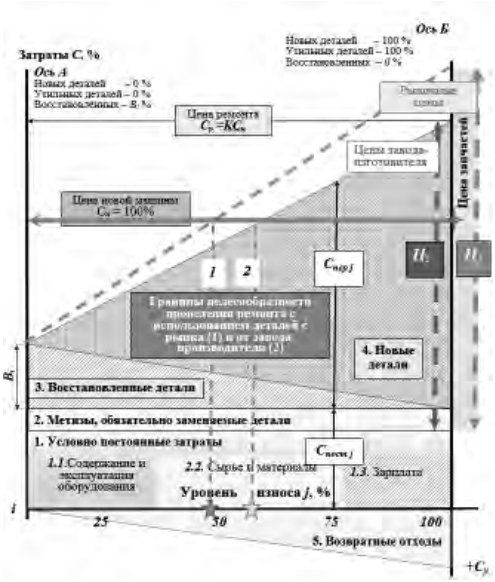


Рисунок 1 - Модель ценообразования при проведении капитального ремонта машины (агрегата)

В общем случае затраты на проведение ремонта машины, имеющей определённый уровень износа j, можно представить состоящей из двух слагаемых: из постоянных $C_{пост}$ и переменных $C_{пер\ j}$ затрат, т.е.

$$C_j = C_{пост\ j} + C_{пер\ j}. \quad (1)$$

Будем считать, что затраты $C_{пост}$, связанные с проведением ремонтных работ (мойка, разборка-сборка, дефектация, комплектование) практически не зависят от состояния объекта ремонта и их можно считать постоянными. Они складываются (рисунок 1) из зарплаты рабочих, затрат на содержание и эксплуатацию оборудования, сырьё и материалы, т.е. из «стандартных» статей расходов, которые при необходимости легко калькулируются. Также к этой составляющей затрат на ремонт может быть отнесена и стоимость обязательно заменяемых при ремонте деталей, деформируемых при разборке метизов и мелких оригинальных деталей. Их стоимость относительно невелика и составляет около 1…2% от стоимости объекта ремонта.

Переменные затраты складываются из цены новых деталей $Ц_j$, которые заменяются при ремонте и стоимости восстановленных деталей $В_j$, которые целесообразно восстанавливать и повторно использовать. Стоимость восстановления деталей можно рассчитать по известным формулам.

Затраты на ремонт каждого из нескольких объектов одного и того же вида будут различными и будут зависеть от уровня износа j объекта ремонта.

Здесь интерес представляют два граничных состояния объекта ремонта: *А* и *Б*.

Первая гипотетическая ось *А* соответствует затратам на ремонт объекта ремонта, износ которого практически равен i-му значению и близок к нулю. Такое допущение вполне возможно, поскольку объём изношенных на этот момент деталей не превышает 0,1…0,2% от массы объекта ремонта.

В этом случае для обеспечения требуемого уровня послеремонтного ре-

сурса $R_р$ (по нормативам $R_р \geq 0,8$) достаточно восстановить ресурс всех деталей и использовать их при сборке объекта ремонта, затратив на это сумму $В_i$.

При эксплуатации в объекте ремонта из износных явлений, количество деталей, восстановление которых целесообразно, будет уменьшаться и при 100% износе таких деталей практически не останется. Под 100%-м износом будем понимать невозможность повторного использования всех деталей и других компонентов, имеющихся в рассматриваемой машине.

Это состояние отражает вторая гипотетическая ось *Б*. Спецификой этого состояния является то, что при попытке проведения работ по возвращению данного объекта ремонта в эксплуатацию придётся провести комплекс ремонтных работ (п. 1 на рисунке 1) и затратить на это определённые средства. После этого потребуется приобрести полный комплект новых деталей и собрать машину (узел, агрегат) заново, а возвратные отходы (негодные детали) сдать в утиль, получив от утилизации этих отходов определённую сумму $С_у$.

Вполне понятно, что задолго до такого состояния машина становится не только неработоспособной, но и неремонтопригодной. И вопрос определения границ целесообразности выведения машины из эксплуатации для проведения ремонта или её утилизации является жизненно важным как для потребителей машин, так и для производителей. Использование рассмотренной выше модели позволяет в первом приближении проанализировать факторы, влияющие на граничные значения целесообразности проведения ремонта и определить момент выведения машины (агрегата) из эксплуатации и осуществления её утилизации.

В общем случае основным фактором, определяющим границы целесообразности проведения ремонта машины, является стоимость новой аналогичной машины на момент принятия решение.

Если известны значения затрат по осям *А* и *Б* (рисунок 1), а также цена новой машины $С_н$, то можно определить уровень износа, т.е. предельного технического состояния (в процессе приёмки, диагностирования или дефектации), при котором производить ремонт становится нецелесообразно. При этом, как видно из рисунка, стоимость проведения «восстановительного» ремонта при j=100%, будет превышать стоимость новой аналогичной машины, как минимум на стоимость проведения предварительных ремонтных работ.

Здесь следует также учитывать тот фактор, что стоимость комплекта деталей, требующихся для проведения ремонта при уровне износа j, будет зависеть, при всех прочих равных условиях, от источника их получения. Общеизвестно, что рыночная цена деталей $Ц_р$ существенно превышает их цену на заводе-изготовителе $Ц_з$ на 10…20 и более процентов.

На рисунке 1 показаны два варианта приобретения запчастей: по рыночным ценам $Ц_р$ (1) и по ценам завода-производителя данной машины $Ц_з$ (2).

Исходя из этого, граница целесообразности проведения капитального ремонта при варианте (1) смещается влево от второго варианта, когда для ремонта используются запчасти, поставляемые заводом-изготовителем, т.е. в сторону уменьшения предельного значения j.

Модель показывает, что границы целесообразности проведения капитального ремонта машины (агрегата) колеблются в зависимости от стоимости

запчастей, в пределах 50…60%. Соответственно, остаточный ресурс машины, которую по экономическим соображениям целесообразно не ремонтировать, а отправить на утилизацию, составляет от 40 до 50%.

Компоненты списанных машин могли бы использоваться как запасные части. В соответствии с действующим законодательством производитель техники обязан обеспечивать потребителей техники запасными частями в течение 10 лет после снятия этой техники с производства.

Такой подход к остаточному ресурсу отработавшей свой срок техники мог бы стать основой для взаимовыгодных отношений между производителями и потребителями техники, а также послужить базой для создания системы утилизации сельскохозяйственной техники. Структурная схема такого взаимодействия показана на рисунке 2.

Завод-производитель, используя свои сервисные центры, продаёт потребителю и готовит в этих центрах машины к эксплуатации.

Рисунок 2 – Структурная схема взаимодействия производителя и потребителя в вопросах обновления парка сельхозмашин и их утилизации

Как видно из опыта зарубежных стран, предлагаемая выше схема взаимодействия производителя и потребителя в вопросах обновления парка сельхозмашин и их утилизации (рисунок 2) уже давно успешно применяется производителями сельскохозяйственной техники в других странах и может быть реализована и в России.

В системе утилизации сельскохозяйственной техники в качестве примера разработки оптимальной модели системы утилизации техники (СУТ) был взят комбайностроительный завод ООО «КЗ» «Ростсельмаш». Создание при предприятии и его дилерах специализированных цехов (участков) позволит ООО «КЗ» «Ростсельмаш» снизить затраты на производство комплектующих изделий на 20-25%, получить прибыль от реализации компонентов рециклинга и увеличить ежегодный объем выпускаемой продукции на 35-40 единиц без привлечения дополнительных финансовых средств. На рисунке 3 представлена принципиальная схема этой модели.

Задачу по максимальному использованию вторичных ресурсов утилизируемой сельхозтехники могут успешно решать ремонтно-технические предприятия (РТП) и другие предприятия инженерной структуры АПК, которым рекомендовано создавать цеха (участки) по утилизации СХТ и восстановлению деталей. По нашим исследованиям в АПК в ближайшие 2-3 года должно быть создано не менее 120-150 таких специализированных цехов (участков). Расчеты показали реальные объемы потоков деталей, утилизируемой сельскохозяйственной техники, которые пройдут через них.

Рисунок 3

Ориентировочные годовые объемы потоков деталей по всей утилизируемой техники (тракторы, комбайны, сельхозтехника) составят:

- годных деталей ≈ 51-53% (105-110 млн. шт.);
- могут быть восстановлены ≈ 25-27% (50-55 млн. шт.);
- детали и узлы, которые по своему техническому состоянию не пригодны к дальнейшей эксплуатации ≈ 20-22% (38-42 млн. шт.) и передаются на переработку в специализированные предприятия;
- общее количество металлофонда от годовой утилизации (тракторы, комбайны, сельхозмашины) составит ≈ 3,2 млн. т.

Экспериментальной базой по формированию экологически безопасной системы утилизации сельскохозяйственной техники в наших исследованиях явился агрокомплекс Краснодарского края.

В последние годы в агрохозяйствах Краснодарского края растет количество сельскохозяйственной техники и животноводческого оборудования, которые уже выработали свой технический ресурс, ремонтировать их весьма дорого. Самый оптимальный вариант – это списание и утилизация изношенной техники.

По данным министерства сельского хозяйства Краснодарского края, сегодня в агрохозяйствах АПК используется 28,7 тыс. тракторов и 5,5 тыс. комбайнов, и из них 60% старше 10 лет, у фермеров имеется 3,5 тыс. комбайнов и 11,75 тыс. тракторов, причем изношенной техники больше 70%, поэтому фермеры обязательно должны принять участие в программе утилизации сельскохозяйственной техники.

За годы экономических реформ в структуре машинно-тракторного парка хозяйств Краснодарского края произошли изменения, обуславливающие оптимизацию структуры, повышение удельного веса сельскохозяйственных машин и снижению удельного веса тракторов по их стоимости в составе парка. Рост доли сельскохозяйственных машин создает условия для лучшего использования машинно-тракторного парка и повышения годовой выработки. Высокопроизводительное использование машинно-тракторного парка возможно лишь при соблюдении соответствующих количественных и качественных пропорций между наличием тракторов и сельскохозяйственных машин.

Однако в хозяйствах Краснодарского края с учетом новой программы утилизации обновлено всего лишь 15% от общего числа сельхозтехники.

В январе 2016 года на участке утилизации центральной ремонтной мастер-

ской ОАО «Племзавод им. В.И. Чапаева» Динского района Краснодарского края была проведена силами сотрудников ГОСНИТИ и СК НТЦ-филиал ГОСНИТИ экспериментальная оценка степени годности утилизируемых объектов (деталей, узлов и агрегатов при утилизации зерноуборочных и специальных комбайнов).

Основная цель проводимого эксперимента определить, техническое состояние объектов утилизации и рассортировать их на соответствующие группы годные, негодные и требующие восстановления.

С целью экспериментальной оценки степени годности утилизируемых объектов были выбраны пять типичных хозяйств АПК Краснодарского края:

ОАО «Племзавод» им. В.И. Чапаева Динского района;
ЗАО ПЗ «Гулькевичское» Гулькевичского района;
ОАО «Дружба» Калининского района;
СПК «Знамя Ленина» Щербиносвского района;
КФХ «Фидирко Д.Г.» Павловского района.

Основная цель проводимого эксперимента определить, техническое состояние объектов утилизации и рассортировать их на соответствующие группы: годные, негодные и требующие восстановления.

Представляет большой интерес информация по выявлению экспериментальных коэффициентов, характеризующих техническое состояние деталей и узлов тракторов К-700А, К-701, Т-150-К и других машин, которую представил ОАО «Ремонтно-механический завод «Алмаз» г. Казань, Республика Татарстан.

Таблица 2 – Потребности в финансовых ресурсах на создание системы утилизации сельскохозяйственной техники по отдельным компонентам затрат «с нуля»

Обозн.	Компонента затрат на:	1-й год	2-й год	3-й год	4 и пр. годы	За 4-е года
Q1а	инфраструктуру	5396,9	2447,8			
Q1б	законодательную базу;	539,7	244,8			
Q2	технологическую документацию	326,2	85,6	53,1		
Q3под	подготовительные и основные работы	1371,1	274,6	142,1		
Q3лог	логистику	1304,3	1676,9	1869,1	1869,1	
Q4	захоронение отходов	2275,2	3912,8	3600,5	3600,5	
ВГФРмах	∑Qгод= Q1+Q2+Q3+Q4	11156,8	8341,4	6690,5	5469,6	31658,3
ГФУСб		9611,3	9831,2	10135,2	10135,2	39712,9
ДОХОДЫ ОТ УТИЛИЗАЦИИ		3938,9	4525,6	4830,4	4830,4	18125,1

В таблице 2 приведены расчетные значения годовых финансовых потребностей на формирование системы утилизации сельхозтехники «с нуля».

Расходы на формирование Системы определялись исходя из предположения, что отрасль технорециклинга создается с «нуля». При этом определялась максимальная величина утилизационного сбора (ВУСбмах) для 100%-го обеспечения и покрытия всех возможных затрат на создание системы за минимально короткий срок.

Даже при таком сценарии развития и формирования системы величина максимального утильсбора будет составлять, в соответствии с принятой стратегией развития системы, в первый год около 8% и с каждым годом будет снижаться (рисунок 4).

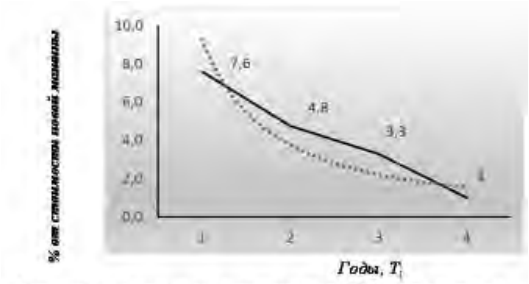


Рисунок 4 - Изменение максимальной $ВУСб^{max}$ по годам формирования Системы

Рисунок 4 – Изменение максимальной ВУСбмах по годам формирования системы

По результатам научных исследований в 2016 году разработаны:

3 метода: 1) определение основных приоритетов при создании экологически безопасной системы СХТ; 2) определение использования компонентов утилизации СХТ; 3) определение финансовых потоков при создании системы утилизации СХТ.

2 методологии: 1) определение целесообразности проведения утилизации СХТ; 2) создание видовой системы утилизации самоходной техники.

2 способа: 1) определение основных параметров при формировании отраслевой системы утилизации техники; 2) определение общих принципов обращения с отходами производства и потребления.

2 научные основы: 1) разработка математической модели определения финансовых потоков для формирования системы утилизации СХТ; 2) исследование факторов (технических, экономических, экологических), влияющих на показатели эффективности экологически безопасной системы утилизации СХТ для разработки конкретного регионального проекта.

- получены экспериментальные данные для подготовки расчетов коэффициентов, характеризующих техническое состояние сельхозмашин после проведения утилизации;
- накоплен научный и экспериментальный материал для разработки вариантов использования рециклируемых материалов.

Список использованных источников

1 Соловьев, С.А. Утилизация сельскохозяйственной техники: проблемы и решения [Текст]: (монография) / С.А. Соловьев, В.Ф. Федоренко, В.И. Игнатов, В.С. Герасимов, В.А. Макуев, И.Г. Голубев // ФГБНУ «Росинформагротех». – 2015. – 171 с.

2 Герасимов, В.С. Обоснование необходимости разработки системы утилизации

сельскохозяйственной техники [Текст]: / В.С. Герасимов, Р.Ю. Соловьёв, В.И. Игнатов // Лесной вестник. – 2014, № 2. – С. 28-34.

3 Соловьёв, С.А. Зачем нужна система утилизации техники [Текст]/ С.А. Соловьёв, В.С. Герасимов, В.И. Игнатов // Материалы Международной научно-практ. конф. на 25-й Междунар. специализир. выст. «Белагро-2015», МИНСК: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси. – 2015. – С. 86-96.

4 Игнатов, В.И. Новая концепция формирования системы утилизации техники [Текст] / В.И. Игнатов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2016/07/pdf/66.pdf. – Краснодар: КубГАУ. – 2016. – № 07(121). – С. 1065–1080.

UTILIZATION OF AGRICULTURAL MACHINERY IN AGRICULTURE

V.S. Gerasimov, head laboratory
E-mail: rosagroserv@list.ru
Federal Scientific Agroengineering Center VIM,
Moscow, E-mail: vim@vim.ru

Abstract. *The paper presents the most rational variants of development of resource-saving environmentally oriented utilization system of agricultural machinery «Agrorecycling «, presented predictive assessment finansowych the cost of creating the system.*

Keywords: *capital repairs, utilization, method, pricing model, experiment, farm, secondary resources, the recovery.*

List of sources used

1 Soloviev, S. A. Utilization of agricultural machinery: problems and solutions [Text]: (monograph) / S. A. Solovyov, V. F. Fedorenko, V. I. Ignatov, V. S. Gerasimov, V. A. Makeev, I. G. Golubev // GNU «Rosinformagrotekh».- 2015. – 171 p.

2 Gerasimov, V. S. Rationale for the development of utilization system of agricultural machinery [Text] / V. Gerasimov, R. Y. Soloviev, V. I. Ignatov // Forest Bulletin.- 2014, no. 2. – P. 28-34.

3 Soloviev, S. A. Why you need a disposal system technology [Text]/ S. A. Solovyov, V. S. Gerasimov, V. I. Ignatov // Materials of International scientific-pract. Conf. on the 25th Intern. .. CA. «Belagro-2015», MINSK: Institute of system researches in AIC national Academy of Sciences of Belarus. - 2015. – S. 86-96.

4 Ignatov, V. I. the New concept of formation of system of recycling technology [Text] / V. I. Ignatov // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban state agrarian University (the Scientific magazine of Kubsau) [an Electronic resource]. Mode of access: http://ej.kubagro.ru/2016/07/pdf/66.pdf. – Krasnodar: KubSAU. – 2016. – № 07(121). – P. 1065-1080.

УДК 621.892

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРСПЕКТИВНЫХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ С УГЛЕРОДНЫМИ НАНОЧАСТИЦАМИ

А.А. Гвоздев, д.т.н., проф. кафедры «Технический сервис и механика», ИГСХА, г.Иваново, e-mail: resurs1959@yandex.ru,
Н.А. Усольцева, д.х.н., проф., директор НИИ Наноматериалов, e-mail: nv_usoltseva@mail.ru,
Е.В. Березина, д.т.н., проф., доцент каф. «Общей и теоретической физики», e-mail: elena_berezina@mail.ru,
А.В. Дунаев, д.т.н., вед.н.с. лаб. ФГБНУ «ФНАЦ ВИМ», e-mail: dunaev135@mail.ru,
А.И. Смирнова, канд. физ.-мат.н., ст.н.с. НИИ Наноматериалов, e-mail: antonia_smirnova@mail.ru
Ивановский государственный университет

Аннотация. *Представлены результаты исследований влияния углеродных наночастиц (графена, одно-и многостенных нанотрубок) на триботехнические характеристики промышленных пластичных смазок. Показано, что это влияние зависит не только от них, но и от базового материала, снижая или увеличивая момент сил трения. Все же, введение наночастиц повышает предельную нагрузку до задира и позволяет использовать испытанные пластичные смазки избирательно, в зависимости от требований к узлам трения*

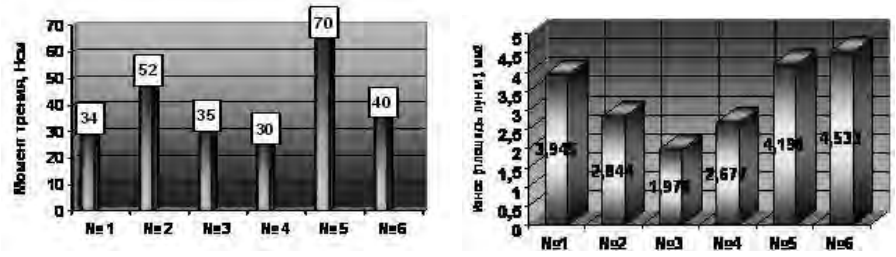
Ключевые слова: *триботехника, пластичные смазки, углеродные наночастицы, момент трения, износ*

Теория и практика управления триботехническими процессами привлекают все большее внимание как объекты интердисциплинарных исследований, результаты которых оказывают серьезное влияние на мировую экономику. Так показано, что оптимальное управление триботехническими процессами для уменьшения износа экономит от 1,0 до 1,4 % валового национального продукта развитых стран.

Приповерхностный слой смазочного материала, ориентированный силовым полем поверхностей трения, образует эпитропную мезофазу в поверхностно-ориентированных слоях. Это один из факторов пристального внимания к присадкам, смазкам и смазочно-охлаждающим технологическим средствам. А выявленная в последние годы мезогенность углеродных нанотрубок расширяют поиск новых веществ в качестве присадок или добавок к маслам и смазкам.

В настоящей работе приведены исследования по анализу влияния мезогенов различной химической природы на триботехнические характеристики пластичных смазок. Так на машине трения 2070 СМТ-1 по схеме «ролик-ролик» испытаны два отечественные и четыре зарубежные серийные

смазочные материалы (рисунок 1). Результаты их испытаний оказались противоречивыми: если уменьшаются силы трения, то увеличивается износ и наоборот



а) *б)*

Рисунок 1 – Момент трения (а) и износ (б) пары «ролик-ролик» в смазочных материалах: 1 – Rowe greaseguard ep2; 2 – Rowe greaseguard alltemp-2; 3 – Claas agrigrease ep2; 4 – «Газпромнефть» lx ep2; 5 – «Литол-24»; 6 – Jd premium.

Не все из представленных отечественных и зарубежных смазочных материалов обеспечивают высокую работоспособность узлов трения. Вывод сделан не только по моменту сил трения, но и по величине износа. Отсюда широко применяемая в практике технического обслуживания машин смазка «Литол-24» уже не отвечает возросшим современным условиям и требуется ее замена или совершенствование. Хорошей альтернативой к «Литолу-24», испытанным зарубежным аналогам и отечественным пластичным смазкам может быть смазка производства «Газпромнефть» LX EP2, содержащая новый пакет противоизносных, противоокислительных и загущающих присадок, обеспечивающая минимальный износ и момент сил трения.

Далее, на универсальной машине трения МТУ-01 (ТУ 4271-001-29034600-2004) были исследованы триботехнические характеристики трех промышленных пластичных смазок: Claas AGRIGREASE EP2 (A), «ГАЗПРОМНЕФТЬ» LX EP2 (B) и «Литол-24» (C), а также их композиции, содержащие 0.5 мас. % углеродных наночастиц различного строения: графена (графен многослойный окисленный производства г. Тамбов), одностенных (SWNT) и многостенных (MWNT) углеродных нанотрубок производства фирмы Arry Germany GmbH.

В испытаниях установлено, что влияние углеродных наночастиц при концентрации 0,5 мас. % существенно зависит не только от их типа, но и от используемого смазочного материала, как снижая (смазка A), так и увеличивая (смазки B и C) силу трения. Тем не менее, для всех испытанных составов введение наночастиц повышает предельную нагрузку до задира (рисунок 2).

Заключение. Полученные результаты позволяют использовать новые пластичные смазки с углеродными наночастицами избирательно, в зависимости от требований к узлам трения. Вместе с этим требуются дальнейшие исследования для обоснования оптимальной концентрации новых добавок в перспективные пластичные смазки.

Работа поддержана программой Минобрнауки РФ «Наука будущего» (Грант Ивановскому государственному университету № 16.1037.2017/4.6).

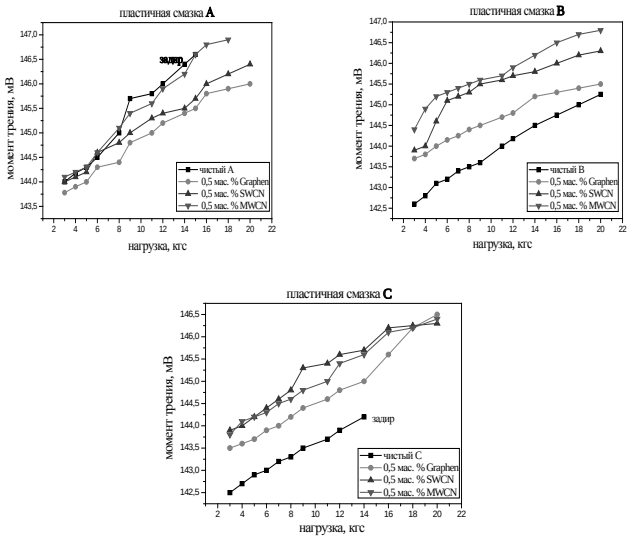


Рисунок 2 – Зависимости момента трения от нагрузки для пластичных смазок A, B, C и их композиций с углеродными наночастицами

Литература

1. Minami J. Ionic liquids in tribology. Molecules, 2009.–14 (6).- P. 2286-2305.

2. Usol'tseva N.V., Godlevsky V.A. Nanomaterials in tribological processes. Proceedings of International scientific and technical Conference named after Leonardo da Vinci. Berlin: Wissenschaftliche Welt e.V., 2013. – (T.1). – P. 227-233.

3. Bermudes M.-D., Martinez-Nicolas G., Carrion-Vilches F.-J. Tribological properties of liquid crystals as lubricant additives. Wear, 1997.– 212 (2). – P. 188-194.

4. Mori S., Iwata H. Relationship between tribological performance of liquid crystals and their molecular structure. Tribology International, 1996. – T. 29 (1). – P. 35-39.

5. Carrion F.-J., Martines-Nicolas G., Iglesias P., Sanes J., Bermudes M.-D. Liquid Crystals in Tribology. Int. J. Mol. Sci., 2009. – T. 10 (9). – P. 4102-4115.

6. Ермаков С.Ф. Трибология жидкокристаллических материалов и систем. Минск : Беларусь. Навука, 2011. – 380 с.

7. Усольцева Н.В., Акопова О.Б., Быкова В.В. Физико-химические свойства дискотических мезогенов, определяющие их использование // Жидкие кристаллы: дискотические мезогены / под ред. Н.В. Усольцевой. Иваново: Иван. гос. ун-т, 2004.- Гл. 6.- С. 490-540.

8. Сонин А.С., Чурочкина Н.А., Казначеев А.В., Голованов А.В. Жидкие кристаллы соединений углерода // Жидк. крист. и их практич. использ., 2017. – Т. 17. №3. – С. 5-28.

9. Usol'tseva N.V., Smirnova M.V., Kazak A.V., Smirnova A.I., Bumbina N.V., Il'in S.O., Rozhkova N.N. Rheological Characteristics of Different Carbon Nanoparticles in Cholesteric Mesogen Dispersions as Lubricant Coolant Additives. J. Friction and Wear, 2015. – T. 36 (5). – P. 380-385.

10. Mungse H.P., Khatri O.P. Chemically Functionalized Reduced Graphene Oxide as Novel Material for Reduction of Friction and Wear. J. Phys. Chem. C, 2014. – T. 118 (26). – P. 14394-14402.

11. Ding Y., Xu B., Guo R., Shen M. The preparation of silver sulfide nanoparticles in lamellar liquid crystal and application to lubrication. Materials Research Bulletin, 2005. – T. 40 (4).- P. 575-582.

12. Дунаев А. В., Филиппова Е. М. Нетрадиционная триботехника для повышения ресурса автотракторной техники: Итоги 25-летнего развития. М.: ГОСНИТИ, 2017. – 256 с.

TRIBOTECHNICAL CHARACTERISTICS OF LUBRICANTS WITH CARBON NANOPARTICLES

A. Gvozdev, Ph.D., Ivanovo State Agricultural Academy, e-mail: resurs1959@yandex.ru
N. Usol'tseva. Ph.D. of chemistry, Director of Nanomaterials Research Institute, Ivanovo State University, e-mail: nv_usoltseva@mail.ru
E. Berezina, Ph.D., Ivanovo State University, e-mail: elena_berezina@mail.ru
A. Dunaev, Ph.D., Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Agroengineering Center VIM», e-mail: dunaev135@mail.ru
A. Smirnova, Ph.D. in physics and math, senior researcher, Nanomaterials Research Institute, Ivanovo State University, e-mail: antonia_smirnova@mail.ru

Annotation. *The results of the effect of carbon nanoparticle additives (graphene, single- or multi-wall carbon nanotubes) on tribotechnical characteristics of three industrial plastic lubricants are presented. The effect depends on nanoparticle type as well as the base lubricant, both reducing and increasing the moment of friction. However, the introduction of nanoparticles increases the limiting load of seizure. The results are discussed on the basis of the principles of the formation of physically adsorbed boundary lubricating polymolecular layers and their self-organization into mesogenic structures.*

Keywords: *tribology; greases; carbon nanoparticles; epitropic mesophase; liquid crystals*

References:

1. Minami J. Ionic liquids in tribology. Molecules, 2009.- T. 14 (6).- P. 2286–2305.

2. Usol'tseva N.V., Godlevsky V.A. Nanomaterials in tribological processes. Proceedings of International scientific and technical Conference named after Leonardo da Vinci. Berlin: Wissenschaftliche Welt e.V., 2013 (T. 1).- P. 227–233.

3. Bermudes M.-D., Martinez-Nicolas G., Carrion-Vilches F.-J. Tribological properties of liquid crystals as lubricant additives. Wear, 1997.- P. 212 (2).- P. 188–194.

4. Mori S., Iwata H. Relationship between tribological performance of liquid crystals and their molecular structure. Tribology International, 1996.- T. 29 (1).- P. 35–39.

5. Carrion F.-J., Martines-Nicolas G., Iglesias P., Sanes J., Bermudes M.-D. Liquid Crystals in Tribology. Int. J. Mol. Sci., 2009.- T. 10 (9).- P. 4102–4115.

6. Ermakov S.F. Tribology of liquid crystal materials and systems. Minsk: Belarus. Navuka, 2011.- 380 p.

7. Usoltseva N.V., Akopova O.B., Bykova V.V. Physical and chemical properties of discotic mesogens determining their use / Liquid crystals: discotic mesogens // ed.In. Usoltseva. Ivanovo: Ivan. State University, 2004.- GL. 6.- P. 490-540.

8. Sonin A.S., Churochkina N.A. Kaznacheev A.V., Golovanov A.V. Liquid crystals of carbon compounds / Fluid. Crist. and their practitioner. Use., 2017.- Vol. 17.- No. 3.- P. 5-28.

9. Usol'tseva N.V., Smirnova M.V., Kazak A.V., Smirnova A.I., Bumbina N.V., Il'in S.O., Rozhkova N.N. Rheological Characteristics of Different Carbon Nanoparticles in Cholesteric Mesogen Dispersions as Lubricant Coolant Additives. J. Friction and Wear, 2015.- T. 36 (5).- P. 380–385.

10. Mungse H.P., Khatri O.P. Chemically Functionalized Reduced Graphene Oxide as Novel Material for Reduction of Friction and Wear. J. Phys. Chem. C, 2014.- T. 118 (26).- P. 14394–14402.

11. Ding Y., Xu B., Guo R., Shen M. The preparation of silver sulfide nanoparticles in lamellar liquid crystal and application to lubrication. Materials Research Bulletin, 2005.- T. 40 (4).- P. 575–582.

12. Dunaev A.V., Filippova E.M. Unconventional tribology to improve resource automotive engineering: Results of a 25-year development. M.: GOSNITI, 2017.- 256 p.

УДК 621.791

РАСЧЁТ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА НАПЛАВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И НАПЛАВЛЕННОГО СЛОЯ ПРИ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ НАПЛАВКЕ ФЕРРОМАГНИТНОЙ ШИХТОЙ

Вялков В.Г., доцент, к.т.н.;
Глазунов С.Н., доцент, к.т.н.;
Цирков П.А., старший преподаватель
ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (Национальный исследовательский университет)»,
кафедра «Технологии обработки материалов»,
г. Москва, (499) 267-00-62, mt13welding@gmail.com

Аннотация. *Настоящая работа посвящена математическому определению и расчёту химического состава наплавочных материалов и наплавленного слоя при электродуговой наплавке ферромагнитной шихтой с целью прогнозирования эксплуатационных и механических свойств получаемого металла.*

Ключевые слова. *Эксплуатационные свойства; легирующие элементы; коэффициент перехода; ферромагнитная шихта; доля участия основного и присадочного металлов; прогнозирование свойств наплавленного металла.*

Для обеспечения необходимых эксплуатационных свойств поверхности изделия металл наплавленного слоя должен содержать определенные легирующие элементы. Основным способом легирования поверхностного слоя при дуговых способах наплавки является введение в сварочную ванну соответствующих элементов в металлическом состоянии. Легирование в этом случае происходит в результате:

– поступления легирующего элемента из расплавляемого при наплавке основного металла;

– поступления легирующего элемента из присадочного металла (плавящейся электродной проволоки);

– поступления легирующего элемента из шихты [1].

Однако в процессе дуговой наплавки часть легирующих элементов окисляется (выгорает), теряется при разбрызгивании и поэтому в составе наплавленного металла их содержание будет меньше, чем в наплавочных материалах (электродной проволоки и шихте). Потери легирующих элементов оцениваются коэффициентом перехода (усвоения). Коэффициент перехода легирующего элемента представляет собой отношение содержания легирующего элемента в металле наплавки к суммарному содержанию его в наплавочных материалах. Величина коэффициента перехода зависит от ряда фактов, основными из которых являются химическая активность легирующего элемента и способ наплавки [2].

Чем выше степень сродства легирующего элемента с кислородом, тем меньше, при прочих равных условиях, коэффициент его усвоения наплав-

ленным металлом, т.е. чем активнее окисляется легирующий элемент в зоне наплавки, тем меньше его содержание в наплавляемом слое. При прочих равных условиях (концентрация, температура, состав газовой и шлаковой фазы), поступающие в наплавляемый слой элементы по убывающей степени сродства к кислороду при температуре до 1600°С могут быть представлены в виде следующего ряда: Mg-Al-Zr-Ti-Si-V-Mn-Cr-Mo-W-Fe-Co-Ni-Cu. Элементы, стоящие в этом ряду справа от железа, практически полностью усваиваются. Элементы, находящиеся слева, в той или иной мере окисляются и лишь частично легируют наплавляемый металл. При этом степень легирования тем меньше, чем дальше этот элемент расположен от железа.

Так как легирование металла наплавки может производиться элементами основного металла, электродной проволоки и шихты, возникает необходимость раздельной оценки степени перехода того или иного элемента из этих составляющих наплавленного слоя.

При определении значений коэффициентов перехода необходимо также учитывать способ наплавки. Основным отличием способа наплавки ферромагнитной шихтой является то, что шихта подается на сварочную проволоку и под действием магнитного поля сварочной цепи притягивается к ней, образуя покрытие, аналогичное электродному. Поэтому, для ряда легирующих элементов можно воспользоваться данными по значениям коэффициентов перехода применительно к ручной дуговой сварке покрытыми электродами. Ориентировочные значения коэффициентов перехода основных легирующих элементов, находящихся в основном металле, сварочной проволоке и вводимых в состав шихты, приведены в сводной таблице 1.

Таблица 1 – Коэффициент перехода легирующих элементов

ЭЛЕМЕНТ	Al	Ti	Si	Mn	V	C		Nb	Cr	Mo	W	Co	Ni	Cu
Значение коэффициента перехода элемента из сварочной проволоки в наплавленный слой Кппр	0,19	0,22	0,40	0,45	0,48	0,45		0,65	0,75	0,80	0,85	0,92	0,95	0,98
Значение коэффициента перехода элемента из шихты в наплавленный слой Кпш	0,09	0,12	0,37	0,40	0,45	0,30 (из Гр)	0,60 (из ФС)	0,60	0,70	0,75	0,83	0,88	0,93	0,96
Гр – графит; ФС – ферросплав														
Коэффициент перехода элементов в наплавленный слой из основного металла Кпом ≈ 1, т.к. элементы основного металла попадают в наплавленный слой, минуя сварочную дугу.														
Значения коэффициентов перехода для вольфрама (W), кобальта (Co) и меди (Cu) определены на базе известных коэффициентов перехода для Mo и Ni в соответствии с расположением этих элементов в ряду, характеризующим их сродство с кислородом.														

Расчет химического состава наплавки и наплавочных материалов

1. Расчет химического состава наплавленного слоя в зависимости от заданного химического состава наплавочных материалов.

Содержание легирующего элемента «Э» в наплавленном слое в общем случае можно определить по зависимости:

$$Э_н = g \times Э_{ом} \times К_{пом} + (1 - g) \times g_ш \times Э_ш \times К_{пш} \quad (1)$$

где: Эн – содержание химического элемента «Э» в наплавленном слое, %;

Эом – содержание химического элемента «Э» в основном металле, %;

Эпр – содержание химического элемента «Э» в сварочной проволоке, %;

Эош – общее содержание химического элемента «Э» в шихте, %;

Кпом – коэффициент перехода данного химического элемента из основного металла в наплавленный слой (см. таблицу 1);

Кппр – коэффициент перехода данного химического элемента из сварочной проволоки в наплавленный слой (см. таблицу 1);

Кпш – коэффициент перехода данного химического элемента из шихты в наплавленный слой (см. таблицу 1);

gш – относительный вес шихты;

g –доля участия основного металла в составе наплавленного слоя.

Относительный вес шихты рассчитывается по формуле:

$$g_{Ш} = \frac{М_{Ш}}{М_{ПР}} \quad (2)$$

где: Мш и Мпр – соответственно масса шихты и сварочной проволоки, участвующих в формировании наплавленного слоя.

При использовании в составе шихты ферросплавов относительный вес шихты может составлять gш = (0,35 ÷ 0,8).

Доля участия основного металла в составе наплавленного слоя «g» определяется как отношение площади проплавления основного металла ко всей площади поперечного сечения наплавленного валика.

Общее содержание химического элемента «Э» в шихте:

$$Э_{ОШ} = \sum_{i=1}^{n}(P_i \times Э_i), \% \quad (3)$$

где: Pi - относительное количество i – го компонента шихты, содержащего легирующий элемент «Э» (процентное содержание i – го компонента в шихте, деленное на 100); Эi – содержание легирующего элемента «Э» в Pi – ом компоненте шихты, %; n – количество компонентов в шихте, содержащих элемент «Э».

Например:

В состав шихты входят два компонента: P1 в количестве 20% и P2 в количестве 15%. При этом содержание элемента «Э» в компоненте P1 составляет 60%, а в P2 – 1%. Тогда общее содержание элемента «Э» в шихте:

$$Э_{ОШ} = 0{,}2 \times 60 + 0{,}15 \times 1 = 12 + 0{,}15 = 12{,}15\,\%$$

При наплавке, как правило, стремятся уменьшить до минимума глубину проплавления основного металла. Поэтому, долей участия основного металла в металле наплавки можно пренебречь, т.е. принять g = 0. Тогда выражение (1) при использовании для наплавки легированной сварочной проволокой примет вид:

$$Э_{Н} = Э_{ПР} \times К_{ППР} + g_{Ш} \times Э_{ОШ} \times К_{ПШ} \quad (4)$$

Для наплавочных работ часто применяется менее дефицитная низкоуглеродистая сварочная проволока (Эпр = 0), а легирование наплавляемого слоя выполняется элементами шихты. В этом случае содержание легирующего элемента «Э» в наплавленном металле определяется только его содержанием в компонентах шихты:

$$Э_{Н} = g_{Ш} \times Э_{ОШ} \times К_{ПШ}, \% \quad (5)$$

В качестве компонентов шихты чаще всего используются ферросплавы или металлические порошки [1], а легирование наплавленного слоя необ-

ходимым легирующим элементом «Э» осуществляется с помощью одного (основного по данному легирующему элементу) компонента, содержащего значительно большее, по сравнению с другими компонентами шихты, количество этого элемента. Если другие компоненты шихты содержат в виде примесей элемент «Э», то суммарное количество этого элемента может влиять на химический состав наплавленного слоя. Для оценки степени этого влияния по формуле (3) рассчитывается общее количество элемента «Э», находящегося во всех, за исключением основного по данному легирующему элементу, компонентах шихты. Если сумма полученного значения и содержания элемента «Э» в основном компоненте шихты с учетом коэффициента перехода не приводит к превышению максимального содержания этого элемента в наплавке, содержанием элемента «Э» во всех остальных компонентах, кроме основного для данного легирующего элемента, можно пренебречь.

Тогда Эош = Р × Эрш и выражение (5) будет иметь вид:

$$Э_{Н} = g_{Ш} \times P \times Э_{РШ} \times К_{ПШ}, \% \quad (6)$$

где: Р – относительное количество компонента (ферросплава, металлического порошка) шихты, содержащего существенно большую, по отношению к другим компонентам, концентрацию легирующего элемента «Э»; Эрш – содержание легирующего элемента «Э» в компоненте «Р» шихты, %.

2. Расчет химического состава наплавочных материалов в зависимости от заданного химического состава наплавленного слоя.

В этом случае по заданному содержанию легирующего элемента в наплавке Эн производится расчет необходимого содержания этого элемента в шихте Эш в зависимости от его содержания Эпр в выбранной марке проволоки.

При наплавке ферромагнитной шихтой с участием легированной проволоки, содержащей легирующий элемент «Э», необходимое общее содержание этого элемента в шихте в соответствии с (4) определяется по зависимости:

$$Э_{ОШ} = \frac{Э_{Н} - Э_{ПР} \times К_{ППР}}{g_{Ш} \times К_{ПШ}}, \% \quad (7)$$

При использовании низкоуглеродистой сварочной проволоки в соответствии с (5):

$$Э_{ОШ} = \frac{Э_{Н}}{g_{Ш} \times К_{ПШ}}, \% \quad (8)$$

Если легирование наплавленного слоя элементом «Э» выполняется не одним, а несколькими компонентами шихты, относительное количество каждого компонента Pi и концентрация элемента в этом компоненте Эi определяется в результате подбора ферросплавов или порошков, состав которых удовлетворяет условиям, определяемым зависимостью (3).

Если легирование наплавленного слоя необходимым легирующим элементом «Э» осуществляется с помощью одного компонента шихты «Р», и содержание «Э» в других компонентах шихты можно не учитывать, то в соответствии с (6):

$$Э_{РШ} = \frac{Э_{Н}}{g_{Ш} \times P \times К_{ПШ}}, \% \quad (9)$$

Отсюда количество компонента шихты «Рп» в процентах, содержащего легирующий элемент «Э» в количестве Эрш, определяется как:

$$P_{\text{П}} = 100 \times P = 100 \times \frac{\text{Э}_{\text{Н}}}{g_{\text{Ш}} \times \text{К}_{\text{ПШ}} \times \text{Э}_{\text{РШ}}}, \% \qquad (10)$$

Задача расчетного определения химического состава наплавленного металла и наплавочных материалов решается только в первом приближении, т.к. коэффициенты перехода, используемые в расчетах, зависят от режимов наплавки и металлургических процессов, протекающих в сварочной (наплавочной) ванне.

Выводы.

1. Эксплуатационные и механические свойства металла наплавленного слоя зависят от содержания в нем определенных легирующих элементов.

2. В процессе дуговой наплавки часть легирующих элементов, входящих в состав наплавочных материалов, окисляется (выгорает) и теряется при разбрызгивании, что приводит к изменению свойств наплавляемого слоя. Потери легирующих элементов оцениваются коэффициентом перехода (усвоения). Величина коэффициента перехода зависит от ряда фактов, основными из которых являются химическая активность легирующего элемента и способ наплавки.

3. Прогнозирование свойств наплавленного металла в зависимости от концентрации легирующих элементов в наплавленном слое является важной задачей. Приведенные зависимости позволяют расчетным путем применительно к условиям электродуговой наплавки ферромагнитной щихтой определить примерный химический состав:

– наплавленного слоя по заданному составу ферромагнитной шихты;

– ферромагнитной шихты по заданному химическому составу наплавленного слоя.

Литература

1. Пат. 2448823 Российская Федерация, МПК B23K 35/36, B23K 9/04. Ферромагнитная шихта для дуговой наплавки деталей машин, изготовленных из железоуглеродистых сплавов / Макаров Э.Л., Вялков В.Г., Глазунов С.Н., Коновалов А.В., Апраксин Д.В, патентообладатель Апраксин Д. В. – №2010104100/02, 09.02.2010; заявл. 09.02.2010; опубл. 27.04.2012, Бюл. №12 – 7 с.

2. Ерохин А. А. Основы сварки плавлением. Физико-химические закономерности. «Машиностроение », 1973. 448 с.

THE CALCULATION OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE ALLOYING MATERIAL AND THE DEPOSITED LAYER FOR ARC WELDING FERROMAGNETIC CHARGE

V.G. Vjalkov, Senior lecturer, Cand.Tech.Sci.
S.N. Glazunov, Senior lecturer, Cand.Tech.Sci.
P.A. Tsirkov, Senior lecturer
(department «Materials processing technologies» BMSTU, Moscow,
phone (499) 267-00-62, mt13welding@gmail.com)

Abstract. *The present work is devoted to the mathematical definition and calculation of the chemical composition of the alloying material and the deposited layer when arc welding ferromagnetic charge is used to predict the performance and mechanical properties of the resulting metal.*

Keywords. *Performance properties; alloying elements; the transition rate; a ferromagnetic charge; the share of base and filler metals; prediction of weld metal.*

Literature

1. Patent No. 2448823 Russian Federation, IPC B23K 35/36, B23K 9/04. Ferromagnetic charge for arc welding machinery parts, made of iron-carbon alloys / Makarov, E. L., Vyalkov, V. G., Glazunov S. N., Alexander Konovalov, Dmitry Apraksin, the patentee Apraksin D. V. No. 2010104100/02, 09.02.2010; Appl. 09.02.2010; publ. 27.04.2012, bull. No. 12 – 7 s

2. Erokhin A. A. Fundamentals of fusion welding. Physico-chemical principles. «Engineering «, 1973. 448 p

УДК 621.891. 22.

ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОГО УПРОЧНЕНИЯ ПРОФИЛИРОВАННЫМ И КОЛЕБЛЮЩИМСЯ ЛУЧОМ НА ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Бирюков В.П., в.н.с., отдел «Трение, износ и смазка» доцент, к.т.н.
+7 (499) 135-35-19, E-mail: laser-52@yandex.ru
Фишков А.А., E-mail: spsmetro@yandex.ru
Татаркин Д.Ю., E-mail: denis_tatarkin@bk.ru
Федеральное государственное учреждение науки Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук, г. Москва

Аннотация. *В работе представлены результаты металлографических исследований и трибологических испытаний поверхностей трения чугунов и сталей, упрочненных лазерным лучом. Показано, что упрочнение профилированным лучом и колеблющимся с использованием гальваносканера обеспечивает ширину зоны упрочнения 5-13, и 15-50 мм при глубине слоя 0,3-2,0 и 0,2-2,5 мм соответственно за один проход. Применение широкополосной наплавки позволит расширить номенклатуру деталей, работающих в условиях ограниченной смазки или без смазочного материала. Проведенные испытания образцов показали повышение износостойкости и задиростойкости в 1,5-2 раза по сравнению с азотированными образцами стали 40Х2НМА.*

Ключевые слова. *Лазерное упрочнение, профилированный и колеблющийся лазерный луч, износостойкость и задиростойкость.*

Введение. В промышленном производстве в настоящее время используются различные типы лазеров: твердотельные, газовые, волоконные, диодные, дисковые и другие. Для большинства лазерных установок на выходе из резонатора формируется пятно круглого сечения [1]. При воздействии на поверхность детали таким пятном в его центре время воздействия определяется отношением диаметра луча к скорости его перемещения, а по краям оно стремиться к нулю. Для устранения этого недостатка стремятся придать лазерному пятну на поверхности обрабатываемой детали прямоугольную форму или близкую к ней с помощью колебаний луча по нормали к направлению вектора скорости перемещения детали (луча) [2]. Применяется высокочастотное сканирование луча с частотами 150-1200 Гц или гальваносканеры со скоростью перемещения луча до 10 м/с, частотой колебаний луча 3-100 Гц в зависимости от амплитуды. При 100% закалке поверхностей деталей с наложением дорожек в местах их перекрытия образуются зоны отпуска, составляющие по ширине на упрочняемой поверхности рядом с дорожкой 0,5 – 3,0 мм расфокусированнным лучом и 0,1-0,2 мм при закалке колеблющимся, с высокой частотой, лучом в зависимости от режимов обработки. Уменьшение размера и количества зон отпуска или их исключение способствует повышению износостойкости и задиростойкости закаленных сканирующим лазерным лучом поверхностей трения деталей машин рабо-

тающих в условиях смазывания жидким или пластичным смазочным материалом. При отсутствии в смазки в парах трения отклонение твердости поверхностных слоев не должно превышать 6 - 8 HRC.

Лазерное упрочнение стали AISI 4140 с различным перекрытием дорожек закалки от 3 до 6 мм, проводили на твердотельном лазере с размером пятна 12×8 мм с мощностью излучения 800-1200 Вт при скорости перемещения 0,3-2 мм/с образцов с размерами 76,2×50,8×25,4 мм [3]. При оптимальной мощности излучения 850 Вт при перекрытии дорожек 5 мм получена глубина закаленного слоя 1,9-2 мм без плавления поверхности. Максимальная твердость зон закалки 668-700 HV (58 HRC). Твердость на участках перекрытия лазерных дорожек колебались от 480 HV (48 HRC) до 669 HV (58 HRC). Разница глубины двух соседних закаленных дорожек составила 0,2 мм.

Обработку сталей AISI 1018, AISI 4140 и серого чугуна проводили на диодном лазере при постоянной мощности 4 кВт. Луч имел прямоугольный профиль размером 13×4 мм [4]. Скорость сканирования варьировалась от 1000 до 2000 мм/мин. Испытания на изнашивание проводили по схеме диск – плоскость по стандарту США ASTM G-99-95A при нагрузке 100 Н без смазочного материала. Образцы из сталей и серого чугуна имели поперечное сечение 15 ×10 мм (поверхность трения), при толщине 3,5 мм. Диск был изготовлен из подшипниковой стали SAE 52100 и упрочнен до твердости 60-62 HRC. Путь трения за время испытаний – 5000 м при скорости скольжения 5 м/с. Металлографическими исследованиями установлено, что с увеличением скорости перемещения луча микротвердость возрастает для сталей AISI 1018 с 287 до 349 HV, AISI 4140 с 559 до 638 HV, для серого чугуна 654-830 HV. Глубина зон упрочнения для образцов из сталей составила 150-200 мкм, для чугуна 350-400 мкм. При испытании на изнашивание образцов стали AISI 1018 установлено, что наибольшая износостойкость получена при упрочнении лазерным лучом с минимальной скоростью 1000 мм/мин и твердостью 287 HV. Это связано с образованием окисных пленок препятствующих износу образца. Износостойкость образцов стали AISI 4140 повысилась в 2,5; 5 и 10 раз пропорционально увеличению скорости 1000, 1500 и 2000 мм/мин перемещения лазерного луча и микротвердости упрочненных зон. Наибольшая износостойкость образцов из серого чугуна в 10 раз получена при средней скорости обработки 1500 мм/мин и микротвердости 739 HV. При более высокой твердости упрочненного слоя серого чугуна происходит хрупкое разрушение поверхности образца с отделением крупных частиц износа.

Лазерную обработку осуществляли с помощью непрерывного CO2 – лазера при мощности излучения 2,2-2,7 кВт. Для поперечных колебаний луча использовали сканатор с частотой колебаний зеркала 140 – 250 Гц и амплитудой до 20 мм. Диаметр лазерного луча изменяли в пределах 2,8-16,2 мм. Упрочнению подвергали образцы из нормализованной стали 40Х с размером 15×30×450 мм и чугуна СЧ20 размером 50×120×1800 мм. Для увеличения поглощения излучения поверхность образцов покрывали покрытием СГ504. Размеры зон упрочнения стали 40Х диаметром луча 6 и 8 мм получена максимальная глубина закаленного слоя 1,2 мм и ширина 14-15 мм при скорости перемещения луча 0,2 м/мин. Амплитуда колебаний луча при этом составляла 18 – 19 мм. При плотности мощности 0,23·10-4

Вт/см^2, оплавление поверхности отсутствует. При лазерной закалке чугуна СЧ20 максимальная глубина упрочненного слоя – 1,2 мм при диаметре луча 16,2 мм без оплавления поверхности. Плотность мощности принимала значения (0,094–0,13)·10-4 Вт/см^2. Испытания на износостойкость при трении качения образцов стали 40Х показали значительное увеличение износостойкости по сравнению с образцами после печной закалки и отпуска. Исследования структуры чугуна после испытания показало, что в приповерхностном слое формируется сетка трещин, и эта технология не рекомендуется для использования в узлах трения качения.

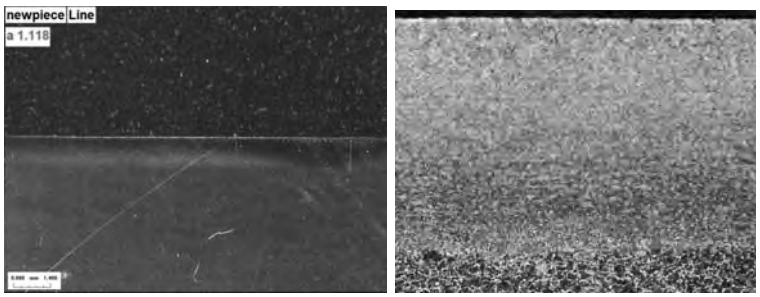
Целями работы являются: увеличение ширины зоны лазерной закалки за один проход, уменьшение или исключение зон отпуска при лазерном упрочнении для повышения ресурса работы деталей машин.

Методика проведения исследований. Для экспериментов использовали универсальное оборудование ООО НТО «ИРЭ-Полюс» содержащее лазерные установки ЛС-6, ЛС-4 и ЛС-1, робот KUKA, сканер IPG 2D, технологический стол. Лазерное упрочнение производилось на образцах из стали 40Х, 40ХН2МА с размерами 12×16×70, 10×60×180 мм. Варьируемыми параметрами были расстояние от фокальной плоскости в пределах 25-200 мм, мощность излучения 1000-2000 Вт, скорость перемещения луча 10-20 мм/с на лазере ЛС-6. Обработка стали 40ХН2МА проводилась с использованием сканирующих устройств: расстояние от фокальной плоскости 50-200 мм, шаг сканирования 50-1500 мкм, ширина зон обработки 15-25 и 50 мм, мощность излучения 1000 и 2000-4000 Вт на волоконных лазерах ЛС-1, ЛС-4. Металлографические исследования выполняли на микротвердомере DURASCAN-70 при нагрузке 0,98 Н, микроскопе Olympus GX-51.

Для определения задиростойкости упрочненных образцов использовали универсальную машину трения МТУ-01. Испытания проводили по схеме плоскость (образец с лазерной закалкой или азотированный стали 40Х) – кольцо (контробразец сталь 40Х с объемной закалкой 52-54HRC). В качестве смазочного материала применяли масло индустриальное И-20. Удельное давление изменяли в пределах 1 – 4 МПа, скорость скольжения 0,5-4 м/с.

Результаты исследований и их обсуждение. При упрочнении стали 40Х на лазере ЛС-6 круглым пятном получены дорожки закалки глубиной 0,6-1,2 мм, шириной 3,5-5,5 мм в зависимости от расстояния от фокальной плоскости. Лазерная закалка при расстоянии от фокальной плоскости менее 40 мм приводит к кинжальному проплавлению материала основы на глубину 2-4 мм. Микротвердость зон закалки изменялась в пределах 6240-7280 МПа. Для мощности излучения 1000 и 2000 Вт найдены режимы закалки без оплавления поверхности образцов при дефокусировке на 75 и 100 мм и скорости перемещения луча 10 и 20 мм/с соответственно.

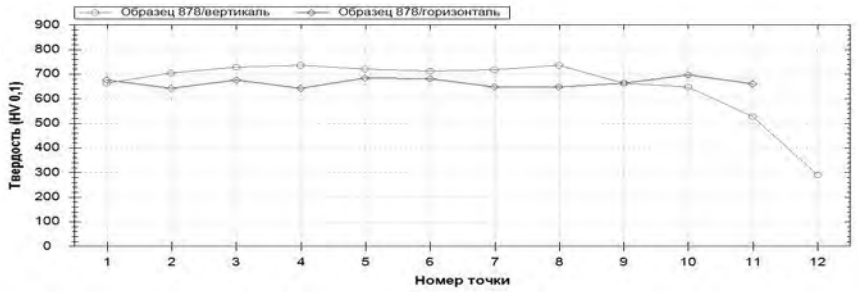
При лазерной закалке образцов стали 40ХН2МА в импульсном режиме при мощности излучения 1000 Вт ширине зоны закалки 15-25 мм получены зоны упрочнения с глубиной слоя 0,2-2000 мкм. Микротвердость измеряли по ширине и глубине закаленного слоя с шагом 100 и 200 мкм. На рис. 1(а и б) представлены микрошлифы зон закалки стали 40ХН2МА с глубиной закаленного слоя 1,118 мм при ширине зоны 15 мм.



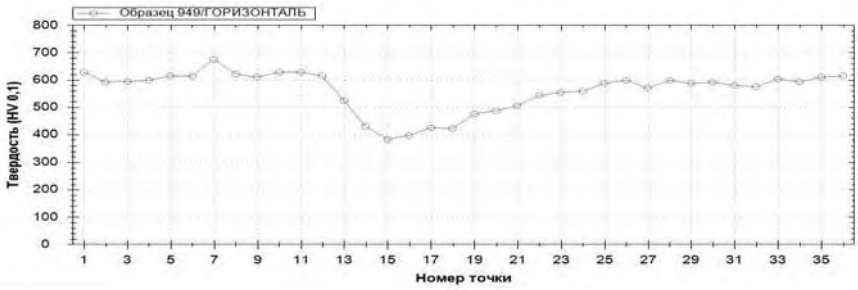
а *б*

Рисунок 1 – Лазерное упрочнение стали 40ХН2МА: а - общий вид поперечного шлифа; б – микроструктура ×50

Микротвердость упрочненных зон составила 6410-7340 МПа или 56-60 HRC. Графики измерения микротвердости единичной дорожки закалки и с наложением дорожек представлены на рис. 2 (а и б).



а



б

Рисунок 2 – Графики микротвердости зон закалки стали 40Х2НМА: а – единичная дорожка с шириной 15 мм, б – с перекрытием зон закалки 15%

Лазерное упрочнение образцов стали 40ХН2МА на установке ЛС – 4 проводилось с целью дальнейшего увеличения ширины и глубины зоны закалки. При мощности излучения 2000 Вт получены дорожки закалки с шиной 50 и глубиной 0,2-2,0 мм. Увеличение мощности до 4000 Вт позволило получить слои с глубиной закалки до 2,5 мм при той же ширине обработанной зоны. На рис. 3 представлен микрошлиф дорожки закалки стали 40ХН2МА.

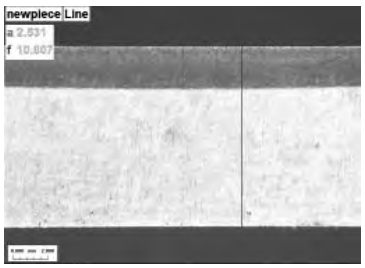


Рисунок 3 – Микрошлиф зоны закалки стали 40Х2НМА при мощности излучения 4000 Вт

Проведенные испытания образцов показали повышение износостойкости и задиростойкости в 1,5-2 раза по сравнению с азотированными образцами стали 40Х2НМА.

Разработанная технология широкополосной лазерной закалки лучом волоконного лазера при использовании сканеров IPG 2D позволит расширить номенклатуру деталей. Ширина зоны упрочнения 15-50 мм за один проход позволяет обрабатывать посадочные места шеек валов различных механизмов и машин под подшипники качения и скольжения. Кроме того эта технология может быть использована для упрочнения гибочных и других штампов при глубине упрочненного слоя 2,5 мм.

Выводы. Для деталей, работающих в условиях ограниченной смазки или без смазочного материала, разработана технология упрочнения с использованием волоконных лазеров и 2D сканеров с шириной закаленных слоев 15-50 мм при глубине зоны 0,2 – 2,5 мм.

Износостойкость и задиростойкость упрочненных волоконным лазером зон в 1,5-2,0 раза выше, чем азотированных образцов стали 40Х2НМА.

Литература

1. Справочник по лазерной сварке / Под ред. С. Катояма. М.: ТЕХНОСФЕРА. 2015. – 704 с.

2. Бирюков В.П. Расчетно-экспериментальное определение параметров упрочненных зон при лазерной закалке чугунов и сталей //ФОТОНИКА. 2017. №2.

3. Lakhkar R.S., Shin Y.C., Krane J.M. Predictive modeling of multi-track laser hardening of AISI 4140 steel // Materials Science and Engineering A 480 (2008) 209–217.

4. Sridhar K., Katkar V.A., Singh P.K, Haake J.M. Dry sliding friction wear behaviour of high power diode laser hardened steels and cast iron // J. Surface Engineering 2007 VOL 23 NO 2 pp. 129-141.

5. Иванов Ю.А., Ивашов Г.П., Пикунов А.С., Сафонов А.Н. Особенности лазерной закалки стальных и чугунных изделий в условиях сканирования //Физика и химия обработки материалов 1987. №4. С. 50-54.

THE INFLUENCE OF LASER HARDENING PROFILED AND THE OSCILLATING BEAM TO INCREASE THE WEAR RESISTANCE OF MACHINE PARTS

Biryukov V. P., PhD (Department of «Friction, wear and lubrication»), associate Professor , Ph. D.
+7 (499) 135-35-19, E-mail: laser-52@yandex.ru
A. A. Fishkov, E-mail: spsmetro@yandex.ru
D. Y. Tatarkin, E-mail: denis_tatarkin@bk.ru
Federal budget-funded research Institute for machine science named after A. A. Blagonravov of the Russian Academy of Sciences, Moscow

Abstract. *The paper presents the results of metallographic analysis and tribological tests of friction surface of cast irons and steels, hardened by the laser beam. It is shown that the hardening of the profiled beam and oscillating with the use of galvanoscanner provides the width of the hardening zone 5 – 13, 15 – 50 mm at a layer depth of 0.3 to 2.0 and 0.2 – 2.5 mm, respectively, in a single pass. The use of a broadband surfacing will expand the range of parts, working in conditions of limited lubrication or without lubrication. Tested samples showed increase of wear resistance and resistance to scoring 1.5 – 2 times compared to samples nitrided steel 40X2HMA.*

Keywords. *Laser hardening, shaped and oscillating laser beam, wear resistance and scoring resistance.*

Reference

1. Handbook of laser welding / ed. by S. Katayama. M.: TECHNOSPHERE. 2015. – 704 p.

2. Biryukov V.P. Calculation and experimental determination of parameters of hardened zones during laser hardening of cast irons and steels //PHOTONICS. 2017. No.2.

3. Lakhkar, R.S., Shin Y.C., Krane J.M. Predictive modeling of multi-track laser hardening of AISI 4140 steel // Materials Science and Engineering A 480 (2008) 209-217.

4. Sridhar K., Katkar V.A., Singh P.K, Haake J.M. Dry sliding friction wear behaviour of high power diode laser hardened steels and cast iron // J. Surface Engineering 2007. VOL 23. NO 2 pp. 129-141.

5. Ivanov Y.A., Ivashov G.P., Pikunov A.S., Safonov A.N. Features of laser hardening of steel and cast iron products in terms of scanning //Physics and chemistry of processing of materials 1987. No.4. P. 50-54.

УДК 62-529

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ РОСТА МДО-ПОКРЫТИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НАНОЛЕГИРОВАНИЯ С ЭФФЕКТОМ ЭЛЕКТРОФОРЕЗА.

С.Н. Артамонов, аспирант, инженер
Д.И. Скоропупов, ст. науч. сотр.
Д.А. Милованов, аспирант, мл. науч. сотр.к
ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», Россия, г. Москва
E-mail: info@firma-tom.ru; Телефон: +7(499)174-8115

Аннотация: *На основе математического анализа рассмотрена кинетика роста МДО-покрытия при использовании эффекта электрофореза. Показана возможность снижения коэффициента трения в сопряженных парах за счет нанолегирования.*

Ключевые слова: *микродуговое оксидирование, нанолегирование, скорость роста покрытия.*

Выход из строя деталей машин и механизмов или негативное влияние на качество производимой продукции как следствие интенсивного износа сопряжений – одна из самых распространённых проблем современности. О важности проблемы трибологии говорят следующие цифры: потери на трение составляют до 30% потребляемой в мире энергии, а расходы на устранение преждевременного износа машин достигают 2% валового национального продукта развитых в промышленном отношении стран. Так, по самым последним данным Международного комитета по трибологии, экономия от использования достижений в области трибологии в Китае составляет ежегодно 41,5 миллиарда долларов США.

Микродуговое оксидирование (МДО) – перспективное направление научных исследований в области создания покрытий [1]. Из технологических свойств МДО-покрытий для практического применения можно выделить следующие наиболее важные [2]: износостойкость и твердость, низкая пористость, теплостойкость. Применительно к микродуговому оксидированию (МДО) алюминиевых сплавов введение в покрытие различных металлов приводит к созданию класса шпинелей с соответствующими свойствами.

Одним из известных способов снижения интенсивности износа является введение в пару трения элементов, значительно снижающих коэффициент трения. Самыми распространенными и известными материалами являются медь и молибден, соединения которых заполняют пространство между двумя контактирующими деталями и значительно снижают контактные напряжения между микронеровностями сопрягаемых деталей. Следует также рассмотреть роль ванадия в парах трения. Металл отличается своей пластичностью, устойчив к коррозии и не изменяется под влиянием воды, в том числе и морской, а также слабых растворах некоторых кислот, солей и щелочей.

Известно [3], что процессу МДО подвергаются металлы так называемой «вентильной» группы. Оксиды этих металлов обладают полупроводниковыми свойствами. Из теории физики твердого тела для полупроводниковых материалов известно, что если не выполняется условие:

$$|e_0 F_s| < \varepsilon_c - \varepsilon_v \quad (1)$$

где: ε_v – верхний уровень валентной зоны, εc — нижний уровень зоны проводимости, e_0 = 1 эВ, F_s – полное падение потенциала в фазе полупроводника, то полупроводниковый электрод ведет себя как металлический и процесс МДО прекращается.

Вывод – чем больше не полупроводниковых материалов в покрытии, тем быстрее процесс МДО прекратится. При этом скорость движения наночастиц присадки в электролит будет уменьшаться по закону обратной пропорциональности:

$$V = A/(M \cdot h) \quad (2)$$

где: A – коэффициент пропорциональности для данного компонента электролита; положительная величина, определяемая экспериментально,

M – молярная масса, г/моль,

h – толщина покрытия, м.

Рассматриваемый процесс МДО с электрофорезом подчиняется известным законам Фарадея. Законы Фарадея можно записать в виде следующей формулы:

$$m = (Q/F)(M/z) \quad (3)$$

где: m — масса осаждённого на электроде вещества,

Q – полный электрический заряд, прошедший через вещество,

F = 96 485,33(83) Кл·моль$^{-1}$ – постоянная Фарадея,

M – молярная масса вещества,

z – валентное число ионов вещества (число электронов на один ион).

Скорость роста МДО покрытия при традиционном способе вне ванного ведения процесса без добавок в электролит исследована в работах [4, 5].

Совместный анализ трех представленных выше зависимостей позволяет прогнозировать ход протекания МДО-процесса при нанолегировании.

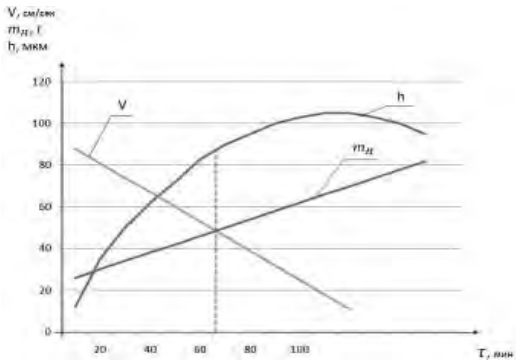


Рисунок 1 – Графическая иллюстрация анализа условий протекания МДО – процесса при нанолегировании. h – толщина МДО-покрытия в электролите без добавок, V – скорость движения наночастиц, m_H – масса перенесенных наночастиц, τ – независимая переменная времени.

Анализ математических исследований позволяет сделать вывод: процесс МДО прекращается при достижении определенной концентрации компонен-

тов нанолегирования, которые не относятся к вентильной группе металлов.

Проведены предварительные практические исследования по совместимости наноприсадок с химическим составом обрабатываемых сплавов.

В качестве базового электролита использовался слабощелочной раствор едкого калия 2 г/л KOH в дистиллированной воде с добавлением метасиликата 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 хрома (III) Cr_2O_3,
- оксид ванадия(III) V_2O_3,
- вольфрамат натрия Na_2WO_4,
- Оксид меди(II) (окись меди) CuO.

Исследование фазового состава МДО-покрытия осуществлялось на рентгеновском дифрактометре «XRD-6000 Shimadzu».

Результаты рентгеновского анализа полученных покрытий представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты рентгеновского анализа МДО-покрытий

% добав.	Время Мин.	Толщ. мкм	Mg	Al	Si	добавка	Mn	Fe	Cu	Вывод 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	-
1% алмаза	30	45-50	-	35,88	52,68	1%алмаза	0,9	0,75	8,(	Темносер.

Оксид меди(II) (окись меди) CuO практически не растворяется в растворе и только благодаря нанодисперстной составляющей порошка и интенсивному барботажу удалось осуществить процесс МДО. Присутствие в растворе метасиликата натрия с одной стороны приводит к стабилизации процесса МДО как полупроводниковый элемент, но с другой стороны оксиды кремния создают «жесткую» и твердую решётку по всей глубине МДО-покрытия. Эффект от добавления соединений меди в покрытие как мягкого связующего с увеличением процентного содержания кремния значительно снижается. Поэтому были проведены эксперименты с различной концентрацией метасиликата кремния в растворе: 5 г/л и 9 г/л (рисунок 2).

Рисунок 2 – Образцы МДО-покрытий с добавками в электролит нанопорошка оксида меди

Предварительный визуальный осмотр и проверка покрытия методом ца-

рапания по ГОСТ 9.302-88 показал, что на всех образцах имеются включения оксидов меди по всей глубине поверхности. Причем инструмент царапания «скользит» по поверхности покрытия с оксидами меди значительно мягче, чем на контрольном образце в исходном электролите. Уменьшение концентрации оксидов кремния приводит к изменению цвета покрытия в более темную сторону, что свидетельствует об увеличении доли оксида меди в покрытии. Изменение концентрации CuO в растворе в два раза с 5 г/л до 10 г/л практически не меняет характер и цвет покрытия. Изменение толщины покрытия во времени в одном и том же электролите подчиняется линейному закону до времени 60-70 минут, что полностью подтверждает математичекую модель. При часе обработки наступает насыщение покрытия оксидами меди и МДО-процесс быстро затухает, что также подтверждает выдвинутую выше гипотезу.

Оксид ванадия(III) V_2O_3 незначительно растворяется в растворе и обладает полупроводниковыми свойствами. Это обстоятельство свидетельствует о возможности получения покрытий значительной более 100 мкм толщины. Для проведения экспериментов в одинаковых условиях для различных нанодобавок мощность источника и время было для всех образцов одинаково. По внешнему виду и проверкой на царапание покрытия с оксидом ванадия практически схожи с покрытиями с оксидами меди (рисунок 3).

Рисунок 3 – Образцы МДО-покрытий с добавками в электролит нанопорошка оксида ванадия

Выводы

1. Разработана математическая модель прогнозирования скорости роста покрытия при нанолегировании для метода МДО.
2. Добавки в электролит соединений, оксиды которых не обладают полупроводниковыми свойствами, ограничивают возможность получения покрытий свыше 60мкм.
3. Введение в состав покрытия соединений меди и ванадия может привести к снижению коэффициента трения и уменьшению износа в парах трения.
4. Наиболее технологичной нанодобавкой являются соединения, которые имеют хорошую растворимость в растворе, например, вольфрамат натрия.

Список использованных источников

1. Хокинг «Металлические и керамические покрытия. Получение свойства, применение» [текст] // М; 2000 г.

2. Микродуговое оксидирование (теория, технология, оборудование) [текст] // Суминов И.В., Эпельфельд А.В., Людин В.Б., Крит Б.Л., Юорисов А.М.; М.: ЭКОМЕТ, 2005 г. – 368 с.

3. Ракоч А.Г., Дуб А.В., Гладкова А.А. Анодирование легких сплавов при различных электрических режимах. Плазменно-электролитическая нанотехнология. [текст] // М.: изд-во ООО «Старая Басманная», 2012 г. – 495 с.

4. Чавдаров А.В., Скоропупов Д.И., Першин П.Н. Условия существования и стадии роста покрытия при микродуговом оксидировании Труды ГОСНИТИ, 2014, Т. 117, с. 268-272.

5. Милованов Д.А., Чавдаров А.В., Скоропупов Д.И., Артамонов С.Н. Анализ существующих практических и расчетных схем вне ванного нанесения МДО-покрытий. Труды ГОСНИТИ, 2017, Т. 128, С. 14-20.

MATHEMATICAL STUDY OF THE GROWTH KINETICS OF MDO-COATING USING NANOLEHGY WITH THE EFFECT OF ELECTRO-PHORESIS.

S.N. Artamonov, graduate student, engineer
D.I. Skoropupov, Senior Researcher
D.A. Milovanov, graduate student, junior research fellow
The federal state budget
scientific institution «Federal scientific
agroengineering center VIM », Russia, Moscow
E-mail: info@firma-tom.ru; Phone: +7(499)174-8115

Abstract: *On the basis of mathematical analysis, the growth kinetics of MDO-coating is considered using the electrophoresis effect. The possibility of reducing the coefficient of friction in conjugated pairs due to nanolegulation is shown.*

Keywords: *microarc oxidation, nanolegulation, coating growth rate.*

List of sources used

1. Hawking «Metal and ceramic coatings. Getting the property, application »[text] // M; 2000g.

2. Microarc oxidation (theory, technology, equipment) [text] // Suminov IV, Eppelfeld AV, Ludin VB, Crete BL, Yuhorisov AM; M .: ECOMET, 2005 - 368 p.

3. Rakoch AG, Dubov AV, Gladkova AA Anodization of light alloys under various electrical conditions. Plasma-electrolytic nanotechnology. [text] // M .: Izd-vo OOO Staraya Basmannaya, 2012 -495 p.

4. Chavdarov AV, Skoropupov DI, Pershin PN Conditions for the existence and growth stages of coatings under microarc oxidation Proceedings of the State Technical University, 2014, v. 117, p. 268-272.

5. Milovanov DA, Chavdarov AV, Skoropupov DI, Artamonov SN Analysis of existing practical and design schemes outside of the bathroom application of MDO coatings. Proceedings of GOSNITI, 2017, v. 128, p. 14-20.

УДК 621.791

К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ТУННЕЛЕПРОХОДЧЕСКИХ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ

К.И.Кириллов1,2, инженер
Тел. +7 925 304 48 59 E-mail: kirillov.kirill.igor@gmail.com
Д.Б.Слинко1,2, кандидат технических наук, доцент
Тел. +7 910 440 49 64 E-mail: maks52@inbox.ru
1ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Москва, тел. 8495371-42-39
2 МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, тел. 8495267-02-36

Аннотация: *В работе рассмотрены основные узлы туннелепроходческих механизированных комплексов, подверженных быстрому износу. Рассмотрены различные способы ремонта изношенных элементов узлов путем их замены на новые из более износостойких сплавов и их восстановление наплавкой для увеличения ресурса узла в целом.*

Ключевые слова: *туннелепроходческий механизированный комплекс, скребок, корпус скребка, резец, абразивный износ, твердосплавные вставки.*

Метро – является самым популярным видом общественного транспорта во всех крупных городах России, в особенности в Москве и Санкт-Петербурге. Сегодня в Москве активно строят новые станций подземки. С 2017 года по 2020 год планируется построить 50 новых станций метро (общая протяженность тоннелей составит 104,3 км), что позволит перераспределить пассажиропотоки не только на перегруженных линиях самого метро, но и на наземном транспорте, а также снизить нагрузку на автомобильные магистрали [1].

Организации, ведущие строительство станций метрополитена, в своем арсенале имеют различную строительную технику для ускорения и упрощения процесса строительства новых путей. Одной из основных единиц оборудования при строительстве метро является туннелепроходческий механизированный комплекс (далее ТПМК) (рисунок 1), который выполняет различные функции: разрушение забоя, отгрузку разрушенной породы, а также возведение крепи – туннеля (обделка туннеля тюбингами) [2].

Главным рабочим органом ТПМК является головной механизм – ротор (рисунок 2), на котором установлены рабочие элементы ротора - шарошки, резцы и скребки [3]. Они вгрызаются в породу и перемалывают ее. Далее, переработанный грунт попадает в породоприемные карманы и оттуда, с помощью шнекового конвейера, грузится в вагонетки и вывозитсяна поверхность.

В процессе эксплуатации ротор и его режущие, дробильные элементы подвергается огромным нагрузкам. На пути проходки встречаются камни и другие твердые породы, что приводит к неизбежным повреждениям дро-

бильных и режущих элементов ротора (реже самого корпуса ротора). Все расходные элементы для ТПМК поставляются из-за рубежа (США, Канада, Германия) и, в случае непредвиденной поломки элементов ротора, приходится останавливать процесс проходки для замены данных узлов. В отдельных случаях, при отсутствии данных деталей, приходится везти их из страны изготовителя, что срывает сроки сдачи объектов. Кроме того, при долгом простое ТПМК происходит осадка грунта, что может привести к более серьезным поломкам.ТПМК проходит до 12 метров в сутки (это расстояние зависит от многих факторов).

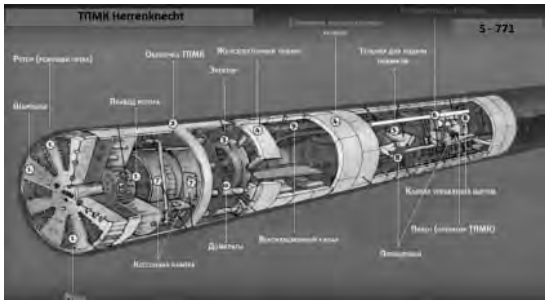


Рисунок 1 – Туннелепроходческий механизированный комплекс

Рисунок 2 – Роторный механизм ТПМК
а – скребок; б – шарошка двухдисковая; в – резец

Основными элементами роторного механизма, разрушающими забой являются:

- резцы и скребки, которые перемалывают мягкую породу – земля, глина, песок и т.д. (рисунок 3 а, в)
- диски шарошек, которые дробят твердые породы – камни, валуны и т.д. (рисунок 3,б)

Данные детали в процессе работы подвергаются интенсивному износу, который нельзя заранее спрогнозировать. Так, например, из-за разницы геологии Москвы [4] в одном случае резцы и скребки за всю прокладку тоннеля изнашиваются не более чем на 15% от их общего ресурса, а в другом случае – могут стать непригодными к дальнейшему использованию уже за первые 20 метров проходки (рисунок 3). Новый комплект режущего инструмента (скребки, шарошки и резцы) стоит до 1 млн. евро, в зависимости от модификации ТПМК.

С учетом вышеизложенного, упрочнение и восстановление изношенных элементов узлов ТПМК, а также их изготовление из более износостойких сплавов, является актуальной задачей [5].

Данная работа посвящена разработке технологии восстановления и упроч-

нения скребков ротора ТПМК HerrenknechtS-771.

Скребок является узлом ротора ТПМК, предназначенным для разбуривания грунта. Сам скребок состоит из корпуса и припаянных к нему твердосплавных вставок различной формы из карбида вольфрама (рисунок 4).

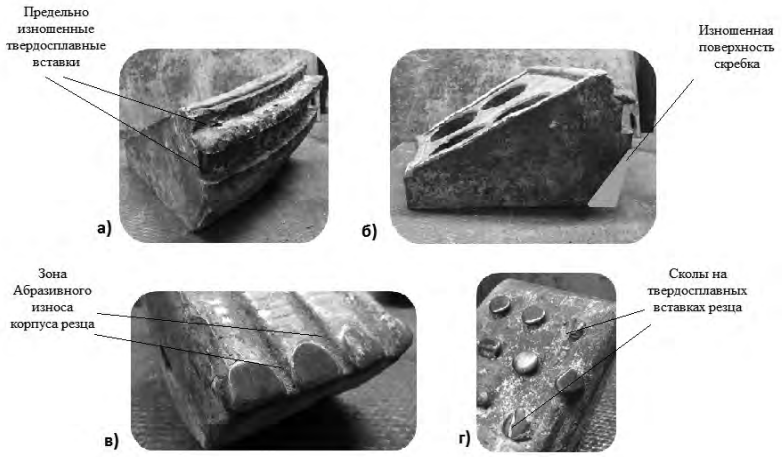


Рисунок 3 – Изношенные скребок и резец
а) скребок с предельно изношенными твердосплавными вставками; б) скребок с абразивным износом корпуса; в) резец с абразивным износом корпуса; г) резец с поврежденными твердосплавными вставками

Рисунок 4 – Скребок в сборе

По результатам химического анализа (таблица 1) было установлено, что корпус скребка выполнен из стали, близкой по составу со сталью марки 30ХГ1, а твердосплавные вставки скребка выполнены из сплава на основе карбида вольфрама. Наиболее близким аналогом данного сплава является сплав марки ВК10. Твердость корпуса скребка составляет в среднем 145 НВ, а твердость карбидовольфрамовых вставок – 600НВ.

Таблица 1 – Химический состав деталей скребка

Наименование	Химический состав																
	Si	Re	Ti	V	Cr	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Se	Mn	Cd	Sn	Sb	W	Bi
Корпус скребка	0,538				0,076	97,33			0,049			1,54					
Твердосплавная вставка		0,350	0,074		0,448	7,25	12,98	0,31						0,017		84,13	
Припой			0,049	0,014	0,01	1,49	2,7	1,55	49,15	21,82	0,344		0,026	1,5	0,035	21,27	0,15

Исследование химического состава припоя, который был использован заводом изготовителем при пайке твердосплавных вставок к корпусу резца, показало, что его состав (таблица 1) аналогичен Российскому припою марки П100.

Необходимо отметить, что эксплуатация скребков происходит в условиях интенсивного абразивного износа, где твердосплавные вставки несут активную нагрузку. Именно они, в первую очередь, принимают на себя давление горной породы и препятствует контакту грунта с корпусом скребка, существенно снижая на него абразивное воздействие, в результате чего износ скребков не превышает более 2 мм. В отдельных случаях, при контакте с особо твердыми породами (валуны, камни и т.д.) происходит выкрашивание твердосплавных вставок, что значительно ускоряет износ самого корпуса скребка и сокращает срок службы скребка в целом.

Учитывая условия работы и высокий уровень нагрузок твердосплавных вставок, продление срока службы скребка в целом, целесообразно только путем замены изношенных твердосплавных вставок на новые (более износостойкие), путем пайки их к корпусу скребка. Увеличение срока службы непосредственно самого корпуса скребка достигается локальной наплавкой износостойкого слоя металла на его наиболее изнашиваемые поверхности.

Литература

1. *http://www.metrostroy.com/*
2. *https://www.herrenknecht.com/en/home.html.*
3. *Щитовые проходческие комплексы: Горная книга / В.А. Бреннер, А.Б. Жабин, М.М. Щеголевский и др. – М.: Горное машиностроение. 2009. – 447 с.*
4. *Гурвич, Е.М. Геология в Метро / Е.М. Гуревич // Химия и жизнь. 2004. №11. С. 36-41.*
5. *Восстановление и упрочнение деталей: Справочник / В.П. Иванов, В.С. Ивашко, В.М. Константинов и др. – М.: Наука и технологии. 2013. – 367 с.*

ON THE ISSUE OF THE CHOICE OF TECHNOLOGY TO RESTORE THE WORKING CAPACITY OF THE CUTTING TOOL OF TUNNEL-PENETRATING MECHANIZED COMPLEXES.

K.I. Kirillov1,2, engineer
+7 925 304 48 59 E-mail: kirillov.kirill.igor@gmail.com
D.B. Slinko1,2, candidate of technical sciences, docent
+7 910 440 49 64 E-mail: maks52@inbox.ru
(1 FederalState Budget Scientific Institution "Federal Scientific Agroengineering Center VIM ", Moscow, 8 495 3714239)
(2 Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 8 495 267-02-36)

Annotation: The main nodes of tunnel-penetrating mechanized complexes subject to rapid wear are considered. Various ways of repair of worn out components of assemblies are considered by their replacement with new more wear-resistant alloys and their restoration by surfacing to increase the resource of the unit as a whole.

Keywords: Tunneling mechanized complex, scraper, scraper body, cutter,

abrasive wear, carbide inserts.

References

1) http://www.metrostroy.com.

2) https://www.herrenknecht.com/en/home.html.

3) Shielding tunneling Complexes: Mining book / V.A. Brenner, A.B. Zhabin, M.M. Schegolevsky and others. - Moscow: Mining Mechanical Engineering . 2009. - 447 p.

4) Gurvich, E.M. Geology in Metro / EM. Gurevich // Chemistry and Life. 2004. № 11. P. 36-41.

5) Restoration and hardening of parts: Handbook / V.P. Ivanov, V.S. Ivashko, V.M. Konstantinov and others. - Moscow: Science and Technology. 2013. - 367 p.

УДК 621.357.7

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗНОШЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ГАЛЬВАНИЧЕСКИМИ И ПОЛИМЕРНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА

Н.И. Корнейчук, к.т.н., доцент, ГАУМ г. Кишинев,
тел. 432-346, 432-489 n.corneiciuc@uasm.md
В.П. Лялякин Д.т.н., профессор,вед.науч.сотр.
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, г. Москва valpal-1938@mail.ru

Аннотация. *В работе представлены предложения по совершенствованию организации и технологии технического сервиса сельскохозяйственной техники на основе использования индустриальных методов восстановления и упрочения деталей машин гальваническими и полимерными покрытиями. Приведены результаты исследований физико-механических свойств, стендовых и эксплуатационных испытаний деталей, восстановленных гальваническими и полимерными покрытиями, а также разработок технологических и опытно-конструкторских выполненных в Отраслевой лаборатории ГАУМ и ВНПО «Ремдеталь»*

Ключевые слова: *интенсификация, восстановление, организация, электролит, покрытие, железное, хромовое, полимерное, композиция, износостойкость, контактная усталостная прочность, микротвёрдость, испытания источник тока.*

Введение. В современных условиях агропромышленного сектора характерным как никогда является высокая степень разномарочности машинно-тракторного парка. При этом в большинстве случаев доля импортной техники от общего состава МТП превалируют над отечественной.

За последние 20 лет в странах СНГ произошел развал ремонтно-обслуживающей базы как с/х предприятий, так и ремонтных предприятий в большинстве регионов стран СНГ. Следует отметить, что наиболее налажен сервис приобретенной техники в гарантийный период торгующими организациями. Как показывают данные, при использовании техники в после гарантийный период многие предприятия не располагают необходимой ремонтно-обслуживающей базой. Дефицит и высокая стоимость запасных частей, особенно на импортную технику, отсутствие квалифицированных специалистов по ремонту и обслуживанию техники, снижают ресурс и эффективность её использования.

Так как техника в большинстве случаев является собственностью с/х производителей, то все затраты по её техническому сервису ложатся на них. В такой ситуации труд в с/х производстве является малопривлекательным. Подтверждением тому являются большие массивы необработанных земель,

резкое снижение работников с сельском хозяйстве и недоборы в колледжи и университеты, особенно на инженерно-технические специальности – все это свидетельствует о множестве проблем, которые существуют в сельскохозяйственном секторе стран СНГ. Поэтому требуется разработка единой комплексной программы, охватывающей все аспекты сельскохозяйственного производства, в том числе и подготовку высококвалифицированных специалистов для его отраслей. В сложившейся ситуации без серьёзной государственной поддержки невозможно решить те проблемы, которые имеются в аграрном секторе.

Несомненно, делаются попытки и некоторые шаги по поднятию уровня с/х производства. Одним из направлений вселяющим надежду по поднятию уровня энерговооруженности – это разработанная стратегия развития сельскохозяйственного машиностроения России. Её реализация позволит в большей степени восполнить парк предельно изношенных машин. В данных условиях для увеличения энерговооруженности с/х предприятий и повышения эффективности использования техники необходимо повысить уровень технической эксплуатации, которая зависит, прежде всего, от качественного выполнения ремонтно-обслуживающих работ. Поэтому объективной необходимостью является создание развитой сети ремонтно-обслуживающих предприятий, исходя из региональных условий производства с/х продукции, на основе углубленной специализации и кооперации.

Накопленный положительный опыт в 60…80 годы XX века в СССР является тому подтверждением. Следует заметить, что в настоящее время в структуре себестоимости затраты на запасные части составляют более 60%, в то время как себестоимость восстановленных деталей составляет 10…60% от стоимости новой детали,

По данным ведущих ученых в области ремонта машин [1-3] свыше 85% деталей автомобилей, тракторов, с/х машин, станочного оборудования и др. машин, становятся неработоспособными при износах, не превышающих 0,2…0,3 мм. Значительная часть этих деталей может быть восстановлена и тем самым обеспечена работоспособность машин.

Однако разнообразный характер и величина износов и других дефектов требуют дифференцированного подхода при выборе рационального способа их восстановления. Современная наука располагает множеством способов восстановления таких деталей. Как показала практика, одним из эффективных способов являются нанесение гальванических и полимерных покрытий, благодаря их высокой производительности и физико-механическим свойствам.

В отраслевой лаборатории кафедры «Технический сервис и инженерия материалов» ГАУМ совместно с Гальванической лабораторией ВНПО «Ремдеталь» были разработаны и внедрены в производство целый ряд технологических процессов, оснастка и оборудование для восстановления деталей машин сельскохозяйственной техники износостойкими электролитическими железными, хромовыми и полимерными покрытиями.

Результаты исследований и разработок. В частности, были разработаны и внедрены в ремонтное производство технологические процессы восстановления изношенных деталей сельскохозяйственной техники электролитическим железнением (нижней головки шатунов ДВС, распределительные валы, стержни клапанов ГРМ, поршневые пальцы, коленчатые валы, поса-

дочные места под подшипники скольжения и качения на валах, осях и в корпусных деталях и др.) из разработанных электролитов апробированных и рекомендованных ремонтному производству (табл. 1).

Таблица 1. Составы электролитов железнения (г/л) и режимы электролиза

Компоненты электролита и режимы осаждения	Номера и наименование электролита				
	1-(хлористый)	2-сульфатный)	3-ульфатно-хлористый	4- метил сульф. хлористый	5-(железо-никелевый)
Хлористое железо $FeCl_2 \cdot 4H_2O$	200…600	-	150…200	150…200	500…600
Сернокислое железо $FeSO_4 \cdot 7H_2O$	-	250…400	200	-	-
Метилсульфатное железо $Fe(CH_3OSO_3)_2$	-	-	-	300…350	-
Сернокислый никель $NiSO_4 \cdot 7H_2O$	-	-	-	-	40-80
Натрий виннокислый $Na_2CH_4O_6 \cdot 2H_2O$	-	-	-	-	2-4
Кислотность, pH	0,5-1,0	1,8-2,2	0,7-1,2	0,7-1,3	0,7-1,0
Температура, ^{0}C	20-90	20-80	20-80	20-60	20-60
Катодная плотность тока, А/дм^2	15-40	5-15	20-40	20-40	20-40
Катодный выход по току, %	80-95	85-95	80-95	80-95	80-92

Из них преимущественное распространение получили (электролит № 1), который простой по химическому составу, более производителен, обеспечивает лучшее сцепление покрытия с восстанавливаемой поверхностью детали.

Многолетняя эксплуатация хлористых электролитов позволила выявить ряд существенных недостатков. Прежде всего, их склонность к интенсивному окислению, особенно при повышении температуры электролита, а также при вневанных процессах электролиза. Поэтому для снижения окисляемости в электролит вводят противоокисляющие добавки (трилон Б, гликоль, кислый винокислый натрий и др.) [3].

Сульфатный и сульфатно-хлористый электролиты менее агрессивны и более устойчивы к окислению, покрытия менее трещиноватые, обладают более равновесной структурой. Введение в электролиты (3, 4, 5 табл. 1) в небольших количествах добавок виннокислого натрия, сернокислого никеля или гипофосфата натрия приводит к значительному снижению окисляемости данных электролитов, а также способствует нанесению качественных покрытий при более высоких плотностях катодного тока (до 40 А/дм^2) при температуре 40…50°С [3].

Наиболее перспективным для ремонтного производства из существующих, является метилсульфатнохлористый электролит № 4, разработанный в отраслевой лаборатории. При осаждении железа из этого электролита (табл.1) осаждаются мелкодисперсные ненапряженные покрытия с высокой микро¬твердостью (6000...9500 МПа). Электролит устойчив в работе, при pH=1,6…2,2, накопление трехвалентного железа в растворе незна¬чительное и позволяет получить качественные с мелкодисперсной структурой ненапряженное покрытия толщиной 1,2…1,6 мм [4].

Варьирование составом применяемых электролитов и режимами электролиза (табл.1), позволяет активно управлять свойствами покрытий и обеспечивает формирование покрытий как с трещиноватой и так с бестрещиноватой структурой с микротвердостью от 2000 до 7600 МПа с износостойкостью в 1,2…1,3 раза выше закаленной стали 45.

Перспективным для ремонтного производства является восстановление деталей износостойким электролитическим хромированием. Благодаря своим особым физико-механическим свойствам: высокая износостойкость, термическая и коррозионная стойкость, что очень важно при восстановлении тяжелонагруженных деталей, работающих в условиях граничного, гидроабразивного изнашивания в коррозионно-активных средах при высоких температурах и знакопеременных механических нагрузках. Поэтому всё чаще при изготовлении и восстановлении деталей машин используют электролитические хромовые покрытия.

Наибольшее распространение для износостойкого хромирования получили электролиты, приведенные в табл. 2.

Таблица 2. Составы электролитов хромирования (г/л) и режимы электролиза

Компоненты электролита и режимы осаждения	Ед. изм.	1- (сульфатный)	2- (сульфатный)	3- (криолитовый)	4-хол. саморегул.
Ангидрид хромовый (CrO_3)	г/л	150-300	250-300	230-250	400-420
Кислота серная (H_2SO_4)	-"-	1,5-3,0	2,5-3,0	2,3-2,5	
Трехвалентный хром (Cr_2O_3)	-"-	2,0-5,0	4,0-5,0	3,0-4,0	
Тиосемикабазитдиуксусная кислота			0,9-2,7		
Криолит (Na_3AlF_6)				10	
Сернокислый кобальт ($CoSO_4 \cdot 7H_2O$)	-"-	—	—	—	18-20
Углекислый кальций($CaCO_3$)	-"-		—	—	40-60
Температура	°С	40-65	50-55	30-80	18-25
Катодная плотность тока	А/дм2	15-100	50-150	80-100	75-300
Катодный выход хрома по току	%	8-18	22-33	20-26	40±1

Из них преимущественное применение получили горячие сульфатные электролиты, которые отличаются простотой своего химического состава, технологической доступностью, обеспечивающие осаждение покрытий с высокой прочностью сцепления с основой.

В практике ремонтного производства и других отраслях преимущественно применяют сульфатный электролит №1 (табл. 2). С концентрацией CrO_3 – 250 г/л, так называемый универсальный. Его используют для нанесения как износостойких, так и защитно-декоративных покрытий. Универсальный электролит обладает удовлетворительной рассеивающей способностью в широком диапазоне режимов хромирования. Несмотря на ряд преимуществ, его использование сдерживается из-за следующих его недостатков: низкий и не постоянный выход металла по току – 8…18%, неустойчивость электролита по ионному составу, ограниченная толщина (до 0,25 мм) каче-

ственных покрытий.

Одним из более прогрессивных сульфатных электролитов является электролит №2 (табл. 2) с добавками комплексообразующего лиганда тиосемикарбазиддиуксусной кислоты. Исследованиями [5] установлен оптимальный состав и режимы электролиза, при которых достигается выход по току до 33%, а качественная толщина покрытий 0,3…0,35 мм с микротвердостью 8400…13800 МПа. Ускоренные стендовые испытания хромированных в этом электролите плунжеров насоса НД-22/4Б в условиях Криулянского ремонтного предприятия Молдовы, показали, что их износостойкость в 1,36 раза выше восстановленных в универсальном электролите и в 2,42 раза выше износостойкости стандартных плунжерных пар.

Особую ценность для ремонтного производства представляет холодный саморегулирующийся электролит (эл-т № 4 табл. 2), разработанный в Отраслевой лаборатории кафедры. Он отличается: малой агрессивностью, высокой рассеивающей способностью, производительностью процесса, повышенной стабильностью по ионному составу и высокими физико-механическими свойствами покрытий осаждаемых в широком диапазоне рабочих плотностей тока. Данный электролит обеспечивает нанесение качественных коррозионностойких покрытий при катодной плотности тока (Дк) 75…300А/дм^2, со скоростью 0,18…0,55 мм/ч, толщиной более 0,7 мм, с микротвёрдостью 7600…9500 МПа, которые по износостойкости не уступают, а по контактно-усталостной прочности превышают в 1,1…1,5 раза покрытия, из универсального электролита [6].

На основании теоретических и экспериментальных исследований были разработаны способы анодно- и возвратно-струйного хромирования, а Белгородским ПКТБ ВО «Россельхозтехника» была разработана конструкторская документация и изготовлены промышленные установки ОГ-9102 для хромирования зеркала цилиндра и ОГ-9101 для коленчатых валов автотракторных двигателей. Использование таких технологических решений позволяет при хромировании цилиндров из холодного саморегулирующегося электролита № 4 (табл.2) наносить качественные покрытия толщиной 0,4 мм на сторону при Дк = 100-180 А/дм^2, со скоростью 0,18-0,3 мм/ч с микротвёрдостью 8500-10000 МПа. [7]

При хромировании шеек коленчатых валов толщина качественных покрытий из данного электролита достигает 0,5-0,6 мм на сторону при Дк = 100-200 А/дм^2 со скоростью 0,18-0,38 мм/ч, перекрывая 3-4 ремонтных размера [8]. Накопленный опыт по промышленному внедрению технологических процессов с использованием данного электролита для восстановления деталей: прецизионных пар топливных насосов высокого давления, гидравлических систем, поршневых пальцев [6], цилиндров двигателей Д-50, Д-240 [7] и коленчатых валов ДВС [8], позволяют рекомендовать данный электролит для восстановления и упрочения широкой номенклатуры изношенных деталей как отечественной, так и зарубежной сельскохозяйственной техники.

В отраслевой лаборатории кафедры разработаны и исследованы ряд способов, технологических процессов, оборудования и технологической оснастки для восстановления и упрочнения деталей машин, позволяющих повысить производительность процесса нанесения гальванических покрытий, улучшить их физико-механические свойства и расширить номенклатуру восстанавливаемых деталей.

Так, разработанный универсальный трехфазный преобразователь для питания гальванических ванн периодическим током с обратным регулируемым импульсом (третьего поколения) позволяет получать периодический ток с длитель°ностью прямого и обратного импульсов, изменяемой в широких пределах 3,33…20000 м/с с минимальной потерей мощности. Длительность импульсов изменяется дискретно с шагом варьирования 3,33мс (1/6 Т) с номинальным выходным напряжением 12В. Преобразователь может быть использован также и для других электрохимических процессов.

При электроосаждении железа с использованием такого источника тока из хлористого электролита № 1 (табл. 1) при температуре электролита ($t_{эл}$) 40…50°С осаждаются качественные равномерные покрытия толщиной 1,2…1,5 мм с волокнистой структурой, микротвердостью 4100…7400 МПа при средней катодной плотности тока 50…60 А/дм^2, ДсрА=7…10 А/дм^2. При этом скорость осаждения железа достигает 0,67 мм/ч, в результате чего производительность процесса железнения возросла 1,2…1,7 раза, прочность сцепления покрытий с различными материалами на 35…40% выше по сравнению с покрытиями, осажденными на постоянном токе. Кроме этого, износостойкость деталей восстановленных данным способом в 1,15…1,5 раза выше серийных. [3,9,10].

В Отраслевой лаборатории кафедры исследованы и разработаны технология и оснастка для восстановления шеек коленчатых валов электролитическим железнением внеоднородном электрическом поле. В основу рассматриваемого способа положен принцип управления электролизом за счет изменения скорости миграции ионов, осаждаемого металла к поверхности электрода в зависимости от напряженности электрического поля, создаваемого в электролизере. Формирование неоднородного электрического поля достигается за счет использования сегментного анода, который охватывает вращающийся катод. При таких условиях повышается равномерность нанесения качественных покрытий толщиной до 1,0…1,2 мм с микротвердостью 6800…7200 МПа при Дк = 60А/дм^2 при частоте вращения деталей 300…400 мин$^{-1}$. Их износостойкость в 2 раза выше закаленной стали 45 и на 35% выше по сравнению с покрытиями, полученные в стационарных условиях осаждения. Эксплуатационные испытания восстановленных коленчатых валов в 1,6…1,8 раза выше по сравнению с серийными [11].

Известно, что при восстановлении крупногабаритных деталей сложной конфигурации (посадочные отверстия корпусных деталей, цилиндры, коленчатые валы автотракторных двигателей и др.) возникают большие трудности, связанные с изоляцией мест, не подлежащих покрытию, площадь которых в десятки раз, превышает покрываемую. Это вызывает необходимость использования сложных конструкций подвесных устройств, ванн больших размеров и т.п. Так, исследован и апробирован в условиях производства процесс струйного железнения посадочных мест под подшипники качения в корпусных деталях, гладких и коленчатых валах. Исследованиями [12,13] установлено, что осаждение железных покрытий в протоке, происходит при более положительной поляризации, чем при стационарном электролизе.

Максимальное значение потенциала достигается при скорости протока электролита 0,7-0,9 м/с. При этом, уменьшается количество включений гидроокиси железа, слоистость и трещиноватость покрытий. Это позволяет

повысить на 10-15% износостойкость и характеристики упругости по сравнению с покрытиями, полученными в стационарных условиях [12]. При использовании высококонцентрированных хлористых электролитов при температуре электролита 70-80°С и катодной плотности тока 25-30 А/дм^2 осаждаются качественные покрытия со скоростью 0,3мм/ч, толщиной 0,6мм и микротвёрдостью 4000-4500 МПа [13].

Перспективным способом интенсификации электролитического нанесения покрытий, особенно при восстановлении крупногабаритных деталей, изготовленных из черных и цветных металлов, является гальваномеханическое хромирование и железнение. Отличительной особенностью, которого является то, что с одновременным электролитическим осаждением покрытий осуществляется механическое активирование (царапание) покрываемой поверхности абразивными или алмазными инструментами. При этих условиях происходит снижение перенапряжения разряда, осаждаемого металла, за счёт уменьшения концентрационных ограничений, интенсивного удаления с поверхности катода побочных продуктов электролиза и депассивации покрываемой поверхности. Всё это улучшает условия электрокристаллизации и формирования покрытий, препятствует образованию дендритов на покрываемой поверхности.

Нашими исследованиями [14…17] установлено, что данный способ позволяет наносить прочносцепленные качественные, равномерные хромовые и железные покрытия толщиной более 1 мм в широком диапазоне рабочих плотностей тока, соответственно до 1000 и 400 А/дм^2 с увеличением выхода хрома по току до 60%. При этом скорость осаждения железных покрытий составляет 2,8 мм/ч, а хромовых – 2,4 мм/ч с шероховатостью Ra = 0,08-0,63 мкм и микротвёрдостью: хромовых – 6500…12000 МПа, железных – 4000…7000 МПа, при этом производительность осаждения покрытий в 10-50 раз, а износостойкость в 1,3 раза выше, чем у аналогичных покрытий, полученных при стационарных условиях электролиза.

Гальваномеханическое осаждение покрытий позволяет: управлять процессом формообразования и получать покрытия с наперёд заданными физико-механическими свойствами; полностью или частично автоматизировать процесс нанесения покрытий, а также совмещать подготовительно-заключительные операции; наносить местные покрытия без изоляции непокрываемых участков поверхности; совмещать предварительную электрохимическую обработку и наращивание на одном и том же оборудовании с одной установки; осаждать равномерные по толщине покрытия с точностью до 3-5 мкм; осаждать покрытия в размер, а в отдельных случаях при наличии встроенных средств активного контроля исключить последующую механическую обработку.

Для реализации гальваномеханического процесса нанесения покрытий совместно с гальванической лабораторией ВНПО «Ремдеталь» была разработана конструкторская документация и изготовлены макеты и опытный образец установки для нанесения электролитических покрытий железа и хрома на зеркало цилиндров ДВС. Стендовыми и эксплуатационными испытаниями восстановленных цилиндров двигателей Д-240, Д-144, ЯМЗ-238, посадочные места под подшипники качения валов КПП, погружных насосов, прецизионных деталей гидроаппаратуры были подтверждены результаты лабораторных исследований и эффективность разработанных технологиче-

ских процессов гальваномеханического железнения и хромирования.

Разработанная технология электрохимикотермической обработки (ЭХТО) новых и вос¬становленных электролитическим железнением деталей — это один из самых эффективных на сегодняшний день способов улучшения физико-механических свойств железных покрытий. ЭХТО покрытий позволяет повы¬сить их износостойкость, жаростойкость, жаропрочность, контакт¬ную и усталостную прочность, благодаря чему такие покрытия используются для восстановления и упрочнения многих деталей машин.

Сущность данного процесса заключается в том, что заранее приготовленные пасты на¬носятся слоем 1...5 мм на упрочняемую поверхность. После сушки пасты производится химико-термическая обработка с электронагревом до температуры 950...1140°С и выдержкой при этой температуре в течение 1...3 мин.

При диффузионном насыщении из паст конструкционных сталей и гальванического железа (нанесенного на детали при восста¬новлении изношенной поверхности) углеродом или углеродом совместно с азотом образуется упрочненный слой толщиной 0,35...0,70 мм с высоким содержанием насыщающих элементов (при углеродоазотировании – 1,1...1,2% углерода и 0,35...0,45% азота). После закалки и отпуска твердость упрочненного слоя равна HRC 58...65, а основные физико-механические свойства (износостойкость, контактно-усталостная и циклическая прочность) воз¬растают в несколько раз.

Варьируя концентрацией частиц дисперсной фазы (10...25% объемных) в композиционном электрохимическом железном покрытии (КЭЖП) и условиями термообработки, можно полу¬чить покрытия с различными свойствами, превышающими в несколько раз свойства термически необработанных, а также свойства покрытий, термообработанных другими методами. Вре¬мя термической обработки составляет 0,5...2 мин, температура — 1050...1150°С. Источник электронагрева – серийные установки ТВЧ. Микротвердость упрочненных железных покрытий составляет 8000...18000 МПа. Глубина упрочненного слоя равна толщине наносимого КЭЖП и составляет 0,4... 1,0 мм. У восстановленных поверх¬ностей исчезает граница разделов металлов, при этом прочность сцепления покрытий с основой увеличивается в 2...5 раз.

Разработанные технологические процессы апробированы в лабораторных и производственных условиях при восстановлении и упрочнении целого ряда деталей. Эксплуатационные испытания упрочненных деталей показали, что срок их службы увеличивается в 1,5...3 раза по сравнению с деталями, обработанными другими способами восстановления, и серийными [18] трудоемкость снижается в 6...12 раз (корпусные детали, шкивы, крыльчатки и т. п.).

В лаборатории разработаны технологии восстановления деталей подвижных соединений (узлов трения), неподвижных соединений (радиаль¬ные и осевые подшипники погружных электронасосов, ступица ве¬дущей звездочки вариатора жатки зерноуборочного комбайна, ступица ведомой шестерни КПП трактора МТЗ-50, на¬правляющее отверстие в крышке тракторного гидроцилиндра и др.), уплотнительных узлов (контактных и бесконтактных), например, лабиринты рабочих колес погружных электронасосов, уплотнитель¬ные элементы тракторных гидроцилиндров и др.

Создана технология восстановления посадочных мест подшипниковых щитов электродвигателей аэродисперсными композиционными материалами камерным электростатическим напылением с применением ультразвуковой интенсификации при формировании покрытий [19].

Технологические процессы внедрены и на ряде предприятий Молдовы, Украины и Узбекистана. Созданные композиции, конструктивные решения оснастки и оборудования защищены охранными документами СССР.

Заключение

1. Оценивая ситуацию, сложившуюся в аграрном техническом сервисе на постсоветском пространстве установлено, что сложилась объективная необходимость в организации предприятий, цехов, производственных участков по восстановлению изношенных ресурсоопределяющих деталей машин, как отечественного так и зарубежного производства.

2. Результаты научных исследований технологических и опытно-конструкторских разработок, выполненных в отраслевой лаборатории ГАУМ и ВНПО «Ремдеталь» по своей научной новизне и практической значимости являются актуальными для современных условий сельскохозяйственного производства и могут эффективно использоваться в условиях предприятий технического сервиса.

Список используемой литературы

1. Черноиванов В.И. Основные направления повышения эффективности работы обслуживающих предприятий по технологическому обеспечению сельскохозяйственного производства. //Машинно-технологическая станция. № 1 М.; 2007– 8 с.

2. Черноиванов В.И. О развитии технического сервиса машин, выпускаемых предприятиями ассоциации «Росагромаш» // Машинно-технологическая станция. № 5 М.; 2009– 8с.

3. Петров Ю. Н., Косов В.П., Стратулат М.П. Ремонт автотракторных деталей гальваническими покрытиями - «Картя Молдовеняскэ», 1976

4. Плешка Е.Д. Исследование и разработка технологий восстановления изношенных автотракторных деталей железнением в метилсульфатно-хлористом электролите. Автореф. дисс. канд. техн. наук. Кишинев 1979 – 14 с.

5. Корнейчук И.Н. Интенсификация хромирования восстанавливаемых деталей сельскохозяйственной техники. Автореф. канд. техн. наук, М.; 1996 – 17 с.

6. Ковбасюк А.И. Выбор условий электролиза для ремонта изношенных автотракторных деталей хромированием в холодном саморегулирующемся электролите. Автореферат канд. дис. Кишинев, 1975 28 с.

7. Кетрарь А.Д. Исследование и разработка технологии ремонта (восстановления) гильз цилиндров автотракторных двигателей пористым хромированием. Автореф. канд. техн. наук, Кишинев, 1974 – 23 с.

8. Лисник, А. В. Исследование и разработка технологии восстановления шеек коленчатых валов автотракторных двигателей проточным хромированием – Кишинев, 1977, 21с.

9. Эрлих Д.М. Исследование процесса и разработка способа восстановления автотракторных деталей железнением на периодическом токе с обратным регулируемым импульсом. Автореф. канд. техн. наук, Кишинев, 1975 – 24 с.

10. Мунтян В.Е. Исследование и разработка технологии восстановления автотракторных деталей железнением с использованием трёхфазного двухполупериодного ассиметричного тока. Автореф. дисс. канд. техн. наук. Кишинев 1981 – 17 с

11. Сафронов С.Л. Восстановление коленчатых валов насосов опрыскивателей UN-41.601 электрохимическим железнением в неоднородном электрическом поле.

Автореф. дисс. канд. техн. наук. Кишинев 1987 – 17 с.

12. Гораш И.К. Исследование процесса и разработка технологии восстановления шеек чугунных коленчатых валов автотракторных двигателей железнением в проточном электролите с использованием периодического тока. Автореф. дисс. канд. техн. наук. Кишинев 1975 - 21 с.

13. Шайдулин В. Исследование и разработка технологии восстановления посадочных отверстий корпуса КПП трактора Т-75 с проточным железнением на периодическом токе. Кишинев. 1979. 17 с.

14. Петров Ю.Н., Малянов В.Н., Корнейчук Н.И. Гальваномеханическое осаждение покрытий как способ восстановления изношенных деталей машин // Прогрессивные способы восстановления деталей машин: Сб. научн.тр./ КСХИ – Кишинев, 1979 С15…18.

15. Яниогло Ф.П. Восстановление крупногабаритных деталей типа «ВАЛ» гальваномеханическим хромированием. Автореф. дисс. канд. техн. наук. Кишинев. 1987. 25 с.

16. Черемпей В.А. Восстановление зеркала цилиндров автотракторных двигателей гальваномеханическим хромированием. Автореферат канд. дис. Кишинев, 1990, 21с.

17. Горобец В.Ф., Восстановление цилиндрических поверхностей внутренних цилиндрических поверхностей крупногабаритных деталей гальваномеханическим железнением: Автореф. к.т.наук, Кишинев, 1999 – 24 с.

18. Добря В.И. Электрохимикотермическое упрочнение гальванических железных покрытий. Кишинев «Artpoligraf», 2014 с. 148

19. Марьян Г.Ф. Восстановление посадочных отверстий корпусных деталей подшипниковых узлов электрических машин порошкообразными полимерными композициями (на примере электродвигателя, эксплуатируемых в условиях агропромышленного комплекса). Автореф. дисс. к.т.н., Кишинев 1987 – 16 с.

PROSPECTS FOR THE USE OF INDUSTRIAL METHODS OF REPAIRING WORN MACHINE PARTS ELECTROPLATING AND POLYMER COATING IN MODERN CONDITIONS OF DEVELOPMENT OF AGROINDUSTRIAL TECHNICAL SERVICES

N. I. Korneychuk, Ph. D., associate Professor (State Agrarian University of Moldova), Kisinau city tel. 432-346, 432-489 n.corneiciuc@uasm.md)

V. P. Lyalyakin, Ph. D., Professor, leading researcher FGBNU FNAZ VIM, Moskau tel. 8(495) 371-21-44, valpal-1938@mail.ru

Annotation. *In work offers on improvement of the organization and technology of technical service of agricultural machinery on the basis of use of industrial methods of restoration and strengthening of details of cars galvanic and polymeric coverings are presented. The results of studies of physico-mechanical properties, bench and operational testing of parts, restored electroplating and polymer coating, as well as development of the technology and development done in Industry laboratories, UASM and VNPO «Remdetal»*

Keywords: *intensification, reproduction, organization, electrolyte, coating, iron, chrome, polymer, composition, wear resistance, contact fatigue strength, microhardness, testing a current source.*

List of used literature

1. Chernoivanov V.I. the Main directions of improving the efficiency of service

enterprises on technological support of agricultural production. //Machine-technological station. Nr. 1. M; 2007– 8p.

2. Chernoivanov V.I. On the development of technical service of cars produced by enterprises of the Association «ROSAGROMASH» // Machine-technological station. Nr. 5 M; 2009– 8p.

3. Petrov Yu.N., Kosov V.P., Stratulat M.P. the Repair of automotive parts electroplated coatings - «Karta, Moldovenyaske», 1976

4. Pleshka E.D. Research and development of technologies for repair of worn-out automotive parts zhelezneniem in metilsulfate-chloride electrolyte. Abstract of dissertation work of candidate of technical Sciences. Chisinau 1979 – 14p.

5. Korneychuk, I.N. Intensification of chromium recoverable parts of agricultural machinery. Abstract of dissertation work of candidate of technical Sciences. Moscow; 1996 – 17p.

6. Bugrova, A.I. the Choice of electrolysis conditions for repair of worn automotive parts chrome plating in a cold self-regulating electrolyte. Abstract of dissertation work of candidate of technical Sciences. Chisinau, 1975 28p.

7. Cetraro A.D. Research and development of technology of repair (restoration) of the cylinder liners of automobile and tractor engines with a porous chrome plating. Abstract of dissertation work of candidate of technical Sciences, Kishinev, 1974 – 23p.

8. Lisnik, A.V. Research and development of technology for the recovery of the necks of crankshafts of automotive engines running chrome – Chisinau, 1977, 21p.

9. Ehrlich D.M. Research and development of method for the reconstruction of automotive parts with dry topping on periodic reverse current with adjustable pulse. Abstract of dissertation work of candidate of technical Sciences, Kishinev, 1975 – 24p.

10. Muntean V.E. Research and development of technology for the recovery of automotive parts with a dry topping with the use of asymmetrical three-phase full-wave current. Abstract of dissertation work of candidate of technical Sciences. Chisinau 1981 - 17

11. Safronov S.L. Restoration of crankshafts pumps sprayers UN-41.601 electrochemical zhelezneniem in an inhomogeneous electric field. Abstract of dissertation work of candidate of technical Sciences, Kishinev 1987, 17 p.

12. Gorash, I.K. investigation of the process and development of technology for the recovery of the necks of cast iron crankshafts of automotive engines with dry topping in flowing electrolyte using a periodic current. Abstract of dissertation work of candidate of technical Sciences. Chisinau 1975 - 21 pages.

13. Shaidulin V. Research and development of recovery technology of planting holes CAT tractor T-75 with running dry topping on a periodic current. Chisinau. 1979. 17.

14. Petrov Yu.N., Milanov V.N., Korneichuk N. And. Galvanomagnetic deposition of coatings as a method of restoration of worn machine parts // Progressive methods of restoration of details of machines: SB. scientific.Tr./ KAI – Chisinau, 1979 C15 to 18.

15. Ianioglo P. The restoration of large parts like «SHAFT» galvanotechnics chrome. Abstract of dissertation work of candidate of technical Sciences. Chisinau. 1987. 25 p.

16. Cerempei V.A. Reconstruction of the mirror cylinder automotive engines galvanotechnics chrome. Abstract of dissertation work of candidate of technical Sciences. Chisinau, 1990, 21p.

17. Gorobets V.F. Restoration of cylindrical surfaces internal cylindrical surfaces of large parts galvanotechnics the zhelezneniem: author. Candidate dissertation , Chisinau, 1999 – 24p.

18. Dobra V.I. Elektrokhimicheskoe hardening electroplated iron coatings. Chisinau «Artpoligraf», 2014 p.148

19. Marian G.F. the restoration of the fitting holes of the housing parts of the bearing units of electrical machines, powdered, polymeric compositions (for example, the motor operating in the agro-industrial complex). Abstract of dissertation work of candidate of technical Sciences. Kishinev 1987, 16 p.

УДК 621.923

ИСТОЧНИКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В.П. Иванов, д.т.н., профессор
кафедры автомобильного транспорта
Телефоны: моб. +375 29 6462910, E-mail: ivprem@tut.by
Т.В. Вигерина к.т.н., доцент,
Зав.кафедрой автомобильного транспорта
Телефоны:; моб. +375 29 2920808, E-mail: t.vigerina@psu.by
УО Полоцкий государственный университет, г. Новополоцк, Беларусь

Аннотация. *Обоснованы мероприятия организационного и технологического характера, позволяющие обеспечить технический уровень ремонтно-восстановительного производства, при котором оно способно конкурировать с предприятиями машиностроительного профиля. Обоснованы меры по ресурсосберегающей разборке агрегатов и обработке резанием ремонтных заготовок. Определена возможность восстановление ряда деталей, которые согласно нормативным документам подлежат замене на новые. Рассмотрены перспективы существенного повышения износостойкости восстановленных поверхностей различных деталей за счет использования принципа «местного качества».*

Ключевые слова: *ремонт, восстановление, долговечность, эффективность.*

Введение. Долговечность современной техники существенно повысилась за счет использования новых материалов, технологических процессов. Однако, рекламная политика изготовителей машин, требующая загрузки своего производства с получением максимального дохода, нацелена на то, чтобы, спустя определенный срок службы, изготовленная машина была утилизирована или продана в «третьи» страны, а вместо нее приобретена новая машина. Это обусловило исключение капитального ремонта полнокомплектных машин и сокращение объемов ремонта агрегатов. Ремонт агрегатов основан на замене изношенных деталей новыми запасными частями без восстановления геометрических параметров корпусных деталей. В качестве запасных частей производители техники сбывают бракованные детали, которые нежелательно использовать при сборке новых изделий. Зачастую в продажу поступают детали сомнительного происхождения. При формировании сборочных комплектов из таких деталей невозможно обеспечить нормативные замыкающие размеры в соединениях и нормативную долговечность агрегатов.

Отмечалось [1], что восстановление деталей составляет основной источник экономической эффективности ремонта машин, при этом 40–70 % себестоимости ремонта приходится на приобретение запасных частей, а ремонт агрегатов с восстановлением деталей при полном использовании их остаточной долговечности является экономически выгодным.

Техническое перевооружение ремонтно-восстановительного производства связано с повышением востребованности ремонта агрегатов и обеспечением его эффективности.

Цель работы заключалась в обосновании мер организационного и технологического характера, обеспечивающих технический уровень ремонтно-восстановительного производства, способного конкурировать с предприятиями машиностроительного профиля.

Методы исследования. Техническое состояние деталей ремонтного фонда двигателей определялось измерением основных параметров с последующей статистической обработкой результатов. Соответствие теоретических распределений данным экспериментов определялось с помощью критерия Пирсона χ^2.

Выбор и смена технологических баз при ресурсосберегающей обработке резанием заготовок выполнены по критерию «кратчайшего пути», предложенного Соколовским А.П. [3], из звеньев, входящих в технологические размерные цепи с использованием авторского метода [4].

Результаты и их обсуждение. Остаточная долговечность детали – это ее потенциальную наработка от рассматриваемого момента времени до направления в утиль. Указанная наработка будет наибольшей при бережном отношении к детали в процессе разборки агрегата и ее экономичном восстановления. На наш взгляд, возрождение восстановительного производства на новом техническом уровне требует использования его современной организации, включающей:

– разборку агрегатов без повреждений деталей (обломов фланцев и приливов, пробоин и трещины, деформирования деталей, вмятин на поверхностях деталей от касания разборочными инструментами, заусенцев на рабочих поверхностях деталей, образовавшиеся от неправильного снятия и др.);

– использование всех деталей ремонтного фонда без восстановительных воздействий, параметры которых соответствуют требованиям к деталям, направляемым на сборку;

– пересмотр требования об обязательной замене согласно нормативным документам некоторых деталей на новые и внедрение процессов их восстановления;

– нанесение восстановительных покрытий только после использование всех предусмотренных ремонтных размеров с ресурсосберегающей обработкой резанием;

– использование принципа «местного качества» при восстановлении трущихся поверхностей деталей.

Организационные меры по предохранению деталей от разрушения при разборке агрегата состоят в их учете и внедрении системы оплаты труда не за количество разобранных агрегатов, а за количество сданных на рабочие места сортировки неразрушенных (главным образом, ресурсных) деталей и увеличение нормы времени на разборку агрегатов. Действующие нормы времени ориентированы на сборку в течение смены одним рабочим примерно 1,5 двигателя, а на разборку – четырех двигателей.

Технологические меры по сохранности деталей при узловой разборке соединений разбираемых агрегатов требуют создания ряда специализированных стендов для силового снятия деталей (гильз цилиндров, ступиц, зубчатых колес, подшипников, головок цилиндров и др.). Стенды включа-

ют механические приводы для приложения статической нагрузки, распределенной на большой площади снимаемых деталей. Затраты на создание стендов и их функционирование не должны превышать затрат, связанных с устранением повреждений, возникающих при ручной ударной разборке, т.е.

$$\frac{З_{ст}}{n_{сл} N} + С_{т} \le З_{у.п}, \qquad (1)$$

где $З_{ст}$ – затраты на создание стенда, руб.; $n_{сл}$ – срок службы стенда, лет; N – годовой объем разборки, год$^{-1}$; $С_{т}$ – технологическая себестоимость работ, связанных с эксплуатацией стенда, руб.; $З_{у.п}$ – затраты на устранение повреждения детали от ручной ударной разборки изделия, руб.

В развернутом виде выражение (1) представляется следующим образом

$$\frac{М_{и.ст} + ЗП_{и.ст} + Э_{и.ст}}{n_{э} N} + С_{т} \le М_{у.п} + ЗП_{у.п} + Э_{у.п} + З_{т.о}, \qquad (2)$$

где $М_{и.ст}$, $ЗП_{и.ст}$ и $Э_{и.ст}$ – стоимость материалов, заработная плата и стоимость энергии при изготовлении стенда, соответственно, руб.; $М_{у.п}$, $ЗП_{у.п}$, $Э_{у.п}$ – стоимость материалов, заработная плата и стоимость энергии на устранение повреждения, соответственно, руб.; $З_{т.о}$ – затраты на функционирование технологического оборудования, используемого при устранении повреждения, руб.

Все деталей ремонтного фонда, параметры которых соответствуют требованиям к деталям, направляемым на сборку, не должны направляться на трудоемкое восстановление, обеспечивающее рабочим хорошую зарплату.

Были исследованы распределения типовых деталей ремонтного фонда по значениям основных геометрических параметров, определяемых износами и относительным расположением осей и поверхностей после их эксплуатационного использования. Распределения деталей с износами трущихся поверхностей и биениями рабочих поверхностей относительно измерительных баз подчиняются закону Вейбулла. Нормальному закону распределения подчинены детали по параметрам элементов, обрабатываемых под ремонтные размеры, а также изменению межосевых расстояний.

Доли годных деталей для дальнейшего применения без ремонтных воздействий, значительно меньше долей деталей, которые фактически поступают сразу на сборочные участки. Увеличенная доля годных деталей ремонтного фонда (таблица), по сравнению со сведениями предыдущих исследований, например [2], объясняется использованием более совершенных материалов и процессов их изготовления, упрочнением деталей при восстановлении, меньшей наработкой отремонтированных агрегатов в сравнении со вновь изготовленными и наличием деталей, установленных незадолго при текущем ремонте агрегатов.

Практически меньшая доля использования деталей ремонтного фонда и большая трудоемкость их восстановления объясняются недостаточным оснащением рабочих мест приспособлениями и средствами измерений необходимой точности и производительности, слабой организацией производства и стремлением рабочих повысить зарплату за счет необоснованного увеличения объема работ по нанесению покрытий и последующей обработке ремонтных заготовок.

Таблица. Доли годных деталей ремонтного фонда автотракторных двигателей

Детали	Параметры	Двигатели	
		ЗМЗ-53	Д-240
Блок цилиндров	отклонение диаметра коренных опор от номинального значения	0,131	0,120
	несоосность коренных опор	0,184	–
	отклонение диаметра отверстий под гильзы от номинального значения	0,231	0,830
Гильза цилиндра	износ цилиндра	0,092	0,481
	отклонение диаметра верхнего пояска от номинального значения	–	0,433
	отклонение диаметра нижнего пояска от номинального значения	0,382	0,457
	радиальное биение пояска	0,329	–
Головка цилиндров	износ отверстий во втулках клапанов	0,257	–
	отклонение высоты камеры сгорания от номинального значения	0,962	–
	высота головки цилиндров	–	0,642
Шатун	отклонение отверстия в поршневой головке от номинального значения	0,090	–
	отклонение отверстия в кривошипной головке от номинального значения	0,203	0,505
	отклонение межосевого расстояния от номинального	0,640	–
Поршень	износ юбки	0,348	–
	диаметр отверстия *d* под поршневой палец	–	0,186
Поршневой палец	диаметр рабочей поверхности	–	0,256
Коленчатый вал	износ коренных шеек	0,151	0,172
	износ шатунных шеек	0,318	0,297
	несоосность коренных шеек	0,092	–
Маховик	износ базового отверстия	0,952	0,954
	торцовое биение трущейся поверхности	0,138	–
Распределительный вал	износ опорных шеек	0,258	0,436
	несоосность опорных шеек	0,118	–
	отклонение цилиндрической части кулачков от номинального значения	0,664	0,964
	разность размеров «А» и «Б» выпускных кулачков	0,528	0,423
	разность размеров «А» и «Б» впускных кулачков	0,628	0,964
Клапан	износ стержня выпускного клапана	0,126	0,178
	износ стержня впускного клапана	0,020	–
	биение фаски	0,234	–
	высота цилиндрического пояска	0,194	0,254
Толкатель	диаметр цилиндрической поверхности	0,364	0,440

Ряд деталей (например, поршни и вкладыши коленчатого вала) согласно нормативным документам подлежат при ремонте агрегатов замене на новые. Практика показывает [4], что некоторые из этих деталей могут быть восстановлены при стоимости в 15-30 % от стоимости новых деталей при одинаковой с ними долговечности.

Восстановительные покрытия необходимо наносить только после использование всех предусмотренных ремонтных размеров с ресурсосберегающей обработкой резанием. Традиционные, описанные в учебных и производственных изданиях, схемы базирования ремонтных заготовок с использова-

нием «удобных» поверхностей (например, плоскости под масляный картер блока цилиндров или центровых отверстий коленчатого вала) не способствуют ресурсосберегающей обработке резанием основных изнашиваемых поверхностей. Во всех операциях технологические базы должны совпадать с измерительными, а обработанные поверхности в данном операции должны быть использованы в качестве измерительных баз для последующих операций.

Предложен и практически реализован графовый метод выбора комплекта технологических баз из «кратчайшего пути» звеньев, входящих в размерные цепи обрабатываемых заготовок [5]. На всех ремонтных заводах должны применяться единые схемы базирования. При этом целесообразно увеличить ремонтные интервалы шеек валов и отверстий гильз в два раза с целью «выполнения» без пропусков следующих ремонтных размеров с ограничением числа наплавок шеек валов до одной за весь жизненный цикл детали.

Перспективно развивать фактически используемый при восстановлении деталей принцип «местного качества». Детали в своем большинстве изготовлены из конструкционных материалов, однако восстановление деталей предполагает нанесение восстановительных покрытий. Это связано с образованием на поверхностях материала нового химического, структурного и фазового состава, отличного от материала основы. Открываются перспективы существенного повышения износостойкости восстановленных поверхностей различных деталей за счет подбора исходного материала покрытий, его нанесения, черновой обработки резанием, насыщения поверхностного слоя легирующими элементами (углеродом, азотом, бором или их сочетанием), образования упрочняющей фазы, последующих закалки и отпуска с чистовой обработкой. При этом состав исходного материала покрытия согласуют с составом упрочняющей фазы, которая образуется позже. Физико-техническая обработка в виде лазерной и электронно-лучевой обработки способствует формированию такой фазы.

Заключение. Основные мероприятия, обеспечивающие эффективность, сводятся к организации ресурсосберегающей механизированной разборки агрегатов, использованию всех деталей ремонтного фонда с допустимыми значениями параметров без трудоемкого нанесения покрытий, внедрению процессов восстановления деталей (поршней и вкладышей коленчатого вала), которые согласно нормативным документам подлежат замене на новые, и ресурсосберегающей обработке резанием с обоснованными схемами базирования. Существенное повышение износостойкости восстановленных поверхностей различных деталей при использовании принципа «местного качества» достижимо путем насыщения поверхностного слоя покрытий необходимыми легирующими элементами с образованием упрочняющей фазы.

Литература

1. Лялякин В.П. Перспективы восстановления деталей сельскохозяйственной техники // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: материалы IX международной научно-практической конференции «ИнформАгро-2017» (Москва, 7–9 июня 2017 г.) М.: ИнформАгро, 2017. – С. 473-477.

2. Гурвич И.Б., Сыркин П.Э., Чумак В.И. Эксплуатационная надежность авто-

мобильных двигателей. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1994. – 144 с.

3. Соколовский А.П. Научные основы технологии машиностроения. – М. – Л.: Машгиз, 1955, – 515 с.

4. Иванов В.П., Кастрюк А.П. Подготовка ремонтного производства: научное издание. – Новополоцк: ПГУ, 2011. – 272 с.

5. Иванов В.П., Вигерина Т.В. Выбор технологических баз при обработке резанием восстанавливаемых коленчатых валов // Композиционные материалы и защитные покрытия: материалы научно-технического семинара (Минск: ОИМ НАН Б, 27–28 ноября 2012 г.) – Минск: ОИМ НАН Б. – 2012. – С. 38-42.

SOURCES OF ECONOMIC EFFECTIVENESS REPAIR AND RENEWAL PRODUCTION

V.P. Ivanov, doctor of technical sciences, professor
T.V. Vigerina candidate of technical sciences, Associate Professor
Polotsk State University, Novopolotsk, Belarus

Annotation. *The organizational and technological measures are substantiated, allowing to provide the technical level of repair and recovery production, in which it is able to compete with enterprises of machine building profile. The measures for the resource-saving disassembly of the units and the processing by cutting of the repair workpieces are justified. The possibility of restoring a number of parts, which according to regulatory documents are subject to replacement by new ones, is determined. The prospects for a significant increase in wear resistance of the reconditioned surfaces of various parts due to the use of the principle of «local quality» are considered.*

Keywords: *repair, restoration, durability, efficiency.*

Literature

1. Lyalyakin V.P. Prospects of restoration of details of agricultural machinery // Scientific and information support of innovative development of the agroindustrial complex: materials of the IX International Scientific and Practical Conference «InformAgro-2017» (Moscow, June 7-9, 2017) M .: InformAgro, 2017. – 477 p.

2. Gurvich I.B., Syrkin PE, Chumak VI Operational reliability of car engines. - 2 nd ed., Pererab. and additional. - Moscow: Transport, 1994. - 144 p.

3. Sokolovsky A.P. Scientific foundations of engineering technology. - M.-L .: Mashgiz, 1955, - 515 p.

4. Ivanov V.P., Kastryuk A.P. Preparation of repair production: scientific publishing. - Novopolotsk: PSU, 2011. - 272 p.

5. Ivanov V.P., Vigerina T.V. Choice of technological bases during machining by cutting the recovered crankshafts // Composite Materials and Protective Coatings: Materials of the Scientific and Technical Seminar (Minsk: OIM NAS B, November 27-28, 2012) - Minsk: OIM NAS B. - 2012. - P. 38-42.

УДК 681.3: 62-52; 669-1

ИМИТАЦИОННЫЕ ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ НА АБРАЗИВНОЕ ИЗНАШИВАНИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ОРУДИЙ

Михальченков А. М., д.т.н., проф.
mihalchenkov.alexandr@yandex.ru>
Бардадын Н.А., к.т.н.
Ищенко Н. В., магистрант
Брянский ГАУ, Брянск

Аннотация. *Предложенные устройство и методика проведения испытаний в лабораторных условиях делают возможным: использовать абразивную среду любого состава, задавать угол наклона образца относительно плоскости его перемещения, проводить эксперименты в широком диапазоне скоростей вращения опытных образцов; испытательное устройство отличается простотой конструкции, а реализация испытаний не требует специальных навыков.*

Ключевые слова: *абразивное изнашивание, имитация, лабораторные испытания, почвообрабатывающие орудия, техника испытаний.*

Введение. Постановка задачи.

Лабораторные испытания материалов при их подборе для изготовления деталей являются неотъемлемой частью всего комплекса исследований в процессе проектирования и эксплуатации технических систем [1,2]. Такие испытания в значительной степени снижают трудоемкость исследований и нередко заменяют дорогостоящие эксперименты, проводимые в реальных условиях [3]. Кроме того, исследования в лабораторных условиях имеют широкие возможности и распространяются на детали, подвергнутые различным упрочняющим воздействиям [4]. Изложенное в полной мере относится и к исполнительным элементам рабочих органов почвообрабатывающих орудий.

Среди широкого спектра характеристик механических свойств материалов, стойкость к абразивному изнашиванию входит в число определяющих по отношению к деталям, эксплуатирующихся в почвенной среде, т. к. предельное значение износа регламентирует их ресурс [5, 6].

Многообразие конструкций и условий работы элементов почвообрабатывающей техники и условий их работы привело к созданию достаточно большого количества методов и устройств для проведения лабораторных исследований [7], которые не всегда отвечают необходимым параметрам и в ряде случаев трудно реализуемы из-за конструкционной сложности (Примером может служить метод, получивший название, «вращающаяся чаша»).

Поэтому в задачу работы входила разработка конструкции устройства и методики проведения испытаний материалов в абразивной среде, отличающихся простотой исполнения и универсальностью применительно к исполнительным органам почвообрабатывающих орудий.

Требования к устройству и проведению испытаний.

Техника испытаний должна быть, в определенной мере, приближена к реальным условиям работы деталей рабочих органов почвообрабатывающей техники, в связи с этим устройство должно отвечать определенным требованиям.

Так как исполнительные органы почвообрабатывающих орудий перемещаются в почве, являющейся абразивной средой, то одним из условий будет проведение испытаний в незакрепленном абразиве при наличии ударных воздействий.

Известно, что угол проникновения в почву исполнительных элементов у различных орудий неодинаков, поэтому в устройстве должна быть предусмотрена возможность изменения угла наклона к горизонту опытного образца в зависимости от целей испытаний.

В разрабатываемой методике необходимо предусмотреть перемещение опытного образца в широком диапазоне скоростей, что позволит проводить испытания, как в ускоренном режиме, так и с имитацией реальных условий.

Обязательным требованием является идентичность опытов всех экспериментальных образцов одной партии.

Приспособление должно быть простым по устройству и изготовлению, а также обладать возможностью многократного использования.

Закрепление и снятие образцов для контроля износа не должно вызывать технических сложностей.

Таким образом, при разработке техники испытаний следует выполнить семь условий.

Разработка конструкции и методики проведения испытаний

Решение поставленной цели заключается в том, что опытный образец крепится в захвате, который устанавливается в державке с вертикальной осью вращения под определенным (заданным) углом к этой оси. В результате этого, перемещение образца происходит по круговой траектории в горизонтальной плоскости с установленным углом наклона относительно этой плоскости.

Приспособление состоит из: захвата 1, образца 2, упорной шайбы 3, регулировочной контргайки 4, державки 5, промежуточного кольца 6, оправки 7, фиксирующих болтов 8 (рис. 1).

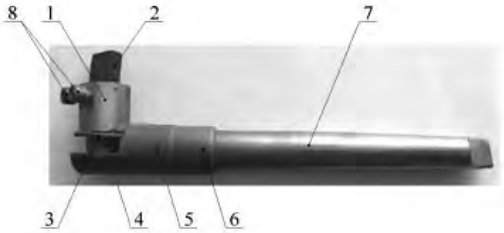
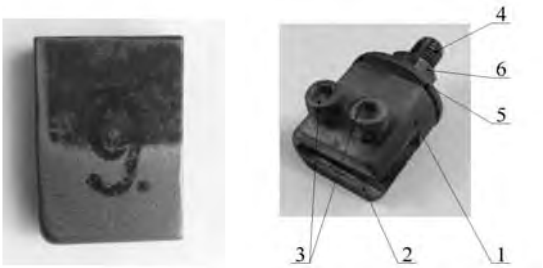


Рисунок 1 – Приспособление для испытаний в сборе

Экспериментальные образцы (рис. 2, а) представляют собой прямоугольные пластины с размерами 90×40×10, обеспечивающие надежное крепление в захватах и площадь контактирующей поверхности, создающей условия для прохождения всех процессов, присущих абразивному изнашиванию. Они могут быть изготовлены из материалов различной природы (металлические сплавы, полимеры, композиты), подвергнуты различным видам упрочнения и с нанесенными покрытиями.

Захват (рис. 2, б) представляет собой корпус 1 с глухим пазом 2 для установки образца; крепежных элементов 3, фиксирующих образец; резьбового крепления 4, позволяющего производить соединение с державкой; регулировочной шайбой 5 и контргайкой 6.



а) *б)*

Рисунок 2 – Опытный образец (после испытаний) – а; захват – б

Державка (рис. 3, а) является деталью, у которой одна часть представляет собой цилиндр со сквозным резьбовым отверстием для крепления ее к оправке, а вторая часть – сегмент от цилиндра с плоскостью и перпендикулярным его оси резьбовым отверстием, что обеспечивает крепление захвата.

Промежуточное кольцо (рис. 3, б) необходимо в том случае если после установки державки на оправке остается промежуток. В этом случае оно увеличивает надежность приспособления с точки зрения его жесткости.

а) *б)* *в)*

Рисунок 3 – Державка – а; промежуточное кольцо – б; оправка – в

Оправка (рис. 3, в), в данном случае, представляет собой крепеж в шпинделе сверлильного или иного станка в виде конуса Морзе №3.

Угол наклона образца к плоскости вращения изменяется толщиной упорной шайбы 3 (рис. 1б) и регулировочной контргайкой 2 (рис. 1б), устанавливаемой между торцом захвата и плоскостью державки. Возможность установки любого угла наклона опытных образцов, в определенной мере позволяет сымитировать процесс износа, имеющий место в реальных условиях. Кроме того, расположение образцов под наклоном в некоторой степени способствует перемешиванию изнашивающей среды.

Для проведения испытаний могут использоваться любые станки с вертикальной осью вращения и изменяемой частотой вращения выходного элемента и возможностью установки на нем предлагаемого устройства. При проведении испытаний собранное приспособление устанавливается в вертикальном положении, при различных глубинах погружения в абразивную массу.

Собранное приспособление 1 с закрепленным образцом 2 устанавливается в шпиндель 3 вертикально-сверлильного станка. После этого образцу

2 придается вращение и производится его погружение в абразивную среду, размещенную в емкости 4 (рис. 4). Параметры испытаний (частота вращения, угол наклона, глубина внедрения образца в изнашивающую среду, ее состав, материал, и т. д.) задаются исходя цели исследований.

Рисунок 4 – Установка в момент проведения испытаний

Измерение износов можно проводить различными, наиболее удобными для исследователя методами. Система контроля (периодический, разовый) определяется задачами эксперимента.

Выводы

1. Разработано устройство и методика проведения испытаний в лабораторных условиях.

2. Техника испытаний позволяет: использовать изнашивающую среду любого состава; изменять (задавать) угол наклона образца относительно горизонта; проводить испытания в широком диапазоне скоростей вращения с широким спектром материалов; главный элемент конструкции – приспособление отличается простотой, а проведение испытаний не требует специальных навыков.

Литература

1. Михальченков А.М., Лялякин В.П., Михальченкова М.А. Методика проведения ускоренных сравнительных испытаний различных материалов на абразивное изнашивание. // Метрология. – 2014. – №9. – С. 15-22.

2. Сидоров С.А., Поткин С.Н., Миронов Д.А., Лискин И.В. Комбинированные лабораторные исследования материалов рабочих органов на абразивный износ // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2016. – №6. – С. 21-26.

3. Кравченко И.Н., Коломейченко А.В., Соловьев Р.Ю., Пупавцев И.Е., Коломейченко А.А. Исследование износостойкости плазменных покрытий в абразивной среде Ремонт // Восстановление. Модернизация. – 2016. – №10. – С. 9-11.

4. Денисов В.А., Кожухова Н.Ю., Киселева Л.С., Лушкина С.А. К вопросу методологии поведения испытаний поверхностно упрочненных деталей рабочих органов почвообрабатывающих орудий // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2016. – №1 (15). – С. 195-204.

5. Литовченко Н.Н., Титов Н.В., Коломейченко А.В., Логачев В.Н., Виноградов В.В. Упрочнение рабочих органов машин, работающих в абразиве // Труды ГОСНИТИ. – 2013. –Т. 111. №2. – С. 086-088.

6. Михальченков А.М., Тюрева А.А., Зуева Д.С. Лемех плуга для Отвальной вспашки с рифленой рабочей поверхностью (лемех Михальченкова А.М.) // Патент России №90287. 2009. Бюл. №10

7. Л.И. Куксенова, В.Г. Лаптева, А.Г. Колмаков, Л.М. Рыбаков Методы испытаний на трение и износ. Справочное издание. – М.: «Интермет инжиниринг», 2001. – С 152.

SIMULATED LABORATORY TESTS FOR ABRASIVE WEAR OF THE EXECUTIVE ORGANS OF TILLAGE TOOLS

Doctor of technical sciences, prof. Mikhalchenkov A. M., Candidate of Technical Sciences Bardadyn NA, Master of Arts Ishchenko NV,
Bryansk State Agrarian University, Bryansk, Russia

Annotation. *The proposed device and the procedure for conducting tests in laboratory conditions make it possible to: use an abrasive medium of any composition, set the angle of inclination of the sample relative to the plane of its displacement, carry out experiments over a wide range of rotational speeds of prototypes; The test device is distinguished by the simplicity of the design, and the implementation of the tests does not require special skills.*

Keywords: *abrasive wear, imitation, laboratory tests, tillage tools, testing technique.*

Literature

1. Mikhalchenkov AM, Lyalyakin VP, Mikhalchenkova MA Method of conducting accelerated comparative tests of various materials on abrasive wear. // Metrology. - 2014. - No. 9. - P. 15-22.

2. Sidorov SA, Potkin SN, Mironov DA, Liskin IV Combined laboratory studies of materials of working organs on abrasive wear // Agricultural machines and technologies. - 2016. - No. 6. - P. 21-26.

3. Kravchenko IN, Kolomeichenko AV, Soloviev R.Yu., Pupavtsev IE, Kolomeichenko A.A. Investigation of wear resistance of plasma coatings in abrasive media. Repair // Reconstruction. Modernization. - 2016. - No. 10. - P. 9-11.

4. Denisov VA, Kozhukhova N.Yu., Kiseleva LS, Lushkina S.A. On the Methodology of the Test Behavior of Surface Hardened Parts of the Working Parts of Soil-Forming Tools // Construction, Use and Reliability of Agricultural Machines. - 2016. - No. 1 (15). - P. 195-204.

5. Litovchenko NN, Titov NV, Kolomeichenko AV, Logachev VN, Vinogradov VV Hardening of the working organs of machines working in abrasive // Proceedings of GOSNITI. - 2013. - T. 111. № 2. - C. 086-088.

6. Mikhalchenkov AM, Tyureva AA, Zueva DS Plow plow for plowing plowing with a grooved working surface (share of Mikhalchenkov AM) // Patent of Russia №90287. 2009. Bul. №10

7. L.I. Kuksenova, V.G. Laptev, A.G. Kolmakov, L.M. Rybakov Methods of testing for friction and wear. Reference edition. - Moscow: «Intermet Engineering», 2001. - With 152.