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

ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС МАШИН

№3 (152) 2023

ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС МАШИН

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

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

Черноиванов Вячеслав Иванович
доктор технических наук, профессор, академик РАН, главный научный сотрудник ФНАЦ ВИМ (главный редактор, председатель редакционного совета)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Лялякин Валентин Павлович
доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник ФНАЦ ВИМ (заместитель председателя)

Соловьев Сергей Александрович
доктор технических наук, профессор, академик РАН, заместитель главного ученого секретаря президиума РАН

Дорохов Алексей Семенович
доктор технических наук, профессор, академик РАН, заместитель директора ФНАЦ ВИМ

Денисов Вячеслав Александрович
доктор технических наук, заведующий отделом ФНАЦ ВИМ

Зиганшин Булат Гусманович
доктор технических наук, профессор, проректор по учебно-воспитательной работе, заведующий кафедрой, Казанский государственный аграрный университет

Кешуов Сейтказы Асылсеитович
доктор технических наук, профессор, ректор, Казахский НИИМЭСХ, Республика Казахстан

Габитов Ильдар Исмагилович
доктор технических наук, профессор, ректор, Башкирский ГАУ

Ценч Юлия Сергеевна
доктор технических наук, главный научный сотрудник, заместитель директора ФНАЦ ВИМ

Спицын Иван Алексеевич
доктор технических наук, профессор кафедры «Технический сервис машин», Пензенский ГАУ

Сенин Петр Васильевич
доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе, Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева

Ерохин Михаил Никитьевич
доктор технических наук, профессор, академик РАН, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Попов Владимир Дмитриевич
доктор технических наук, профессор, академик РАН, научный руководитель ФГБНУ «Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства»

Тошболтаев Махамад Тожалиевич
доктор технических наук, профессор, зам. директора по науке и инновациям, Научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, Республика Узбекистан

Утениязов Пулат Айбатович
доктор философии по техническим наукам, главный специалист, Научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, Республика Узбекистан

Адрес издателя, редакции и типографии: 109428, Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5, стр. 1.
Тел. 8 (495) 371-21-44; 8 (499) 174-88-11; e-mail: **tsmvim@mail.ru**; valpal-1938@mail.ru

Свидетельство о регистрации: ПИ №ФС77-72932 от 25.05.2018 года
Выходит 4 раза в год (Свободная цена).
Дата выхода в свет 26.06.2023 г., Формат 60 х 84/8. Объем 23,25 п.л., Тираж 100 экз., заказ 958.
Отпечатано в типографии ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

© ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, 2023

MACHINERY TECHNICAL SERVICE

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

EDITOR-IN-CHEF:

Chernoivanov Vyacheslav Ivanovich
Dr.Sc.(Eng.), Professor, Member of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher of the FSAC VIM (Chairman of the Editorial Board)

EDITORIAL BOARD:

Lyalyakin Valentin Pavlovich
Dr.Sc.(Eng.), Professor, Chief Researcher of the FSAC VIM (Deputy Chairman)

Solovyev Sergey Aleksandrovich
Dr.Sc.(Eng.), Professor, Member of the Russian Academy of Sciences, Deputy Chief Scientific Secretary of the Presidium of the Russian Academy of Sciences

Dorokhov Alexey Semenovich
Dr.Sc.(Eng.), Professor, Member of the Russian Academy of Sciences, Deputy Director of the FSAC VIM

Denisov Vyacheslav Aleksandrovich
Dr.Sc.(Eng.), Head of Department at the FSAC VIM

Ziganshin Bulat Gusmanovich
Dr.Sc.(Eng.), Professor, Vice-Rector for Educational Affairs, Head of Department, Kazan State Agrarian University

Keshuov Seytkazy Asylseitovich
Dr.Sc.(Eng.), Professor, Rector, Kazakh Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture, Republic of Kazakhstan

Gabitov Ildar Ismagilovich
Dr.Sc.(Eng.), Professor, Rector, Bashkir State Agrarian University

Tsench Yulia Sergeevna
Dr.Sc.(Eng.), Chief Researcher, Deputy Director of the FSAC VIM

Spitsyn Ivan Alekseevich
Dr.Sc.(Eng.), Professor of Machine Maintenance Department, Penza State Agrarian University

Senin Petr Vasil'evich
Dr.Sc.(Eng.), Professor, Vice-Rector for Science and Research, N.P. Ogarev Mordovian State University

Erokhin Mikhail Nikit'evich
Dr.Sc.(Eng.), Professor, Member of the Russian Academy of Sciences, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy

Popov Vladimir Dmitrievich
Dr.Sc.(Eng.), Professor, Member of the Russian Academy of Sciences, Academic Supervisor at the Institute of Agroengineering and Environmental Problems of Agricultural Production

Toshboltaev Makhamad Tozhalievich
Dr.Sc.(Eng.), Professor, Deputy Director for Research and Innovation, Research Institute of Agricultural Mechanization, Republic of Uzbekistan

Uteniyazov Pulat Aibatovich
Ph.D(Eng.), Chief Specialist, Scientific Research Institute of Agricultural Mechanization, Republic of Uzbekistan

Actual address of the publisher, editorial office and printing house:
109428, Moscow, 1 st Institutsky pass., 5. bld. 1.
Phone: 8 (495) 371-21-44; 8 (499) 174-88-11; e-mail: **tsmvim@mail.ru**; valpal-1938@mail.ru

Certificate of registration:
ПИ №ФС77-72932 from 25.05.2018.

It turns out 4 times a year (Free price).
The format is 60x84 / 8. Circulation 100 copies.
Printed in the printing house of the FSBSI FSAC VIM.

Требования к оформлению материалов для опубликования

Журнал **«ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС МАШИН»** включен в Перечень изданий, рекомендованных ***ВАК РФ*** для публикации трудов соискателей ученых степеней кандидата и доктора наук по специальностям: 4.3.1 / 5.6.6. Приказ Минобрнауки РФ №118 от 24.02.2021 г.

Журнал включен в Российский индекс цитирования ***(РИНЦ)*** и в Международную информационную систему по сельскому хозяйству ***AGRIS***. Полные тексты статей размещены на сайте электронной библиотеки:
http://elibrary.ru.

Статья, направляемая в журнал для публикации, должна соответствовать основной тематике журнала. Поступивший в редакцию материал проходит двойное слепое рецензирование. Отрицательная рецензия является основанием для отказа в публикации.

Редакция принимает рукописи и электронные версии статей, набранные в Word шрифтом 14 пт. **Times New Roman** через 1,5 интервала, не более 20 страниц.

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

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

В каждой статье должны быть указаны следующие данные:
- название статьи;
- фамилия, имя и отчество автора (ов);
- e-mail автора, контактный телефон;
- место работы автора(ов) (аббревиатуры не допускаются),
почтовый адрес;
- ученая степень, ученое звание автора;
- реферат;
- ключевые слова;
- библиографический список.

Статью следует структурировать, обязательно указав следующие разделы:
- Введение (актуальность);
- Цель исследования;
- Материалы и методы;
- Результаты и обсуждение;
- Выводы.

Библиографический список (от 10 источников за последние 5 лет) следует оформлять по ГОСТ Р 7.05-2008.

Реферат – это самостоятельный законченный материал. Вводная часть минимальна. Нужно коротко и емко отразить актуальность и цель исследования, условия и схемы экспериментов, привести полученные результаты (с обязательным аргументированием на основании цифрового материала), сформулировать выводы. **Объем реферата – 200-250 слов.**

В реферате нельзя использовать аббревиатуры и сложные элементы форматирования (например, верхние и нижние индексы).

На английский язык следует перевести:
- название статьи;
- место работы автора (ов);
- реферат и ключевые слова;
- названия литературных источников.

Машинный перевод недопустим!

В конец рукописи необходимо включить примечания, в которых разъясняется фактический вклад каждого соавтора в выполненную работу. Приводится на русском и английском языках.

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

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

Адрес для отправления материалов:

e-mail: ***tsmvim@mail.ru***; valpal-1938@mail.ru

109428, Москва, 1-й Институтский проезд, дом 1, с отметкой «Технический сервис машин», Лялякину Валентину Павловичу.

Телефон для справок: 8 (499) 174-88-11; 8 (495) 371-21-44.

Requirements for the design of materials for publication

The journal "**Technical Service of Machines"** is 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 candidate and Doctor of Sciences in the specialties: 4.3.1 / 5.6.6. Order of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation №118 24.02.2021.

The journal is included in the Russian Scientific Citation Index **(RSCI)** and in the International information system on agriculture ***AGRIS.*** The full texts of the articles are available on the website of the electronic library: ***http://elibrary.ru.***

The article sent to the journal for publication should match to the main theme of the journal. The material received by the editorial office is double-blind peer-reviewed. A negative review is a cause for refusing the publication.

The editorial Board accepts manuscripts and electronic versions of articles typed in Word with fontsize of 14 pt., **Times New Roman** interlinear interval of 1.5 and not exceeding 20 pages.

The formulas given in the article should have explanations of all the values included in them with the measurement units in SI. Graphic materials should be attached as separate files: photos – **jpg** or **tif** with a resolution of **300 dpi**, graphics, diagrams – in **eps** or **ai**. All graphic materials, drawings and photos should be numbered, signed and have a link in the text.

Simple inline and single-line formulas must be typed in characters in the **Microsoft Word formula** editor without using special editors. It is not allowed to set part of the formula with symbols, and part in the formula editor. If the formulas are taken from other sources, it is not necessary to give them detailed explanation: the authors of the formulas have already done that, they should not be repeated. Links to notation of the formulas is required. The article should contain no more than 10 formulas, 3-4 illustrations, 3-4 tables, tables must be not larger than 1/2 page.

Each article should contain the following information:
- article title;
- surname, name and patronymic of the author (authors);
- e-mail of the author, contact phone number;
- work place of the author(s) (abbreviations are not allowed), postal address;
- academic degree, academic title of the author;
- abstract;
- keyword;
- bibliographic list.

The article should be structured by specifying the following sections:
- Introduction (relevance);
- Research purpose;
- Materials and methods;
- Results and discussion;
- Conclusions.

Bibliographic list (from 10 sources for the last 5 years) should be prepares in accordance with GOST R 7.05-2008.

Abstract. The abstract is a finished material. The introductory part is minimal. It is necessary to briefly and succinctly reflect the relevance and purpose of research, conditions and schemes of experiments, to present the results (with the obligatory reasoning based on digital material), to formulate conclusions. **The size of the abstract – 200-250 words.**

Abbreviations and complex formatting elements (such as superscripts and subscripts) should not be used in the abstract.

The next must be translated in English:
- article title;
- work place of the author (s);
- abstract and keywords;
- names of literary sources.

Machine translation is not allowed!

At the end of the manuscript, the authors should include notes that explain the actual contribution of each co-author to the work performed.

Contribution of the authors should be written in Russian and English.

The manuscript should be signed by the authors. The author is legally and otherwise responsible for the content of the article.

If the article do not match with at least one of the listed conditions, it may serve as a basis for refusing the publication.

Address for sending materials:
e-mail: ***tsmvim@mail.ru***; valpal-1938@mail.ru
109428, Moscow, 1-st Institutsky Proezd, Building 1, FGBNU FNAC VIM
with the note "*Machinery technical service*", addressed to Lyalyakin Valentin Pavlovich.
Telephone for information: 8 (499) 174-88-11; 8 (495) 371-21-44.

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ. РЕМОНТ

Катаев Ю.В., Герасимов В.С., Тишанинов И.А., Градов Е.А.
Перспективные направления восстановления смазочных материалов для узлов и агрегатов энергонасыщенной сельскохозяйственной техники 12
Соловьев Р.Ю., Грибов И.В., Коломейченко А.В., Максимов А.В., Баранов Ю.Н.
Методика начисления баллов за НИОКР при локализации производства промышленной продукции на территории Российской Федерации 19
Катаев Ю.В., Герасимов В.С., Тишанинов И.А., Казакова В.А., Соболев М.О., Бугаев А.В.
Особенности ремонта зерноуборочных комбайнов на отдельных сервисных предприятиях инженерной службы АПК Краснодарского края 25
Денисов В.А., Ионов П.А., Пьянзов С.В., Земсков А.М., Салмин В.В.
Подходы к поиску конструктивных параметров ответственных деталей объемных гидроприводов зарубежного производства 32
Казакова В.А., Герасимов В.С.
Роль стандартизации в проведении эффективной утилизации комбайнов 39
Кушнарев Л.И.
Повышение качества машин и оборудования на основе фирменного технического сервиса 46
Кучер А.В., Замятин А.В., Щитов С.В., Кузнецов Е.Е.
Разработка и использование модульного подогревателя двигателя внутреннего сгорания для многоцелевых автомобилей 51
Баганов Н.А., Грицай Д.И., Иванов А.И., Исаев Н.И., Радченко А.Е.
Влияние качества дизельного топлива на ресурс моторного масла и двигателя 57

ВОССТАНОВЛЕНИЕ И УПРОЧНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ

Карпенко Н.Н., Латыпова Г.Р., Агеева А.В., Карпенко В.Ю.
Свойства и состав электроэрозионного порошка, полученного . . . . . .
из отходов инструментальной быстрорежущей стали Р18 63
Титов Н.В., Логачев В.Н., Коломейченко А.В., Кузнецов И.С., Чернышов Н.С.
Технология повышения ресурса крышек газораспределительного механизма двигателей 69
Задорожний Р.Н., Кудряшова Е.Ю., Романов И.В.
Сравнительные испытания на трение бронзовых покрытий из вторичных материалов 76
Башкирцев Ю.В., Иванюк И.В.
Разработка формообразующего клеевого состава для ремонта деталей машин и оборудования 82
Сайфуллин Р.Н., Арбузов Р.Ф., Бирюков А.Л.
Влияние режимов электроискровой обработки на износостойкость закаленных лезвий ножей 87
Добрин Д.А., Денисов В.А., Волкова О.А., Катков С.А.
Использование сверхзвуковой электродуговой металлизации для получения коррозионностойких
покрытий деталей сельскохозяйственной техники 94
Лялякин В.П., Аулов В.Ф., Рожков Ю.Н., Евсюков А.А.
Методы восстановоения сошников для внесения удобрений в почву 100

ИСТОРИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ

Ценч Ю.С., Годлевская Е.В.
Опыт технико-технологического обеспечения сельского хозяйства
Южного Урала: от машинно-тракторных станций к научно-производственным мощностям 105

CONTENTS

MAINTENANCE. REPAIR

KKatayev Yu.V., Gerasimov V.S., Tishaninov I.A., Gradov E.A.
Perspective directions of restoration of lubricants for unit of high-energy agricultural machinery 12
Solov'yev R.Yu., Gribov I.V., Kolomeychenko A.V., Maksimov A.V., Baranov Yu.N.
Methodology for calculating points for R&D in the localization of industrial production in the Russian Federation 19
Katayev Yu.V., Gerasimov V.S., Tishaninov I.A., Kazakova V.A., Sobolev M.O., Bugaev A.V.
Features of repairing grain harvesters at individual service enterprises of engineering service of AIC of Krasnodar region 25
Denisov V.A., Ionov P.A., P'yanzov S.V., Zemskov A.M., Salmin V.V.
Searching for design parameters of critical parts of foreign volumetric hydraulic actuators. 32
Kazakova V.A., Gerasimov V.S.
The role of standardization in efficient utilization of combine harvesters 39
Kushnarev L.I.
Improving the quality of machinery and equipment based on a proprietary technical service 46
Kucher A.V., Zamyatin A.V., Shchitov S.V., Kuznetsov E.E.
Development and use of a modular heater of internal combustion engine for multi-purpose vehicles 51
Baganov N.A., Gritsay D.I., Ivanov A.I., Isayev N.I., Radchenko A.E.
The influence of diesel fuel quality on the resource of engine and engine oil 57

RESTORATION AND HARDENING OF DETAILS

Karpenko N.N., Latypova G.R., Ageeva A.V., Karpenko V.Yu.
Properties and composition of electric erosion powder from waste of R18 tool steel 63
Titov N.V., Logachev V.N., Kolomeychenko A.V., Kuznetsov I.S., Chernyshov N.S.
Increasing the service life of the covers of the gas distribution mechanism. 69
Zadorozhniy R.N., Kudryashova E.Yu., Romanov I.V.
Comparative friction tests of bronze coatings from secondary materials 76
Bashkirtsev Yu.V., Ivanyuk I.V.
Development of shaping adhesive composition for the repair of machines and equipment 82
Sayfullin R.N., Arbuzov R.F., Biryukov A.L.
Influence of electric spark treatment modes on the wear resistance of hardened knives blades 87
Dobrin D.A., Denisov V.A., Volkova O.A., Katkov C.A.
The use of supersonic electric arc metallization to produce corrosion-resistant
coatings of agricultural machinery parts 94
Lyalyakin V.P., Aulov V.F., Rozhkov Yu.N., Evsyukov A.A.
Methods of restoration of coulters for applying fertilizers to soil 100

THE HISTORY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

Tsench Yu.S., Godlevskaya E.V.
Experience of technical and technological support of agriculture in the Southern Urals:
from machine and tractor stations to scientific and production facilities 105

DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-12-18 CC BY УДК 621.892

Перспективные направления восстановления смазочных материалов для узлов и агрегатов энергонасыщенной сельскохозяйственной техники

Юрий Владимирович Катаев, кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, e-mail: ykataev@mail.ru;
Валерий Сергеевич Герасимов, ведущий специалист;
Игорь Александрович Тишанинов, младший научный сотрудник;
Евгений Анатольевич Градов, младший научный сотрудник

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *Авторы рассмотрели возможности оптимизации перспективного направления восстановления смазочных материалов для узлов и агрегатов энергонасыщенной сельскохозяйственной техники. (Цель исследования) Изучить методы и возможности оптимизации восстановления смазочных материалов узлов и агрегатов сельскохозяйственной техники при проведении технического обслуживания. (Материалы и методы) Изучили перспективные направления сбора и восстановления смазочных масел в хозяйствах агропромышленного комплекса России. Определили, что очистка отработанных масел с целью восстановления его основных эксплуатационных свойств производится на специализированных участках (пунктах), организованных на объектах ремонтно-обслуживающей базы крупных предприятий, а также на станциях технического обслуживания, ремонтных заводах и других предприятиях агропромышленного комплекса с большими объемами потребления свежих и сбора отработавших масел. Регенерация отработанных масел служит одним из источников пополнения масляных ресурсов. (Результаты и обсуждение) Показали, что в результате обработки отработанного материала на выходе можно получить очищенную масляную основу соответствующей группы, содержащую композицию присадок, пригодную к использованию во вторичных и вспомогательных технологических процессах в качестве промывочных масел, рабочих жидкостей гидросистем, а также для смазки малонагруженной техники, не предъявляющей высоких требований к качеству и чистоте смазочных материалов и рабочих жидкостей. (Выводы) Операции, выполняемые для повышения качества масел, сводятся к следующему: промывка масел с последующей очисткой от воды, механических примесей, смолистых веществ, продуктов износа, окисления и термодеструкции, добавка активных компонентов композиции присадок.*

Ключевые слова: *отработанные смазочные материалы, контроль, сбор, восстановление работоспособности, физико-химические показатели, методы очистки, маслоочистительные установки, вторичное использование.*

Для цитирования: *Катаев Ю.В., Герасимов В.С., Тишанинов И.А., Градов Е.А. Перспективные направления восстановления смазочных материалов для узлов и агрегатов энергонасыщенной сельскохозяйственной техники // Технический сервис машин. 2023. Т. 61. N3(152). С. 12-18. DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-12-18. GVYLWR.*

Perspective directions of restoration of lubricants for unit of high-energy agricultural machinery

Yuriy V. Kataev, Ph.D.(Eng.), associate professor, leading researcher;
Valeriy S. Gerasimov, leading specialist;
Igor' A. Tishaninov, junior researcher;
Evgeniy A. Gradov, junior researcher

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The authors considered the possibilities of optimizing the promising direction of restoring lubricants for units and aggregates of energy-saturated agricultural machinery. (Research purpose) The research purpose is studying the methods and possibilities of optimizing the recovery of lubricants of agricultural machinery units*

and aggregates during maintenance. (Materials and methods) Studied promising areas of collection and recovery of lubricating oils in the farms of the agro-industrial complex of Russia. It was determined that the purification of used oils in order to restore its basic operational properties is carried out at specialized sites (points) organized at the facilities of the repair and maintenance base of large enterprises, as well as at maintenance stations, repair plants and other enterprises of the agro-industrial complex with large volumes of fresh consumption and collection of used oils. The regeneration of waste oils serves as one of the sources of replenishment of oil resources. (Results and discussion) It was shown that as a result of processing the waste material at the outlet, it is possible to obtain a purified oil base of the corresponding group containing a composition of additives suitable for use in secondary and auxiliary technological processes as flushing oils, hydraulic fluids, as well as for the lubrication of low-loaded equipment that does not impose high requirements for the quality and purity of lubricants and working fluids. (Conclusions) The operations performed to improve the quality of oils are as follows: washing of oils with subsequent purification from water, mechanical impurities, resinous substances, wear products, oxidation and thermal degradation, addition of active components of the additive composition.

***Keywords**: used lubricants, control, collection, recovery, physical and chemical indicators, cleaning methods, oil cleaning plants, recycling.*

***For citation:** Katayev Yu.V., Gerasimov V.S., Tishaninov I.A., Gradov E.A. Perspektivnyye napravleniya vosstanovleniya smazochnykh materialov dlya uzlov i agregatov energonasyshchennoy sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Perspective directions of restoration of lubricants for unit of high-energy agricultural machinery]. Tekhnicheskiy servis mashin. 2023. Vol. 61. N3(152). 12-18 (In Russian). DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-12-18. GVYLWR.*

Гидравлические и смазочные масла в сельскохозяйственных машинах в процессе использования загрязняются. Масла необходимо менять через определенное нормативное время использования вне зависимости от их фактического состояния. С помощью контроля качества смазочных масел и восстановления работоспособности возможно продлить срок их службы примерно в пять раз. Все это будет дополнительно способствовать повышению безотказности и долговечности машин за счет нахождения параметров масла в допустимых рабочих пределах [1].

Сбор отработавших масел из узлов и агрегатов машин осуществляется раздельно по группам и маркам с применением специального оборудования и оснастки (воронки, ванны, установки для слива и сбора – мобильные и стационарные). Собранное отработавшее масло хранится в бочках или других закрытых (герметичных) резервуарах раздельно и периодически по мере накопления направляется на участок (пункт) сбора и очистки для обработки.

Цель исследования – изучить методы и возможности оптимизации восстановления смазочных материалов узлов и агрегатов сельскохозяйственной техники при проведении технического обслуживания.

Материалы и методы. Минеральные масла в процессе использования изменяют свои свойства за счет загрязнения пылью, стружкой металлической, обводнения от конденсации водяных паров из воздуха, окисления под действием кислорода воздуха и высоких температур (*табл. 1*).

Отработанными называются масла, утратившие в процессе эксплуатации установленные показатели качества или проработавшие определенные для них сроки, установленные технической документацией на оборудование, машины и механизмы. На участке сбора и очистки масел обустраивается приточно-вытяжная вентиляция.

Годовой объем очищаемого отработавшего масла может составлять до 100 т при работе оборудования в одну смену. Отработанные нефтепродукты, используемые агропредприятиями для собственных нужд, после их регенерации можно повторно использовать и экономить дорогостоящие свежие масла. Прием отработанных нефтепродуктов нефтебазами от агрохозяйств осуществляется в соответствии с требованиями ГОСТ 21046-86 и производится отдельно по трем группам: моторные масла (ММО), индустриальные (МИО) и смеси отработанных нефтепродуктов (СНО). Для ускорения этой важной для потребителей АПК работы должны быть организованы приемные пункты, располагаемые в зоне операций по отгрузке нефтепродуктов [2, 3].

По своим свойствам отработанные нефтепродукты, сдаваемые организациям нефтепродуктообеспечения, должны соответствовать требованиям, приведенным в *таблице 2*.

Небольшие и отдаленные агропредприятия, которые не в состоянии заниматься очисткой и восстановлением, могут продавать отходы масла заинтересованным организациям по прейскуранту *таблицы 3*.

Норма сбора отработанных масел – это максимальное технически обоснованное количество отработанных масел, которое может быть собрано при эксплуатации или ремонте техники и обору-

Таблица 1

Источники загрязнения моторных масел

Вид загрязнения	Источник загрязнения
Минеральные абразивные частицы	Проникают в двигатель при поступлении воздуха и топлива в цилиндры, а также в картер через неплотности заливной горловины
Металлические частицы	Образуются в результате износа двигателя. Наибольший износ деталей может быть при сухом трении, значительный – при граничном трении в момент запуска и остановки двигателя, резком изменении режима работы и неустановившихся нагрузках
Смолистые осадки	Образуются при окислении картерного масла из-за непрерывного соприкосновения с газами, проникающими в картер двигателя
Лаковые отложения	Образуются в виде тонкого слоя при окислении масла на горячих поверхностях юбки поршня и в канавках поршневых колец, частично смываются и попадают в циркулирующее масло
Нагар	Образуется при непрерывном окислении масла под действием высоких температур в процессе работы двигателя на днищах поршней, в камере сгорания, на клапанах. Частицы нагара проникают в картерное масло при смазке поверхностей цилиндров и поршней
Вода	Водяные пары вместе с газами проникают в картер двигателя и конденсируются
Топливо	Проникает в картер и попадает в масло вместе с газами
Сернистая и серная кислоты	Сернистый газ, образующийся при сгорании топлива, соединяясь с водяными парами, образует сернистую, а затем и серную кислоты

Таблица 2

Физико-химические показатели качества отработанных нефтепродуктов

Наименование показателя	Норма для группы			Метод испытания
	ММО	МИО	СНО	
Условная вязкость при 20°С, с или кинематическая вязкость при 50°С, мм²/с	Св. 40 Св. 35	13-40 5-35	- -	ГОСТ 26378.3-84 ГОСТ 33-82
Температура вспышки, определяемая в открытом тигле, °С, не ниже	100	120	-	ГОСТ 26378.4-84 или ГОСТ 4333-87
Массовая доля механических примесей, %, не более	1	1	1	ГОСТ 26378.2-84
Массовая доля воды, %, не более	2	2	2	ГОСТ 26378. 1-84 или ГОСТ 2477-65
Содержание загрязнений	Отсутствие			ГОСТ 26378.2-84
Массовая доля фракций, выкипающих до 340 °С, %, не более	10	10	-	ГОСТ 2177-82
Температура застывания фракций, выкипающих выше 340 °С, °С, не выше	10	10	-	ГОСТ 20287-91
Плотность при 20 °С, кг/м³, не более	905	-	-	ГОСТ 3900-85

дования с учетом естественной убыли, возникающей в процессе сбора, транспортировки и хранения масел *(табл. 4)*. Нормирование сбора отработанных масел проводят для единичных машин, механизмов, двигателей и другого оборудования, а также для участков, цехов, предприятий и объединений агропромышленного комплекса [4, 5].

Приемные пункты оборудуются емкостями, камерами для разогрева бочек, насосной станцией, наливным устройством, а также грузовой платформой для накопления бочек со средствами механизации разгрузочных работ. Группы ММО и МИО подлежат регенерации, СНО – переработке на НПЗ. Регенерацию отработанных индустриальных масел, а также компрессорных, турбинных и трансформаторных должны осуществлять сами

Таблица 3

Прейскурант на покупку отработанных масел на 2021 год

Наименование отходов	Цена (руб./м³) в том числе НДС				
	от 0,5 до 1,0 м³	от 1,0 до 1,5 м³	от 1,5 до 2,5 м³	от 2,5 до 4,0 м³	от 4,0 м³ и свыше
Масла моторные отработанные (ММО)	3000	5500	6000	7000	7500
Масла индустриальные отработанные (МИО)	3000	5500	6000	7000-8500	8000-10000

потребители АПК на соответствующих регенерационных установках.

Результаты и обсуждение. Регенерация отработанных масел служит одним из источников пополнения масляных ресурсов. Для регенерации отработанных масел применяются технологии, основанные на физических, физико-химических и химических процессах и заключающиеся в обработке масла с целью удаления из него продуктов старения и загрязнений: физические – отстой, фильтрация, сепарация, промывка водой, отгон горючего; физико-химические – коагуляция, адсорбция, перколяция; химические – сернокислотная и щелочная очистка и комбинированные [6, 7].

Операции, выполняемые для повышения качества масел, сводятся к следующему: промывка масел с последующей очисткой от воды, механических примесей, смолистых веществ, продуктов износа, окисления и термодеструкции, добавка активных компонентов композиции присадок.

В результате обработки на выходе получаем очищенную масляную основу соответствующей группы, содержащую композицию присадок, пригодную к использованию во вторичных и вспомогательных технологических процессах в качестве промывочных масел, рабочих жидкостей гидросистем, а также для смазки малонагруженной техники, не предъявляющей высоких требований к качеству и чистоте смазочных материалов и рабочих жидкостей. В промышленности используются комплексные установки для регенерации отработанных моторных масел, в которых сочетаются различные способы восстановления качества масел до требований стандартов. Среди них есть промышленные стационарные установки с большой производительностью и небольшие установки, предназначенные для очистки масел на транспортных и промышленных предприятиях.

Таблица 4

Рекомендуемые минимальные нормативы сбора отработанных нефтепродуктов

Наименование отработанных нефтепродуктов	Группы ММО, МИО, СНО	Ориентировочные нормативы сбора отработанных масел и нефтепродуктов в % от исходного количества
Масла моторные для дизельных двигателей	ММО	26
Трансмиссионные масла	СНО	-
Гидравлические масла: - требующие сезонной замены - всесезонные	 МИО МИО	 80 60
Индустриальные масла: - без присадок - с присадками	 МИО МИО	 50 35
Трансформаторные масла	МИО	60
Компрессорные	МИО	55
Вакуумные масла	ММО	50
Масла притирочные	МИО	5
Обкаточные масла, осевые, нефтяные промывочные жидкости, цилиндровые масла, смеси нефти и нефтепродуктов	СНО	-

В агропромышленном комплексе в большинстве случаев целесообразна очистка сравнительно небольших количеств отработанных масел непосредственно на месте образования с целью повторного их использования. Такая очистка проводится, когда ресурс работы присадок не выработан, а масло требует только очистки от загрязнений. Для этих целей агрохозяйствами могут быть использованы малогабаритные передвижные установки небольшой мощности УМЦ-901А и СОГ-904А. Установка УМЦ-901А применяется для тонкой очистки масел от механических примесей.

Установка СОГ применяется для очистки масел, гидравлических и моющих жидкостей при их регенерации на предприятиях и нефтебазах.

На специализированных предприятиях метод очистки выбирают в зависимости от сорта, количества и качества отработанного масла, степени загрязненности и целевого назначения его после регенерации, а также с учетом имеющейся регенерационной установки [8-10].

Различные типы маслоочистительных установок, которые могут эксплуатироваться на предприятиях и в хозяйствах агропромышленного комплекса, привели в *таблице 5*.

Для поддержания на должном уровне надежности и долговечности ДВС тракторов и сельскохозяйственных машин необходимо проводить систематический, оперативный контроль состояния масел на всех этапах их эксплуатации и после восстановления работоспособности смазочных материалов [11, 12].

Для этой цели используют различное оборудование, например комплект средств экспресс-контроля качества топливно-смазочных материалов (ТСМ) КИ-28105, контролирующих следующие показатели: относительную чистоту и сортность моторных, гидравлических и трансмиссионных масел; процентное содержание воды в ТСМ; температуру и плотность ТСМ; вязкость моторных и трансмиссионных масел. Общее число контролируемых параметров составляет – 11, масса комплекта – 12 кг. Оборудование для экспресс-контроля качества и сортности топливно-смазочных материалов тракторов и сельскохозяйственных машин, изготовленное в ФНАЦ ВИМ на своих опытных производствах, представили на *рисунке.*

Выводы. Анализ состояния восстановления смазочных материалов узлов и агрегатов СХТ показал, что в настоящее время существующие технологии нуждаются в оснащении инновационным оборудованием для экспресс-контроля качества и

Таблица 5

Характеристика маслоочистительных установок

Характеристика	Наименование установки			
	ПСМ 2-4	**ПСМ1-3000**	**СМ1-3000**	**СМ-2-4**
Производительность, м^3/ч	4	3	3	4
Максимальное содержание механических примесей в масле после одного цикла очистки (при исходном содержании механических примесей до 0,08%), %, не более	0,005	0,005	0,005	0,005
Максимальное содержание влаги в масле после одного цикла очистки (при исходном содержании воды до 1% массы), % массы, не более	0,05	0,05	0,08	0,05
Содержание масла в отходах воды, %, не более	1	1	1	1
Температура нагрева масла в электронагревателе, °С	35	25	25	30
Минимальное количество очищаемого масла в час, м^3	0,3	0,22	0,22	0,3
Число разделительных тарелок, шт.	88	56	56	88
Потребляемая мощность, кВт: - сепаратора; - подогревателя; - вакуум-насоса; - общая	 5,5 57,6 0,55 63,65	 5,5 36,0 0,55 42,05	 5,1 36,0 - 41,1	 5,1 57,6 - 62,7
Габаритные размеры, мм - длина; - ширина; - высота	 1830 1300 1528	 1800 1200 1780	 1200 1225 1395	 1500 1146 1225
Масса, кг	1100	1310	710	672

Рис. Оборудование для экспресс-контроля качества и сортности топливно-смазочных материалов тракторов и сельскохозяйственных машин: a – цифровой измеритель загрязненности топлива и масла ИЗЖ; b – комплект средств экспресс-контроля качества топливно-смазочных материалов КИ-28105; c – модуль экспресс-контроля сортности и качества дизельного топлива и моторного (трансмиссионного и гидравлического) масла КИ-28105.01-ГОСНИТИ; d – передвижная лаборатория экспресс-контроля качества топливно-смазочных материалов КИ-28099

сортности топливно-смазочных материалов тракторов и сельхозяйственных машин. Операции, выполняемые для повышения качества масел: промывка масел с последующей очисткой от воды, механических примесей, смолистых веществ, продуктов износа, окисления и термодеструкции, добавка активных компонентов композиции присадок.

Библиографический список

1. Черноиванов В.И., Горячев С.А., Пильщиков Л.М., Голубев И.Г. Техническое обслуживание, ремонт и обновление сельскохозяйственной техники в современных условиях. М.: Росинформагротех. 2008. 148 с.

2. Комбалов В.С. Методы и средства испытаний на трение и износ конструкционных и смазочных материалов. М.: Машиностроение. 2014. 539 с.

3. Коршак А.А. Заправка автотранспортных средств горючими и смазочными материалами. М.: Феникс. 2017. 308 с.

4. Линейные нормы расхода топлива и смазочных материалов для механических транспортных средств машин, механизмов и оборудования. Минск: Информпресс. 2016. 389 с.

5. Школьников В.М. Горючие, смазочные материалы: энциклопедический толковый словарь-справочник. М.: Техинформ. 2017. 925 с.

6. Дунаев А.В. Технология экспресс-контроля моторного масла автотракторных двигателей внутреннего сгорания // Горный журнал. 2008. N9. С. 118-119.

7. Краснощёков Н.В., Орсик Л.С., Халфин М.А. Система использования техники в сельскохозяйственном производстве. Построение эффективного машинного производства продукции. М.: Росинформагротех. 2003. 520 с.

8. Дорохов А.С., Краснящих К.А., Скороходов Д.М. Средства контроля качества сельскохозяйственной техники // Сельский механизатор. 2015. N10. С. 34-35.

9. Клейменов О.А., Нагорнов С.А., Прохоренков В.Д., Курочкин И.М., Хренников А.И., Доровских Д.В., Остриков В.В. Топливно-смазочные материалы и технические жидкости. Тамбов: ТГТУ. 2008. 304 с.

10. Дорохов А.С., Корнеев В.М., Катаев Ю.В. Технический сервис в системе инженерно-технического обеспечения АПК // Сельский механизатор. 2016. N8. С. 2-5.

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

12. Черноиванов В.И., Северный А.Э., Халфин М.А., Хисметов Н.З., Пильщиков Л.М., Орсик Л.С., Халфин С.М. Модернизация – основа повышения технического уровня эксплуатируемых машин и оборудования. М.: Росинформагротех. 2004. 472 с.

References

1. Chernoivanov V.I., Goryachev S.A., Pil'shchikov L.M., Golubev I.G. Tekhnicheskoye obsluzhivaniye, remont i obnovleniye sel'skokhozyaystvennoy tekhniki v sovremennykh usloviyakh [Maintenance, repair and renewal of agricultural machinery in modern conditions]. Moscow: Rosinformagrotekh. 2008. 148 (In Russian).

2. Kombalov V.S. Metody i sredstva ispytaniy na treniye i iznos konstruktsionnykh i smazochnykh materialov [Methods and means of testing for friction and wear of structural and lubricants]. Moscow: Mashinostroyeniye. 2014. 539 (In Russian).

3. Korshak A.A. Zapravka avtotransportnykh sredstv goryuchimi i smazochnymi materialami [Refueling of motor vehicles with fuels and lubricants]. Moscow: Feniks. 2017. 308 (In Russian).

4. Lineynyye normy raskhoda topliva i smazochnykh materialov dlya mekhanicheskikh transportnykh sredstv mashin, mekhanizmov i oborudovaniya [Linear fuel and lubricants consumption rates for motor vehicles of machines, mechanisms and equipment]. Minsk: Informpress. 2016. 389 (In Russian).

5. Shkol'nikov V.M. Goryuchiye, smazochnyye materialy: entsiklopedicheskiy tolkovyy slovar'-spravochnik [Fuels, lubricants: an encyclopedic explanatory reference dictionary]. Moscow: Tekhinform. 2017. 925 (In Russian).

6. Dunayev A.V. Tekhnologiya ekspress-kontrolya motornogo masla avtotraktornykh dvigateley vnutrennego sgoraniya [Technology of express control of motor oil of automotive internal combustion engines]. Gornyy zhurnal. 2008. N9. 118-119 (In Russian).

7. Krasnoshchekov N.V., Orsik L.S., Khalfin M.A. Sistema ispol'zovaniya tekhniki v sel'skokhozyaystvennom proizvodstve. Postroyeniye effektivnogo mashinnogo proizvodstva produktsii [The system of using machinery in agricultural production]. Moscow: Rosinformagrotekh. 2003. 520 (In Russian).

8. Dorokhov A.S., Krasnyashchikh K.A., Skorokhodov D.M. Sredstva kontrolya kachestva sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Means of quality control of agricultural machinery]. Sel'skiy mekhanizator. 2015. N10. 34-35 (In Russian).

9. Kleymenov O.A., Nagornov S.A., Prokhorenkov V.D., Kurochkin I.M., Khrennikov A.I., Dorovskikh D.V., Ostrikov V.V. Toplivno-smazochnyye materialy i tekhnicheskiye zhidkosti [Fuel, lubricants and technical fluids]. Tambov: TGTU. 2008. 304 (In Russian).

10. Dorokhov A.S., Korneyev V.M., Katayev Yu.V. Tekhnicheskiy servis v sisteme inzhenerno-tekhnicheskogo obespecheniya APK [Technical service in the system of engineering and technical support of the agro-industrial complex]. Sel'skiy mekhanizator. 2016. N8. 2-5 (In Russian).

11. Limarev V.Ya., Semeykin V.A., Korneyev V.M., Terskiy S.A., Dorokhov A.S. Polozheniye po organizatsii vkhodnogo kontrolya kachestva mashinostroitel'noy produktsii, postupayushchey agropromyshlennomu kompleksu [Regulations on the organization of input quality control of machine-building products supplied to the agro-industrial complex]. Moscow: Rosagrosnab. 2006. 30 (In Russian).

12. Chernoivanov V.I., Severnyy A.E., Khalfin M.A., Khismetov N.Z., Pil'shchikov L.M., Orsik L.S., Khalfin S.M. Modernizatsiya – osnova povysheniya tekhnicheskogo urovnya ekspluatiruyemykh mashin i oborudovaniya [Modernization as the basis for improving the technical level of operated machines and equipment]. Moscow: Rosinformagrotekh. 2004. 472 (In Russian).

Заявленный вклад соавторов

Катаев Ю.В. – научное руководство, подготовка материалов и методов;
Герасимов В.С. – проверка результатов подготовленных материалов;
Тишанинов И.А. – обработка данных;
Градов Е.А. – получение исходной информации.
Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Contributions of the coauthors

Kataev Yu.V. – scientific guidance, preparation of materials and methods;
Gerasimov V.S. – checking the results of the prepared materials;
Tishaninov I.A. – data processing;
Gradov E.A. – obtaining initial information.
All the authors have read and approved the final manuscript.

DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-1-19-24 CC BY УДК 631.3-1/-9

Методика начисления баллов за НИОКР при локализации производства промышленной продукции на территории Российской Федерации

[1]Рудольф Юрьевич Соловьев, кандидат технических наук, доцент, cxm@nami.ru;
[1]Иван Васильевич Грибов, кандидат технических наук;
[1]Александр Викторович Коломейченко, доктор технических наук, профессор;
[1]Евгений Альбертович Максимов, кандидат технических наук, доцент;
[2]Юрий Николаевич Баранов, доктор технических наук, доцент

[1]Центральный научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт «НАМИ», Москва, Российская Федерация
[2]Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, г. Орел, Российская Федерация

Реферат. *Авторы разъяснили механизм расчета баллов по постановлению Правительства Российской Федерации от 17 июля 2015 г. № 719 «О подтверждении производства промышленной продукции на территории Российской Федерации» за деятельность в сфере промышленности в части научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) для конкретной продукции. (Цель исследования) Разработать методику расчета в части начисления баллов за затраты предприятий в области НИОКР по требованиям, которые приводятся в постановлении Правительства Российской Федерации № 719, и форму отчета для производителей промышленной продукции. (Материалы и методы) Изучили постановления Правительства Российской Федерации, иные документы, имеющие отношение к научно-технологическому развитию Российской Федерации. (Результаты и обсуждение) Привели методики расчета в части начисления баллов за затраты предприятий в области НИОКР по трем вариантам требований, которые приводятся в постановлении, и рекомендуемую производителям промышленной продукции форму отчета для представления информации в торгово-промышленную палату. Разработали методику расчета и рекомендовали производителям промышленной продукции форму отчета в части начисления баллов за затраты предприятий в области НИОКР. Механизм расчета баллов учитывает затраты субъекта деятельности в сфере промышленности, которые определяются в соответствии с Положениями по бухгалтерскому учету, утвержденными Министерством финансов Российской Федерации. (Выводы) Механизм расчета баллов позволит повысить эффективность локализации промышленных производств на территории Российской Федерации, дифференцировать предоставление государственной поддержки предприятиям отрасли машиностроения на основе балльной системы оценки степени локализации выпускаемой продукции.*

Ключевые слова: *производство, продукция, НИОКР, балльная оценка, расчетный период, затраты.*

Для цитирования: *Соловьев Р.Ю., Грибов И.В., Коломейченко А.В., Максимов Е.А., Баранов Ю.Н. Методика начисления баллов за НИОКР при локализации производства промышленной продукции на территории Российской Федерации // Технический сервис машин. 2023. Т. 61. N3(152). С. 19-24. DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-1-19-24 .BUOGIP.*

Methodology for calculating points for R&D in the localization of industrial production in the Russian Federation

[1]Rudol'f Yu. Solov'yev, Ph.D. (Eng.), assistant professor;
[1]Ivan V. Gribov, Ph.D.(Eng.);
[1]Aleksandr V. Kolomeychenko, Dr.Sc.(Eng.), professor;
[1]Evgeniy A. Maksimov, Ph.D.(Eng.), assistant professor;
[2]Yuriy N. Baranov, Dr.Sc.(Eng.), assistant professor

[1]Central Scientific Research Automobile and Automotive Engines Institute «NAMI», Moscow, Russian Federation
[2]Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russian Federation

Abstract. *The authors explained the mechanism for calculating points according to the Decree of the Government of the Russian Federation No. 719 dated July 17, 2015 «On confirmation of the production of industrial products*

on the Territory of the Russian Federation» for industrial activities in terms of research and development work (R&D) for specific products. (Research purpose) The research purpose is developing a calculation methodology in terms of points for the costs of enterprises in the field of R&D according to the requirements set in the decree of the Government of the Russian Federation No. 719, and a report form for manufacturers of industrial products. (Materials and methods) Studied the resolutions of the Government of the Russian Federation, other documents related to the scientific and technological development of the Russian Federation. (Results and discussion) The methods of calculation in terms of accrual of points for the costs of enterprises in the field of R&D for three variants of the requirements that are given in the resolution, and the report form recommended to manufacturers of industrial products for submitting information to the Chamber of Commerce and Industry were given. We have developed a calculation methodology and recommended to manufacturers of industrial products a report form regarding the accrual of points for the costs of enterprises in the field of R&D. The scoring mechanism takes into account the costs of the subject of activity in the field of industry, which are determined in accordance with the Accounting Regulations approved by the Ministry of Finance of the Russian Federation. (Conclusions) The mechanism for calculating points will increase the efficiency of localization of industrial production in the territory of the Russian Federation, differentiate the provision of state support to enterprises in the engineering industry on the basis of a point system for assessing the degree of localization of products.

Keywords: *production, products, R&D, scoring, billing period, costs.*

For citation: *Solov'yev R.Yu., Gribov I.V., Kolomeychenko A.V., Maksimov E.A., Baranov Yu.N. Metodika nachisleniya ballov za NIOKR pri lokalizatsii proizvodstva promyshlennoy produktsii na territorii Rossiyskoy Federatsii [Methodology for calculating points for R&D in the localization of industrial production in the Russian Federation]. Tekhnicheskiy servis mashin. 2023. Vol. 61. N3(152). 19-24 (In Russian). DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-1-19-24. BUOGIP.*

Производство продукции на основе научных разработок служит важнейшим фактором конкурентоспособности выпускаемой продукции на высоко конкурентных рынках. Совокупность работ, обеспечивающих получение новых знаний и их практическое использование при создании новой или модернизации выпускаемой продукции, называется научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами (НИОКР).

НИОКР – важная составляющая инновационного развития промышленного предприятия. В Стратегии развития сельскохозяйственного машиностроения России на период до 2030 года указывается, что для производства техники будет обеспечено наращивание инновационного потенциала за счет активной поддержки проведения НИОКР и выполнения программ технического перевооружения предприятий сельскохозяйственного машиностроения [1-10].

Одним из целевых индикаторов реализации стратегии служит доля объема расходов на проведение НИОКР в общем объеме выручки предприятий сельскохозяйственного машиностроения, которая к 2030 году должна составить 3,2%.

Цель исследования – разработать методику расчета в части начисления баллов за затраты предприятий в области НИОКР по требованиям, которые приводятся в постановлении Правительства РФ № 719, и форму отчета для производителей промышленной продукции.

Материалы и методы. Нормативную основу исследований составили постановления Правительства РФ, иные документы, имеющие отношение к научно-технологическому развитию Российской Федерации.

Результаты и обсуждение. Постановление Правительства РФ от 17 июля 2015 г. № 719 «О подтверждении производства промышленной продукции на территории Российской Федерации» включает механизм начисления баллов за НИОКР. Механизм расчета баллов в постановлении Правительства РФ № 719 за деятельность в сфере промышленности в части НИОКР для конкретной модели промышленной продукции учитывает затраты субъекта деятельности в сфере промышленности, которые определяются в соответствии с Положениями по бухгалтерскому учету, утвержденными Министерством финансов Российской Федерации, и включают в себя несколько статьей затрат (*рисунок*) [11].

Отчет о затратах на НИОКР представляется предприятием за расчетный период. Значения выручки и затрат на НИОКР, используемые в расчете, должны быть определены за один и тот же расчетный период. Под расчетным периодом понимается календарный год, предшествующий году, в котором осуществляется расчет указанного показателя, а в случае, если произвести расчет одного из показателей «выручка» или «затраты на НИОКР» за расчетный год не представляется возможным, под расчетным периодом понимается период с 1 октября года, предшествующего расчетно-

- затраты на заработную плату и другие выплаты работникам, непосредственно занятым при выполнении указанных работ по трудовому договору

- отчисления на социальные нужды

- стоимость материально-производственных запасов, используемых при выполнении указанных работ (расходы на приобретение изделий сравнения не может превышать 20 процентов от общих затрат на НИОКР)

- расходы на проведение испытаний опытных образцов, созданных в результате выполнения НИОКР

- стоимость специального оборудования и специальной оснастки, предназначенных для использования в качестве объектов испытаний и исследований

Рис. Перечень затрат, которые учитываются при расчете баллов за НИОКР

му году, по 30 сентября расчетного года. Значение выручки включает в себя всю выручку российского юридического лица от реализации промышленной продукции, произведенной на территории Российской Федерации, на российском рынке за расчетный период. Расчет показателей «выручка» и «затрат на НИОКР» может быть осуществлен в рамках альянса производителей промышленной продукции – участников одного специального инвестиционного контракта, заключенного с Российской Федерацией, в случае письменного согласия каждого из участников альянса на применение подхода к расчету баллов за НИОКР в рамках альянса.

Показатели «выручка» и «затраты на НИОКР» рассчитываются без учета НДС [12].

Затраты предприятия могут быть учтены при выполнении всех указанных ниже критериев:

- сумма затрат может быть определена и подтверждена;
- имеется документальное подтверждение выполнения работ (акт приемки выполненных работ и т.п.);
- использование результатов работ для производственных и (или) управленческих нужд приведет к получению будущих экономических выгод (дохода);
- использование результатов НИОКР может быть продемонстрировано.

В рамках действующих соглашений по НИОКР промежуточными результатами, которые могут продемонстрированы, служат:

- технические задания;
- договоры и счета-фактуры на приобретение материалов и компонентов;
- отчеты о проведении исследования (бенчмаркинга);
- расчеты компьютерного моделирования;
- конструкторская (в том числе паспорта, руководства по эксплуатации) и технологическая документация на всех стадиях разработки (разные литеры);
- опытные и рабочие образцы;
- акты приемки и протоколы испытаний опытных образцов;
- результаты испытаний (в том числе стендовых);
- отчеты по испытаниям;
- программы-методики испытаний и договора на сертификационные испытания;
- протоколы сертификационных испытаний, сертификат;
- акты выполненных работ;
- акты внедрения в производство;
- приказы и распоряжения (на всех этапах работ) и т. п.

Учет одних и тех же затрат в нескольких статьях отчета о затратах на НИОКР, а также повторный учет затрат, использованных в предыдущих периодах для балльной оценки НИОКР, не допускается.

Отчет о затратах на НИОКР целесообразно оформлять в виде формы, которая утверждается приказом торгово-промышленной палаты Российской Федерации, при реализации балльной оценки локализации производства конкретной продукции машиностроения в соответствии с кодом ОКПД 2 – общероссийским классификатором продукции по видам экономической деятельности (*таблица*) [13].

Постановление Правительства РФ № 719 в настоящий момент может содержать три варианта

Таблица

Форма отчета о затратах на НИОКР

Наименование показателя	Подтверждающий документ	Значение
Выручка производителя продукции, млн руб.		
Затраты на НИОКР, млн руб.		
Отношение затрат на НИОКР, реализуемые российскими юридическими лицами на территории Российской Федерации, к объему выручки, %		
Общая сумма баллов за НИОКР, реализуемые Российскими юридическими лицами на территории Российской Федерации, в соответствии с требованиями раздела III «Продукция отрасли специального машиностроения» приложения к ПП № 719, балл		

требований в части начисления баллов за затраты предприятий на НИОКР.

Вариант 1. Объем затрат на научно-исследовательские и (или) опытно-конструкторские работы составляет 0,3% баллов от максимально возможного количества баллов (без учета баллов за научно-исследовательские и (или) опытно-конструкторские работы) за каждые 0,1% годового объема затрат субъекта деятельности в сфере промышленности на научно-исследовательские и (или) опытно-конструкторские работы, понесенных на территории Российской Федерации в предыдущем календарном году, от общего объема выручки субъекта деятельности в сфере промышленности за предыдущий календарный год, но не более 10% баллов от максимально возможного количества баллов (без учета баллов за научно-исследовательские и (или) опытно-конструкторские работы) для конкретной модели соответствующей продукции.

Расчет максимального балла за осуществление затрат на НИОКР $МБ_{НИОКР}$:

$$МБ_{НИОКР}=\frac{10\% \cdot МБ}{100\%},$$

где: *МБ* – количество баллов, предусмотренное за выполнение операций (условий) при производстве промышленной продукции, начисленное за выполнение всех операций (условий) по изготовлению компонентов, входящих в конструкцию заявленной промышленной продукции (полученное прямым счетом по операциям (условиям)), без учета баллов за осуществление затрат на НИОКР.

Расчет балла за каждые 0,1% годового объема затрат субъекта деятельности в сфере промышленности на НИОКР $Б_{0,1\%}$:

$$Б_{0,1\%}=\frac{0,3\% \cdot МБ}{100\%}.$$

Расчет процента годового объема затрат субъекта деятельности в сфере промышленности на НИОКР $П_{НИОКР}$, понесенных на территории Российской Федерации в предыдущем календарном году, от общего объема выручки субъекта деятельности в сфере промышленности за предыдущий календарный год:

$$П_{НИОКР}=\frac{З_{НИОКР}}{В} \cdot 100\%,$$

где: $З_{НИОКР}$ – годовой объем затрат субъекта деятельности в сфере промышленности на НИОКР;

В – общий объем выручки субъекта деятельности в сфере промышленности за предыдущий календарный год. Расчет балла за осуществление затрат на НИОКР $Б_{НИОКР}$:

$$Б_{НИОКР}=10 \cdot П_{НИОКР} \cdot Б_{0,1\%}.$$

Вариант 2. Объем затрат на научно-исследовательские и (или) опытно-конструкторские работы составляет *Z* балла за каждые 0,1% годового объема затрат субъекта деятельности в сфере промышленности на научно-исследовательские и (или) опытно-конструкторские работы, понесенных на территории Российской Федерации в предыдущем календарном году, от общего объема выручки субъекта деятельности в сфере промышленности за предыдущий календарный год, но не более 10% баллов от максимально возможного количества баллов (без учета баллов за научно-исследовательские и (или) опытно-конструкторские работы) для конкретной модели соответствующей продукции.

Расчет максимального балла за осуществление затрат на НИОКР $МБ_{НИОКР}$:

$$МБ_{НИОКР}=\frac{10\% \cdot МБ}{100\%},$$

где: *МБ* – количество баллов, предусмотренное за выполнение операций (условий) при производстве промышленной продукции, начисленное за выполнение всех операций (условий) по изготовлению компонентов, входящих в конструкцию заявленной промышленной продукции (полученное прямым счетом по операциям (условиям)), без учета баллов за осуществление затрат на НИОКР.

Расчет процента годового объема затрат субъекта деятельности в сфере промышленности на НИОКР $П_{НИОКР}$, понесенных на территории Российской Федерации в предыдущем календарном году, от общего объема выручки субъекта деятельности в сфере промышленности за предыдущий календарный год:

$$П_{НИОКР}=\frac{З_{НИОКР}}{В} \cdot 100\%,$$

где: $З_{НИОКР}$ – годовой объем затрат субъекта деятельности в сфере промышленности на НИОКР;

В – общий объем выручки субъекта деятельности в сфере промышленности за предыдущий календарный год.

Расчет балла за осуществление затрат на НИОКР $Б_{НИОКР}$:

$$Б_{НИОКР}=10 \cdot Z \cdot П_{НИОКР}$$

где: Z – балл за каждые 0,1% годового объема затрат субъекта деятельности в сфере промышленности на НИОКР.

Вариант 3. Объем затрат на научно-исследовательские и (или) опытно-конструкторские работы составляет *Z* балла за каждые 0,1% годового объема затрат субъекта деятельности в сфере промышленности на научно-исследовательские и (или) опытно-конструкторские работы, понесенных на территории Российской Федерации в предыдущем календарном году, от общего объема выручки субъекта деятельности в сфере промышленности за предыдущий календарный год, но не более 20% баллов от максимально возможного количества

баллов (без учета баллов за научно-исследовательские и (или) опытно-конструкторские работы) для конкретной модели соответствующей продукции».

Расчет максимального балла за осуществление затрат на НИОКР $МБ_{НИОКР}$:

$$МБ_{НИОКР}=\frac{20\% \cdot МБ}{100\%},$$

где: *МБ* – количество баллов, предусмотренное за выполнение операций (условий) при производстве промышленной продукции, начисленное за выполнение всех операций (условий) по изготовлению компонентов, входящих в конструкцию заявленной промышленной продукции (полученное прямым счетом по операциям (условиям)), без учета баллов за осуществление затрат на НИОКР.

Расчет процента годового объема затрат субъекта деятельности в сфере промышленности на НИОКР $П_{НИОКР}$, понесенных на территории Российской Федерации в предыдущем календарном году, от общего объема выручки субъекта деятельности в сфере промышленности за предыдущий календарный год:

$$П_{НИОКР}=\frac{З_{НИОКР}}{В} \cdot 100\%,$$

где: $З_{НИОКР}$ – годовой объем затрат субъекта деятельности в сфере промышленности на НИОКР;

В – общий объем выручки субъекта деятельности в сфере промышленности за предыдущий календарный год.

Расчет балла за осуществление затрат на НИОКР $Б_{НИОКР}$:

$$Б_{НИОКР}=10 \cdot Z \cdot П_{НИОКР},$$

где: *Z* – балл за каждые 0,1% годового объема затрат субъекта деятельности в сфере промышленности на НИОКР.

Выводы. Достижения целевого индикатора объема затрат в 3,2% в общем объеме выручки предприятия за счет проведения НИОКР позволит производителям в рамках постановления Правительства РФ № 719 дополнительно набирать до 10% баллов от максимально возможного количества баллов в зависимости от конструкции промышленной продукции. Полученные дополнительные баллы позволят на установленный нормативными документами срок получать Заключение на продукцию и одновременно локализовать производство технологически и технически сложных составляющих ее компонентов.

Данный механизм повысит эффективность локализации промышленных производств на территории Российской Федерации, дифференцирует предоставление государственной поддержки предприятиям отрасли машиностроения на основе балльной системы оценки степени локализации выпускаемой продукции.

Библиографический список

1. Стратегия развития сельскохозяйственного машиностроения России на период до 2030 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации 7 июля 2017 г. N1455-р [Электронный ресурс]. URL: http://government.ru/docs/28393/ (дата обращения: 28.02.2023).

2. О подтверждении производства промышленной продукции на территории Российской Федерации: постановление Правительства РФ от 17 июля 2015 г. N719 [Электронный ресурс]. URL: https://base.garant.ru/71139412/ (дата обращения: 28.02.2023).

3. Соловьев Р.Ю., Черанев С.В., Карякин С.Б., Коломейченко А.В., Грибов И.В. О центре сельскохозяйственного машиностроения // Технический сервис машин. 2019. Т. 57. N4(137). С. 12-18.

4. Соловьев Р.Ю.,Черанев С.В., Карякин С.Б., Коломейченко А.В., Грибов И.В. Актуальность разработки высокотехнологичных тракторов тяговых классов 0,6-2 // Техника и оборудование для села. 2019. N11(269). С. 14-17.

5. Соколвяк Г.В. Цифровые инновации в машиностроении // Профессиональный журнал. 2019. N5(170). С. 26-33.

6. Абрашкин М.С. Наукоемкость и инновационное развитие предприятий машиностроения // Вестник АГТУ. Сер.: Экономика. 2018. N4. С. 107-115.

7. Тихомирова О.Г. Диффузия инноваций, трансфер технологий и коммерциализация инноваций // Фундаментальные исследования. 2018. N1. С. 127-132.

8. Соловьев Р.Ю., Коломейченко А.В., Черанев С.В., Грибов И.В. Необходимость создания дизель-электрического гусеничного трактора для цифрового сельского хозяйства // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2021. N1(29). С. 9-16.

9. Мазилов Е.А., Демидова О.С. Тенденции рынка сельхозтехники в России // Экономика и бизнес: теория и практика. 2019. N11-2(57). С. 72-76.

10. Повышение инновационной активности промышленных предприятий / под ред. М.Я. Веселовского. М.: Научный консультант. 2018. 350 с.

11. Об утверждении Положения по ведению бухгалтерского учета и бухгалтерской отчетности в Российской Федерации: приказ Минфина РФ от 29 июля 1998 г. № 34н [Электронный ресурс]. URL: https://base.garant.ru/12112848/ (дата обращения: 28.02.2023).

12. Налоговый кодекс Российской Федерации (пп. 16 п. 3 ст. 149 НК РФ) [Электронный ресурс]. URL: https://base.garant.ru/10900200/ (дата обращения: 28.02.2023).

13. О внесении изменений в приказ торгово-промышленной палаты Российской Федерации от 30 мая 2018 года № 52 «Об утверждении положения о порядке выдачи документов для целей подтверждения производства промышленной продукции на территории Российской Федерации»: приказ ТПП РФ от 30 декабря 2021 г. N143 [Электронный ресурс]. URL: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=413926 (дата обращения: 28.02.2023).

References

1. *Strategiya razvitiya sel'skokhozyaystvennogo mashinostroyeniya Rossii na period do 2030 goda, utverzhdennaya rasporyazheniyem Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii 7 iyulya 2017 g. № 1455-r [The Strategy for the Development of agricultural Machinery in Russia for the period up to 2030, approved by the Decree of the Government of the Russian Federation N1455-r on July 7, 2017] [Electronic Resource]. URL: http: //government.ru/docs/28393/ (date: 28.02.2023).*

2. *O podtverzhdenii proizvodstva promyshlennoy produktsii na territorii Rossiyskoy Federatsii: postanovleniye Pravitel'stva RF ot 17 iyulya 2015 g. N719 [Confirmation of the production of industrial products on the territory of the Russian Federation: Decree of the Government of the Russian Federation N719 of July 17, 2015] [Electronic Resouce]. URL: https://base.garant.ru/71139412/ (date: 28.02.2023).*

3. *Solov'yev R.Yu., Cheranev S.V., Karyakin S.B., Kolomeychenko A.V., Gribov I.V. O tsentre sel'skokhozyaystvennogo mashinostroyeniya [Center of agricultural Engineering]. Tekhnicheskiy servis mashin. 2019. Vol. 57. N4(137). 12-18 (In Russian).*

4. *Solov'yev R.Yu., Cheranev S.V., Karyakin S.B., Kolomeychenko A.V., Gribov I.V. Aktual'nost' razrabotki vysokotekhnologichnykh traktorov tyagovykh klassov 0,6-2 [The relevance of the development of high-tech tractors of traction classes 0,6-2]. Tekhnika i oborudovaniye dlya sela. 2019. N11(269). 14-17 (In Russian).*

5. *Sokolvyak G.V. Tsifrovyye innovatsii v mashinostroyenii [Digital innovations in mechanical engineering]. Professional'nyy zhurnal. 2019. N5(170). 26-33 (In Russian).*

6. *Abrashkin M.S. Naukoyemkost' i innovatsionnoye razvitiye predpriyatiy mashinostroyeniya [Scientific intensity and innovative development of mechanical engineering enterprises]. Vestnik AGTU. Ser.: Ekonomika. 2018. N4. 107-115 (In Russian).*

7. *Tikhomirova O.G. Diffuziya innovatsiy, transfer tekhnologiy i kommertsializatsiya innovatsiy [Diffusion of innovations, technology transfer and commercialization of innovations]. Fundamental'nyye issledovaniya. 2018. N1. 127-132 (In Russian).*

8. *Solov'yev R.Yu., Kolomeychenko A.V., Cheranev S.V., Gribov I.V. Neobkhodimost' sozdaniya dizel'elektricheskogo gusenichnogo traktora dlya tsifrovogo sel'skogo khozyaystva [The need to create a diesel-electric crawler tractor for digital agriculture]. Innovatsii v APK: problemy i perspektivy. 2021. N1(29). 9-16 (In Russian).*

9. *Mazilov E.A., Demidova O.S. Tendentsii rynka sel'khoztekhniki v Rossii [Agricultural machinery market trends in Russia]. Ekonomika i biznes: teoriya i praktika. 2019. N11-2(57). 72-76 (In Russian).*

10. *Povysheniye innovatsionnoy aktivnosti promyshlennykh predpriyatiy [Increasing the innovation activity of industrial enterprises] / Ed. by M.Ya. Veselovskiy. Moscow: Nauchnyy konsul'tant. 2018. 350 (In Russian).*

11. *Ob utverzhdenii Polozheniya po vedeniyu bukhgalterskogo ucheta i bukhgalterskoy otchetnosti v Rossiyskoy Federatsii: prikaz Minfina RF ot 29 iyulya 1998 g. N34n [Approval of the Regulations on Accounting and Financial Reporting in the Russian Federation: Order of the Ministry of Finance of the Russian Federation N34n dated July 29, 1998] [Electronic Resouce]. URL: https://base.garant.ru/12112848/ (date: 28.02.2023) (In Russian).*

12. *Nalogovyy kodeks Rossiyskoy Federatsii (pp. 16 p. 3 st. 149 NK RF) [Tax Code of the Russian Federation (Clause 16, clause 3, Article 149 of the Tax Code of the Russian Federation)] [Electronic Resouce]. URL: https://base.garant.ru/10900200/ (date: 28.02.2023) (In Russian).*

13. *O vnesenii izmeneniy v prikaz torgovo-promyshlennoy palaty Rossiyskoy Federatsii ot 30 maya 2018 goda № 52 «Ob utverzhdenii polozheniya o poryadke vydachi dokumentov dlya tseley podtverzhdeniya proizvodstva promyshlennoy produktsii na territorii Rossiyskoy Federatsii»: prikaz TPP RF ot 30 dekabrya 2021 g. N143 [On Amendments to the Order of the Chamber of Commerce and Industry of the Russian Federation No. 52 dated May 30, 2018 «On Approval of the Regulations on the Procedure for Issuing Documents for the Purpose of Confirming the Production of Industrial Products on the Territory of the Russian Federation»: Order of the Chamber of Commerce of the Russian Federation N143 dated December 30, 2021] [Electronic Resouce]. URL: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1(In Russian).*

Заявленный вклад соавторов

Соловьев Р.Ю. – общее руководство проектом, анализ и дополнение текста статьи;
Грибов И.В. – сбор и обработка материалов, подготовка первоначального варианта текста;
Коломейченко А.В. – осуществление критического анализа и доработка текста;
Максимов Е.А. – анализ и дополнение текста статьи;
Баранов Ю.Н. – развитие методологии.
Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Contributions of the coauthors

Soloviev R.Y. – managing the research project, analyzing and supplementing the manuscript;
Gribov I.V. – collection and processing of materials, preparation of the initial manuscript;
Kolomeichenko A.V. – critical analysis and revision of the manuscript;
Maksimov E.A. – analyzing and supplementing the manuscrip.
Baranov Yu.N. – methodology development.
All the authors have read and approved the final manuscript.

DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-25-31 CC BY УДК 631.12

Особенности ремонта зерноуборочных комбайнов на отдельных сервисных предприятиях инженерной службы АПК Краснодарского края

[1]Юрий Владимирович Катаев, кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, e-mail: ykataev@mail.ru;
[1]Валерий Сергеевич Герасимов, ведущий специалист;
[1]Игорь Александрович Тишанинов, младший научный сотрудник;
[1]Вера Александровна Казакова, младший научный сотрудник;
[3]Максим Олегович Соболев, генеральный директор
[2]Александр Вячеславович Бугаев, кандидат технических наук, доцент

[1]Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация
[2]Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева
[3]РПК «Яровит», г. Усть-Лабинск, Российская Федерация

Реферат. *В настоящей статье рассмотрели вопросы оптимизации ремонта зерноуборочных комбайнов на отдельном ремонтном предприятии инженерной службы агропромышленного комплекса Краснодарского края – РПК «Яровит». (Цель исследования) Обосновать необходимость обновления и внедрения нормативно-технической документации при проведении всех видов технического сопровождения сельскохозяйственной техники на специализированных предприятиях инженерной службы агропромышленного комплекса на протяжения всего жизненного цикла машин: ремонта, технического обслуживания и утилизации. (Материалы и методы) Показали отдельные циклы проведения ремонта и модернизации зерноуборочных комбайнов с использованием инновационных технологий на предприятии РПК «Яровит», предложили иллюстративные материалы, которые дают наглядное представление о состоянии отдельных узлов и агрегатов комбайнов, которые подвергаются ремонтным воздействиям. (Результаты и обсуждение) Внедрили на предприятии РПК «Яровит» стандарт ГОСТ 34915-2022 «Комбайны зерноуборочные и их сборочные единицы. Сдача в ремонт и выпуск из ремонта». Определили, что в результате использования стандарта нормализуются отношения между ремонтным предприятием и органами «Ростехнадзора» в части регистрации отремонтированных комбайнов, снимаются наиболее болезненные вопросы между заказчиком (собственником комбайнов) и исполнителем (ремонтным предприятием) по проблемам качества отремонтированных комбайнов. (Выводы) Опыт проведения ремонта зерноуборочных комбайнов на конкретном сервисном предприятии инженерной службы агропромышленного комплекса Краснодарского края показал необходимость внедрения стандарта ГОСТ 34915-2022 «Комбайны зерноуборочные и их сборочные единицы. Сдача в ремонт и выпуск из ремонта» на большинстве ремонтных предприятий инженерной службы агропромышленного комплекса России.*

Ключевые слова: *зерноуборочный комбайн, ремонт, стандарт, восстановление, техническое обслуживание, модернизация, испытания, качество.*

Для цитирования: *Катаев Ю.В., Герасимов В.С., Тишанинов И.А., Казакова В.А., Соболев М.О., Бугаев А.В. Особенности ремонта зерноуборочных комбайнов на отдельных сервисных предприятиях инженерной службы АПК Краснодарского края // Технический сервис машин. Т. 61. N3(152). С. 25-31. DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-25-31. ATHRRB.*

Features of repairing grain harvesters at individual service enterprises of engineering service of AIC of Krasnodar region

[1]Yuriy V. Kataev, Ph.D.(Eng.), leading researcher;
[1]Valeriy S. Gerasimov, leading specialist;
[1]Igor' A. Tishaninov, junior researcher;
[1]Vera A. Kazakova, junior researcher;
[3]Maksim O. Sobolev, general director;
[2]Aleksandr V. Bugaev, Ph.D.(Eng.), associatant professor,

[1]Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow Russian Federation
[2]Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy Moscow Russian Federation
[3]RPK «Yarovit», Ust-Labinsk, Russian Federation

Abstract. *In this article, we considered the issues of optimizing the repair of combine harvesters at a separate repair facility of the engineering service of the agro–industrial complex of the Krasnodar Territory – RPK Yarovit. (Research purpose) The research purpose is substantiatiation the need to update and implement regulatory and technical documentation when carrying out all types of technical support of agricultural machinery at specialized enterprises of the engineering service of the agro-industrial complex throughout the entire life cycle of machines: repair, maintenance and disposal. (Materials and methods) They showed separate cycles of repair and modernization of combine harvesters using innovative technologies at the Yarovit RPC enterprise, presented illustrative materials that give a visual representation of the condition of individual units and aggregates of combine harvesters that are subjected to repair impacts. (Results and discussion) The standard GOST 34915-2022 «Combine harvesters and their assembly units» was introduced at the Yarovit RPC enterprise. Commissioning and release from repair». It was determined that as a result of using the standard, relations between the repair company and Rostechnadzor bodies are normalized in terms of registration of repaired combines, the most painful issues between the customer (owner of combines) and the contractor (repair company) on the quality problems of repaired combines are removed. (Conclusions) The experience of repairing combine harvesters at a specific service enterprise of the engineering service of the agro-industrial complex of the Krasnodar Territory showed the need to implement the GOST 34915-2022 standard «Combine harvesters and their assembly units. Commissioning and release from repair» at most repair enterprises of the engineering service of the agro-industrial complex of Russia.*

Keywords: *combine harvester, repair, standard, restoration, maintenance, modernization, testing, quality.*

For citation: *Katayev Yu.V., Gerasimov V.S., Tishaninov I.A., Kazakova V.A., Sobolev M.O., Bugaev A.V. Osobennosti remonta zernouborochnykh kombaynov na otdel'nykh servisnykh predpriyatiyakh inzhenernoy sluzhby APK Krasnodarskogo kraya [Features of repairing grain harvesters at individual service enterprises of engineering service of AIC of Krasnodar region]. Tekhnicheskiy servis mashin. Vol. 61. N3(152). 25-31 (In Russian). DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-25-31. ATHRRB.*

Краснодарский край представляет собой один из крупнейших аграрных регионов России, занимающий более 7,5 млн га, из которых 3,9 млн га – пашня. Имея 3,3% российской пашни, Кубань производит более 7,5% валовой продукции сельского хозяйства, а по некоторым ее видам, таким как рис, до 80-85%. Агропромышленный комплекс служит основой экономики Краснодарского края. Его удельный вес в объеме валового регионального продукта занимает 25%.

В агропромышленном комплексе (АПК) Краснодарского края функционирует 4150 предприятий различных форм собственности. Производством сельскохозяйственной продукции в крае занимаются 760 крупных и средних коллективных хозяйств, 17,3 тысяч крестьянских (фермерских), а также около 870 тысяч личных подсобных хозяйств. В инженерной службе имеется около 30 ремонтных предприятий, которые осуществляют техническое сопровождение сельскохозяйственной техники, в том числе и зерноуборочных комбайнов, на протяжении всего ее жизненного цикла.

Одним из факторов, тормозящих проведение этой важнейшей работы, служит отсутствие нормативно-технической документации (НТД) на ремонтных предприятиях, в том числе и по зерноуборочным комбайнам.

Цель исследования – обосновать необходимость обновления и внедрения нормативно-технической документации при проведении всех видов технического сопровождения сельскохозяйственной техники на специализированных предприятиях инженерной службы АПК на протяжении всего жизненного цикла машин: ремонта, технического обслуживания и утилизации.

Материалы и методы. По данным Министерства сельского хозяйства Краснодарского края, в настоящее время в агрохозяйствах АПК используются 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 вопросы модернизации (ремонта) зерноуборочных комбайнов становятся важнейшей проблемой, поскольку обновление парка этой техникой осуществляется в крае на уровне 3-3,5%, что не решает проблему обеспечения зерноуборочными комбайнами в соответствии с нормативной потребностью [1].

На сервисных предприятиях инженерной службы АПК Краснодарского края накоплен определенный положительный опыт проведения ремонта (модернизации) зерноуборочных комбайнов.

Таблица

Экспериментальные коэффициенты годности, замены и восстановления при ремонте зерноуборочного комбайна

Зерноуборочный комбайн	Коэффициенты		
	годности	замены	восстановления
Двигатель без топливной аппаратуры и электрооборудования	0,65	0,15	0,20
Составные части двигателя:			
головка цилиндров в сборе	0,45	0,22	0,33
водяной насос	0,55	0,22	0,23
турбокомпрессор	0,64	0,13	0,23
двигатель пусковой	0,65	0,12	0,23
редуктор пускового двигателя	0,68	0,19	0,13
муфта сцепления	0,64	0,21	0,15
Камера наклонная	0,45	0,35	0,20
Подборщик навесной	0,46	0,22	0,32
Вариатор жатки в сборе	0,64	0,10	0,26
Грохот в сборе	0,45	0,31	0,24
Решёта грохота верхнее и нижнее (комплект)	0,55	0,13	0,32
Удлинитель грохота	0,64	0,17	0,19
Валы коленчатые соломотряса	0,65	0,11	0,24
Коробка передач	0,68	0,13	0,25
Подбарабанье	0,64	0,14	0,22
Радиатор ходовой части	0,45	0,23	0,32
Битер отбойный	0,46	0,30	0,24
Битер приёмный	0,64	0,12	0,24
Молотильный барабан (на один барабан)	0,45	0,23	0,32
Вентилятор очистки	0,55	0,24	0,21
Шнек зерновой	0,64	0,12	0,24
Шнек колосовой	0,65	0,11	0,24
Шнек жатки	0,68	0,18	0,14
Шнек бункера	0,64	0,15	0,21
Муфта сцепления ходовой части	0,55	0,21	0,24
Мост ведущих колес	0,56	0,27	0,17
Мост управляемых колес	0,64	0,19	0,17
Клавиши соломотряса	0,55	0,23	0,22
Транспортер наклонной камеры	0,65	0,12	0,23
Нож режущего аппарата	0,64	0,16	0,20
Вариатор оборотов барабана	0,65	0,14	0,21
Вариатор оборотов вентилятора	0,68	0,11	0,21
Насос топливный	0,64	0,22	0,14
Форсунки (комплект)	0,55	0,26	0,19
Генератор	0,56	0,20	0,24
Стартер пускового двигателя	0,64	0,21	0,15
Реле-регулятор	0,45	0,41	0,14
Магнето	0,46	0,39	0,15
Насос гидросистемы	0,64	0,17	0,19
Насос гидроусилителя рулевого управления	0,55	0,21	0,24
Гидроцилиндр вариатора скорости	0,68	0,13	0,25
Гидроцилиндр подъема и опускания жатки	0,64	0,14	0,22
Гидроцилиндр управления колес	0,45	0,23	0,32
Клапан предохранительный	0,46	0,30	0,24
Гидроцилиндр подъема и опускания мотовила	0,65	0,11	0,24

Ежегодный ремонтный фонд комбайнов составляет порядка 650-700 единиц.

Анализ контрольной сортировки поступающих на ремонтные предприятия зерноуборочных комбайнов позволил определить экспериментальные коэффициенты годности, замены и восстановления деталей и узлов зерноуборочных комбайнов (*табл.*).

Полученные коэффициенты годности (от 0,45 до 0,65) и восстановления (от 0,2 до 0, 26) деталей подтверждают целесообразность и необходимость проведения ремонта (модернизации) зерноуборочных комбайнов. Значительным сдерживающим фактором в проведении ремонтных воздействий является отсутствие НТД, поэтому по инициативе и поддержке руководителей РПК «Яровит», (генерального директора М.О. Соболева и главного инженера Л.Ф. Мечкало) группой специалистов ФНАЦ ВИМ был разработан в 2022 г. стандарт ГОСТ 34915-2022 «Комбайны зерноуборочные и их сборочные единицы. Сдача в ремонт и выпуск из ремонта» [2-5].

Результаты и обсуждение. Внедрение указанного стандарта проходило на предприятии РПК «Яровит». В стандарте предусматривается выполнение ремонтных воздействий в объеме и по качеству, достаточных для повторной эксплуатации комбайна, отработавшего очередной регламентированный ресурс и находящегося в состоянии невозможности дальнейшей эксплуатации [6, 7].

Стандарт рекомендует наряду с проведением ремонтных воздействий осуществлять усовершенствование и модернизацию как технологического процесса, так и отдельных функционально законченных агрегатов, систем и сборочных единиц, особенно влияющих на производительность комбайна, на улучшение условий труда и повышения безопасности эксплуатации. Объем усовершенствований и модернизации определяется заказчиком.

Допускается использование узлов и агрегатов с согласия заказчика для модернизации комбайна с целью повышения уровня общего технического состояния [8-11].

Перед сдачей в ремонт комбайнов и сборочных единиц необходимо провести техническую экспертизу на сервисном предприятии с составлением перечня узлов, агрегатов и сборочных единиц, подлежащих ремонту. Настоящий стандарт распространяется на зерноуборочные комбайны всех типов (далее – комбайны) и их сборочные единицы, устанавливает единые требования к техническому состоянию при сдаче их в ремонт и выпуске из ремонта [12-15].

Стандарт является обязательным видом нормативной документации для сервисных предприятий различных форм собственности, производящих ремонт комбайнов и их сборочных единиц (ГОСТ 34915-2022 Комбайны зерноуборочные и их сборочные единицы. Сдача в ремонт и выпуск из ремонта. М.: ФГБУ «Институт стандартов», 2023).

На предприятиях РПК «Яровит» в полной мере используются и соблюдаются основные положения стандарта: технические требования; требования безопасности; правила приемки и методы контроля; упаковка; транспортирование и хранение; гарантийные обязательства сервисного предприятия; протокол испытания комбайна.

Ремонт зерноуборочных комбайнов производится на территории предприятия РПК «Яровит». Поступающие комбайны разбираются до рамы и собираются в обратном порядке, детали либо восстанавливаются до изначального уровня, либо меняются на аналог, либо устанавливается модернизированная версия, улучшающая технические показатели машины.

Рис. 1. Фрагменты ремонта: a – молотильной камеры; b – кабины комбайна; c – жатки, поступившей в ремонт; d – жатка отремонтированная

Обязательно меняются все подшипники, все резино-технические изделия (РТИ), проводка. Остальное обсуждается с заказчиком на месте. Отдельные фрагменты, отражающие ремонт и модернизацию зерноуборочной техники, в частности комбайнов производства РСМ (ДОН, Акрос, Вектор), представлены на *рисунке 1.*

Модернизация отдельных узлов и агрегатов зерноуборочного комбайна в ходе ремонта включала в себя: установку полуавтоматической системы натяжения ременных передач СПРИНТ; установку инновационного, универсального подбарабанья «Яровит»; перенос аккумуляторного ящика в нижнюю левую сторону комбайна взамен штатного места на крыше; замену облицовки на облегченную ячеистую; замену топливного бака на бак объемом 500 л.; установку системы очистки «Новатор Плюс»; установку двухсекционного венти-

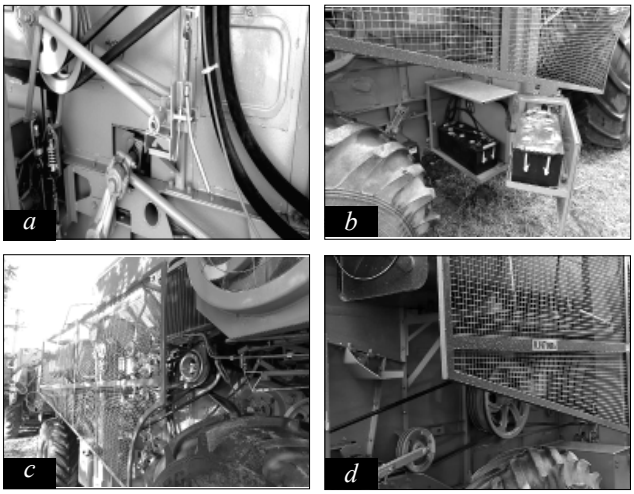


Рис. 2. Фрагменты модернизации отдельных узлов зерноуборочного комбайна: a – установка полуавтоматической системы натяжения ременных передач СПРИНТ; b – перенос аккумуляторного ящика в нижнюю левую сторону комбайна взамен штатного места на крыше; c – замена облицовки на облегченную ячеистую; d – замена топливного бака на бак объемом 500 л

лятора; установку бункера с башенной выгрузкой; замену шкивов и шнеков из чугуна и алюминия на запчасти из композитных материалов.

Фрагменты модернизации отдельных узлов зерноуборочного комбайна представлены на *рисунке 2.*

Основные работы по ремонту и модернизации зерноуборочных комбайнов на предприятии РПК «Яровит» осуществляются с использованием имеющегося на участках оборудования, представленного на *рисунке 3.*

Рис. 3. Оборудование, используемое на участках проведения ремонта: a, d – токарный участок; c – участок по ремонту гидравлики; d – малярный цех, точки по прессовке и распрессовке деталей, шиномонтаж, мойка и пескоструйная очистка деталей, ремонт барабанов и битеров и пр.

В качестве инновационных мероприятий, которые осуществляются на предприятии РПК «Яровит», можно отметить использование шкивов из

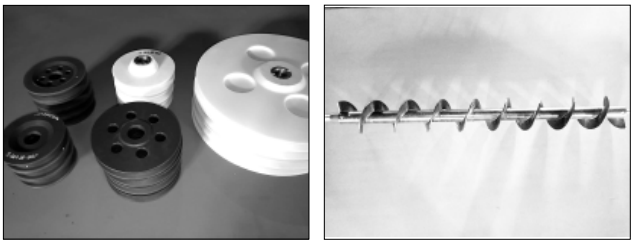


Рис. 4. Шкивы и шнеки из композитного полимера отечественного производства

композитного полимера отечественного производства. Его преимущества: не разрушается при перегреве (рабочие температуры до 120° и выше); устойчив к механическим повреждениям (при толщине стенок шнека 6 мм, за «сезон» истирание около 0,6 мм); коэффициент трения составляет 0,05-0,2 (меньше травмируется зерно); низкий уровень шума и легкость деталей (снижает вес машины); срок службы и межремонтный период превышает показатели металлических сплавов; антистатические добавки снижают риск возгорания и налипания пыли (*рис. 4*).

К инновационным мероприятиям по модернизации можно отнести также облегченный вариант кожуха. Вместо облицовки, которая имеет вес 300-350 кг установили на комбайны облегченную решетчатую облицовку весом 90 кг для снижения удельного давления на грунт (*рис. 5*).

Рис. 5. Облегченный вариант облицовки

Выводы. Опыт проведения ремонта зерноуборочных комбайнов на конкретном сервисном предприятии инженерной службы АПК Краснодарского края показал необходимость внедрения стандарта ГОСТ 34915-2022 «Комбайны зерноуборочные и их сборочные единицы. Сдача в ремонт и выпуск из ремонта» на большинстве ремонтных предприятий инженерной службы АПК России.

Библиографический список

1. Модернизация инженерно-технической системы сельского хозяйства. М.: Росинформагротех. 2010. 412 с.

2. Герасимов В.С., Тишанинов И.А., Градов В.С. Воз-

можности ремонтно-технических предприятий инженерной службы АПК по восстановлению подержанной сельскохозяйственной техники // Интеллектуальные системы в аграрном и строительном комплексе: сборник материалов Международной научно-практической конференци. Т. 2. Орел: Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина. 2022. С. 64-71.

3. Тишанинов И.А., Герасимов В.С., Катаев Ю.В. Реновация деталей и узлов сельскохозяйственной техники, выведенной из эксплуатации // МашТех 2022. Инновационные технологии, оборудование и материальные заготовки в машиностроении: сборник трудов Международной научно-технической конференции. М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет). 2022. С. 349-351.

4. Степанов Н.Н. К вопросу ремонтно-обслуживающих работ зерноуборочных комбайнов в Иркутской области // Значение научных студенческих кружков в инновационном развитии агропромышленного комплекса региона: сборник научных тезисов студентов. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского. 2021. С. 155-156.

5. Королев А.Е. Отказы систем комбайнов // Эпоха науки. 2019. N18. С. 78-81.

6. Казакова В.А., Ивлева И.Б., Семенова Т.А. Гармонизация стандартов как перспектива развития стандартизации в области технического сервиса // Безопасность и охрана труда. 2021. N2(87). С. 22-25.

7. Буренко Л.А. Обеспечение безопасности при техническом сервисе сельскохозяйственной техники. М.: ГОСНИТИ. 2014. 332 с.

8. Малыха Е.Ф., Катаев Ю.В., Закарчевский О.В. Эффективность технического сервиса сельскохозяйственной техники в агропромышленном комплексе // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2021. N2(71). С. 118-124.

9. Дорохов А.С. Эффективность оценки качества сельскохозяйственной техники и запасных частей // Вестник Московского государственного агроинженерного университета имени В.П. Горячкина. 2015. N1(65). С. 31-35.

10. Дорохов А.С., Краснящих К.А., Скороходов Д.М. Средства контроля качества сельскохозяйственной техники // Сельский механизатор. 2015. N10. С. 34-35.

11. Дорохов А.С., Семейкин В.А. Входной контроль качества продукции машиностроения // Сельский механизатор. 2013. N11. С. 22-23.

12. Годжаев З.А., Шевцов В.Г., Лавров А.В., Ценч Ю.С., Зубина В.А. Стратегия машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России до 2030 года (прогноз) // Технический сервис машин. 2019. Т. 57. N4(137). С. 220-229.

13. Жалнин Э.В., Ценч Ю.С., Пьянов В.С. Методика анализа технического уровня зерноуборочных комбайнов по функциональным и конструктивным параметрам // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. Т. 12. N2. С. 4-8.

14. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Бейлис В.М., Ценч Ю.С. Инновационная система машинно-технологического обеспечения предприятий агропромышленного комплекса. Ч. 1. Инновационная система машинно-технологического обеспечения сельскохозяйственных предприятий на длительную перспективу. М.: ВИМ. 2019. 228 с.

15. Чаплыгин М.Е., Ценч Ю.С., Беспалова О.Н. История развития комбайностроения в России // История науки и техники. 2019. N12. С. 56-59.

References

1. Modernizatsiya inzhenerno-tekhnicheskoy sistemy sel'skogo khozyaystva [Modernization of the engineering and technical system of agriculture]. Moscow: Rosinformagrotekh. 2010. 412 (In Russian).

2. Gerasimov V.S., Tishaninov I.A., Gradov V.S. Vozmozhnosti remontno-tekhnicheskikh predpriyatiy inzhenernoy sluzhby APK po vosstanovleniyu poderzhannoy sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Possibilities of repair and technical enterprises of the agro-industrial complex engineering service for the restoration of used agricultural machinery]. Intellektual'nyye sistemy v agrarnom i stroitel'nom komplekse: sbornik materialov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsi. Vol. 2. Orel: Orlovskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet imeni N.V. Parakhina. 2022. 64-71 (In Russian).

3. Tishaninov I.A., Gerasimov V.S., Katayev Yu.V. Renovatsiya detaley i uzlov sel'skokhozyaystvennoy tekhniki, vyvedennoy iz ekspluatatsii [Renovation of parts and assemblies of agricultural machinery decommissioned]. Mas arnyy universitet im. A.A. Ezhevskogo. 2021. 155-156 (In Russian).

5. Korolev A.E. Otkazy sistem kombaynov [Failures of combine harvester systems]. Epokha nauki. 2019. N18. 78-81 (In Russian).

6. Kazakova V.A., Ivleva I.B., Semenova T.A. Garmonizatsiya standartov kak perspektiva razvitiya standartizatsii v oblasti tekhnicheskogo servisa [Harmonization of standards as a perspective for the development of standardization in the field of technical service]. Bezopasnost' i okhrana truda. 2021. N2(87). 22-25 (In Russian).

7. Burenko L.A. Obespecheniye bezopasnosti pri tekhnicheskom servise sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Ensuring safety during technical service of agricultural machinery]. Moscow: GOSNITI. 2014. 332 (In Russian).

8. Malykha E.F., Katayev Yu.V., Zakarchevskiy O.V. Effektivnost' tekhnicheskogo servisa sel'skokhozyaystvennoy tekhniki v agropromyshlennom komplekse [Efficiency of technical service of agricultural machinery in the agro-industrial complex]. Ekonomika, trud, upravleniye

v sel'skom khozyaystve. 2021. N2(71). 118-124 (In Russian).

9. Dorokhov A.S. Effektivnost' otsenki kachestva sel'skokhozyaystvennoy tekhniki i zapasnykh chastey [Efficiency of quality assessment of agricultural machinery and spare parts]. Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo agroinzhenernogo universiteta imeni V.P. Goryachkina. 2015. N1(65). 31-35 (In Russian).

10. Dorokhov A.S., Krasnyashchikh K.A., Skorokhodov D.M. Sredstva kontrolya kachestva sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Means of quality control of agricultural machinery]. Sel'skiy mekhanizator. 2015. N10. 34-35 (In Russian).

11. Dorokhov A.S., Semeykin V.A. Vkhodnoy kontrol' kachestva produktsii mashinostroyeniya [Input quality control of mechanical engineering products]. Sel'skiy mekhanizator. 2013. N11. 22-23 (In Russian).

12. Godzhaev Z.A., Shevtsov V.G., Lavrov A.V., Tsench Yu.S., Zubina V.A. Strategiya mashinno-tekhnologicheskoy modernizatsii sel'skogo khozyaystva Rossii do 2030 goda (prognoz) [Strategy of machine-technological modernization of agriculture in Russia until 2030 (forecast)]. Tekhnicheskiy servis mashin. 2019. Vol. 57. N4(137). 220-229 (In Russian).

13. Zhalnin E.V., Tsench Yu.S., P'yanov V.S. Analysis Method of Combine Harvesters Technical Level by Functional and Structural Parameters. Agricultural Machinery and Technologies. 2018. Vol. 12. N2. 4-8 (In Russian).

14. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Beylis V.M., Tsench Yu.S. Innovatsionnaya sistema mashinno-tekhnologicheskogo obespecheniya predpriyatiy agropromyshlennogo kompleksa [Innovative system of machine and technological support of agro-industrial enterprises]. Part. 1. Innovatsionnaya sistema mashinno-tekhnologicheskogo obespecheniya sel'skokhozyaystvennykh predpriyatiy na dlitel'nuyu perspektivu. Moscow: 2019. 228 (In Russian).

15. Chaplygin M.E., Tsench Yu.S., Bespalova O.N. Istoriya razvitiya kombajnostroeniya v Rossii [History of the development of combine construction in Russia. Istoriya nauki i tekhniki]. 2019. N12. 56-59 (In Russian).

Contributions of the coauthors

Kataev Yu.V. – scientific guidance, preparation of materials and methods;
Gerasimov V.S. – analysis of the results of the prepared materials;
Tishaninov I.A. – data processing;
Kazakova V.A. – obtaining initial information;
Sobolev M.O. – preparation of illustrative material.
Bugaev A.V. – *data processing.*

All the authors have read and approved the final manuscript.

Заявленный вклад соавторов

Катаев Ю.В. – научное руководство, подготовка материалов и методов;
Герасимов В.С. – анализ результатов подготовленных материалов;
Тишанинов И.А. – обработка данных;
Казакова В.А. – получение исходной информации;
Соболев М.О. – подготовка иллюстративного материала.
Бугаев А.В. – обработка данных.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-32-38 CC BY УДК 621.43:620.178.16

Подходы к поиску конструктивных параметров ответственных деталей объемных гидроприводов зарубежного производства

[1]Вячеслав Александрович Денисов, доктор технических наук, главный научный сотрудник;
[2]Павел Александрович Ионов, кандидат технических наук, доцент;
[2]Сергей Владимирович Пьянзов, кандидат технических наук, старший преподаватель, e-mail: serega.pyanzov@yandex.ru;
[2]Александр Михайлович Земсков, кандидат технических наук, доцент;
[3]Владимир Васильевич Салмин, доктор технических наук, профессор

[1]Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация
[2]Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, г. Саранск, Российская Федерация
[3]Пензенский государственный университет, г. Пенза, Российская Федерация

Реферат. *Введение широкомасштабных санкций со стороны Соединенных Штатов Америки и ряда стран Европейского союза в отношении России привело к сокращению импорта запасных частей для ремонта техники, оснащенной гидроагрегатами. Проблема ремонта зарубежных гидроагрегатов заключается в полном отсутствии технической (конструкторской) документации, без которой невозможно адаптировать существующие отечественные технологии технического обслуживания и ремонта. (Цель исследования) Выявить конструктивные параметры ответственных деталей объемных гидроприводов, изготовленных зарубежными заводами. (Материалы и методы) Использовали при проведении исследований научно-техническую литературу, данные зарубежных заводов-изготовителей гидроагрегатов привода ходовой части Hydrosila и Eaton, отечественные и зарубежные публикации и диссертационные исследования за период с 2019 по 2022 год. (Результаты и обсуждение) Реализовали комплексный подход к поиску конструктивных параметров ответственных деталей гидроагрегатов зарубежного производства, включающий серию стендовых испытаний и размерный анализ. Стендовые испытания состояли их двух этапов: первый – серия однофакторных экспериментов, второй – многофакторный эксперимент. На основе полученных значений зазоров выполнили расчет номинальных размеров и допускаемых отклонений деталей ресурсолимитирующих соединений, используя размерный анализ. Получили следующие результаты для гидроагрегатов компании Eaton: диаметр отверстия в блоке цилиндров под поршень 22,5+0,009 миллиметров; диаметр поршня 22,5+0,009 миллиметров; диаметр отверстия в задней крышке под золотник 15,8+0,005 миллиметров; диаметр золотника 15,8–0,005 миллиметров. (Выводы) Выявили номинальные размеры и допускаемые отклонения деталей, а также величины технологических зазоров в ресурсолимитирующих соединениях гидроагрегатов компании Eaton. Полученные результаты имеют высокую практическую значимость для ремонтного производства.*

Ключевые слова: *привод ходовой части, параметры диагностирования, комплексный подход, многофакторный эксперимент, регрессионные модели, размерная цепь.*

Для цитирования: *Денисов В.А., Ионов П.А., Пьянзов С.В., Земсков А.М., Салмин В.В. Подходы к поиску конструктивных параметров ответственных деталей объемных гидроприводов зарубежного производства // Технический сервис машин. Т. 61. N3(152). С. 32-38. DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-32-38. GORDCY.*

Searching for design parameters of critical parts of foreign volumetric hydraulic actuators

[1]Vyacheslav A. Denisov, Dr.Sc.(Eng.), chief researcher;
[2]Pavel A. Ionov, Ph.D. (Eng.), associate professor;
[2]Sergey V. Pyanzov, Ph.D. (Eng.), senior lecturer;

[2]Aleksandr M. Zemskov, Ph.D. (Eng.), assistant professor;
[3]Vladimir V. Salmin, Dr.Sc.(Eng.), professor

[1]Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation
[2]National Research Mordovia State University named after N.P. Ogarev, Saransk, Russian Federation
[3]Penza State University, Penza, Russian Federation

Abstract. *The introduction of sanctions by the United States and a number of European Union countries against Russia has led to a reduction in the import of spare parts for the repair of hydraulic equipment. The problem of repairing foreign hydraulic units lies in the complete absence of technical (design) documentation, without which it is impossible to adapt existing domestic maintenance and repair technologies. (Research purpose) The research purpose is searching for the design parameters of important parts of foreign volumetric hydraulic drives. (Materials and methods) Used scientific and technical literature, data from foreign manufacturers of Hydrosila and Eaton chassis drive units, domestic and foreign publications and dissertation research for the period from 2019 to 2022. (Results and discussion) Implemented a comprehensive approach to the search for design parameters of critical parts of foreign-made hydraulic units, including a series of bench tests and dimensional analysis. The bench tests consisted of two stages: the first – a series of one–factor experiments, the second - a multifactorial experiment. Based on the obtained clearance values, the nominal dimensions and permissible deviations of the parts of the resource-limiting joints were calculated using dimensional analysis. The following results were obtained for Eaton hydraulic units: the diameter of the hole in the cylinder block for the piston is 22.5+0.009 millimeters; the diameter of the piston is 22.5+0.009 millimeters; the diameter of the hole in the back cover for the spool is 15.8+0.005 millimeters; the diameter of the spool is 15.8–0.005 millimeters. (Conclusions) The nominal dimensions and permissible deviations of the parts, as well as the values of technological gaps in the resource-limiting connections of Eaton hydraulic units were revealed. The results obtained are of high practical importance for repair production.*

Keywords: *running gear drive, diagnostic parameters, comprehensive approach, multivariate experiment, regression models, dimensional chain.*

For citation: *Denisov V.A., Ionov P.A., P'yanzov S.V., Zemskov A.M., Salmin V.V. Podkhody k poisku konstruktivnykh parametrov otvetstvennykh detaley ob"yemnykh gidroprivodov zarubezhnogo proizvodstva [Searching for design parameters of critical parts of foreign volumetric hydraulic actuators]. Tekhnicheskiy servis mashin. Vol. 61. N3(152). 32-38 (In Russian). DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-32-38. GORDCY.*

В настоящее время проблема ремонта зарубежных гидроагрегатов заключается в полном отсутствии технической (конструкторской) документации, сведений об используемых материалах и свойствах рабочих поверхностей деталей, видах их термической и механической обработки. Широкомасштабные санкции со стороны США и ряда стран Европейского союза в отношении России вызвали сокращение импорта запчастей для технического обслуживания и ремонта (ТОиР) ранее закупленной энергонасыщенной и высокопроизводительной техники, оснащенной гидроагрегатами. Выход из создавшейся ситуации возможен только с помощью разработки новых отечественных технологий ТОиР зарубежных гидроагрегатов или адаптации уже существующих. Без технических (конструкторских) документов, которые находятся в закрытом доступе (коммерческая тайна производителей), решить сложившуюся проблему невозможно. В связи с этим исследование, направленное на поиск конструктивных параметров ответственных деталей гидроагрегатов зарубежного производства, является актуальным. В конструктивном исполнении современной энергонасыщенной и высокопроизводительной техники для работы исполнительных механизмов и передвижения с заданной технологической скоростью, применяются сложные и дорогостоящие гидроагрегаты, образующие замкнутую систему привода ходовой части (объемный гидропривод). Проведенные исследования позволили установить наиболее распространенных производителей отечественных и зарубежных гидроагрегатов привода ходовой части: ОАО «Пневмостроймашина» (Российская Федерация); *Hydrosila* (Украина); *Danfoss Power Solutions, The Linde Group, Rexroth A Bosch Company* (Германия); *Eaton* (Соединенные Штаты Америки) [1, 2].

Для исследований наибольший интерес представляют гидроагрегаты привода ходовой части зарубежных заводов-изготовителей. Они мало изучены с точки зрения возникновения причин отказа, имеют существенные отличия в конструктивном исполнении.

Наиболее распространенным зарубежным производителем гидроагрегатов привода ходовой части сельскохозяйственной, дорожно-строительной, лесозаготовительной и другой техники компании *Deere & Company* (США) является компания *Eaton*. Поэтому гидроагрегаты данной компании выбраны в качестве исследуемых объектов.

Цель исследования – выявить конструктивные параметры ответственных деталей объемных гидроприводов, изготовленных зарубежными заводами.

Материалы и методы. Коллектив кафедры технического сервиса машин МГУ им. Н.П. Огарёва провел комплекс исследований, которые позволили найти номинальные значения размеров и допускаемые отклонения ответственных деталей гидроагрегатов привода ходовой части компании *Danfoss Power Solutions.* Методические подходы, полученные в работе, предлагается применить к гидроагрегатам компании *Eaton* серии 64 (гидронасос 6423-618 и гидромотор 6433-113) [1].

Диагностируют гидроагрегаты привода ходовой части компании *Eaton* по следующим показателям: объемная подача/расход рабочей жидкости (РЖ) – Q, л/мин; давление в линии нагнетания – $P_{наг}$, МПа; давление в управляющей линии – $p_{упр}$, МПа; приводной/выходной крутящие моменты – $M_{кр\,пр.}$ и $M_{кр\,вых.}$, Н·м; температура в линиях гидроагрегатов – $t_{рж}$, °С и коэффициенты полезного действия (КПД) – полный η, объемный $\eta_{об.}$ и гидромеханический $\eta_{гм.}$. Завод-изготовитель за критерий предельного состояния устанавливает падение КПД $\eta_{об.}$ гидроагрегатов привода ходовой части при номинальных режимах функционирования более 20% [2, 3].

Соединения «поршень – втулка», «золотник – корпус» и «распределитель 1 – распределитель 2» вносят значительный вклад в утечку РЖ в соединениях гидроагрегатов (то есть оказывают значительное влияние на снижение $\eta_{об.}$) [1, 4].

Для реализации ТОиР отечественных гидроагрегатов существуют разработанные и внедренные в условия ремонтного производства технологии [4].

Реализовать комплекс ТОиР применительно к аналогичным соединениям зарубежных гидроагрегатов невозможно, так как отсутствуют технические данные завода-изготовителя о конструкторских размерах (технологических зазорах) и допускаемых отклонениях деталей. Решить данную проблему возможно с помощью применения статистического или расчетно-аналитического подхода, сущность и методика которых описана в научно-исследовательских работах [5-10].

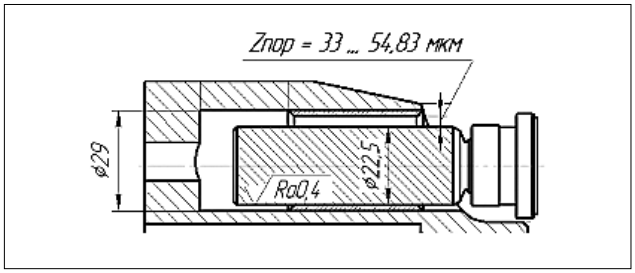
В нашем конкретном случае ни один из существующих подходов не позволяет достигнуть обозначенную в работе цель. Поэтому авторским коллективом был реализован комплексный подход, включающий стендовые испытания и размерный анализ.

Стендовые испытания состояли их двух этапов. Первый – серия однофакторных экспериментов, а второй – многофакторный эксперимент.

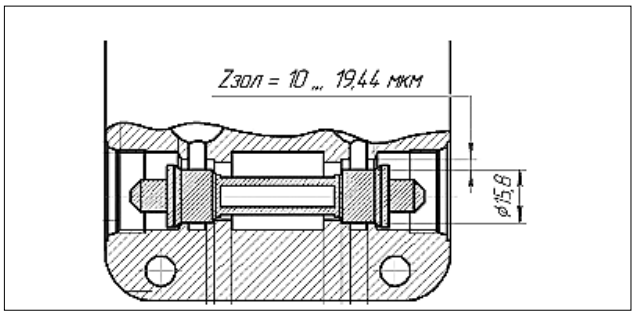
Однофакторный эксперимент направлен на определение значимых факторов и диапазонов их варьирования, а многофакторный – на установление влияния значимых факторов на $\eta_{об.}$ гидроагрегатов при номинальных режимах работы. Значения износов деталей и зазоров в ресурсолимитирующих соединениях гидроагрегатов *Eaton*, соответствующих величинам новых агрегатов (то есть величина $\eta_{об.нов.}$ находится в диапазоне от 0,95 до 0,98), определяли с помощью оптимизации линейной модели регрессии с применением метода крутого восхождения. Методические подходы описаны в РДМУ 109-77.

На основе полученных значений зазоров выполнили расчет номинальных размеров и допускаемых отклонений деталей ресурсолимитирующих соединений, используя размерный анализ.

Ресурсолимитирующие соединения гидроагрегатов компании *Eaton* и их схематичное исполнение представили на *рисунке 1.*



a



b

Рис. 1. Схемы ресурсолимитирующих соединений гидроагрегатов привода ходовой части компании Eaton: a – соединение «блок цилиндров – поршень»; b – соединение «корпус клапанной коробки – золотник»

Размерный анализ проводили в соответствии с указаниями, изложенными в РД 50-635-87, и методическими подходами, описанными в работах [1, 5-10].

Результаты и обсуждение. Результаты первого этапа стендовых испытаний гидроагрегатов привода ходовой части представили на *рисунках 2-4.*

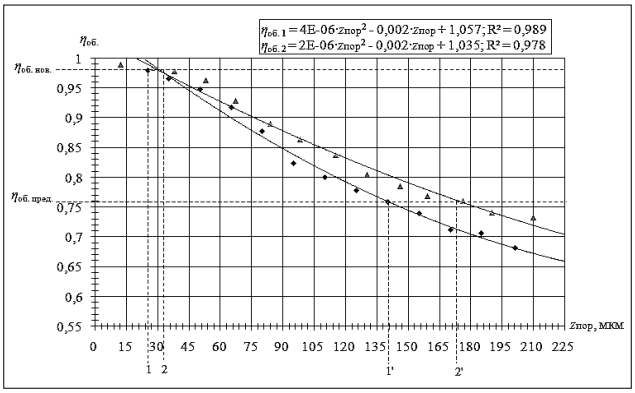


Рис. 2. Влияние зазора в соединении «поршень – втулка» $z_{пор}$ на $\eta_{об.}$: $\eta_{об.\ нов.}$ – максимальное значение $\eta_{об.}$ при минимальном технологическом зазоре в соединениях новых гидроагрегатов Hydrosila; 0,76 – предельное значение $\eta_{об.}$; 1 – зазор, соответствующий $\eta_{об.\ нов.}$ для гидроагрегатов Hydrosila ($z_{пор.нов.1}$ = 25 мкм); 2 – зазор, соответствующий $\eta_{об.\ нов.}$ для гидроагрегатов Eaton ($z_{пор.нов.2}$ = 33 мкм); 1' – зазор, соответствующий $\eta_{об.пред.}$ для гидроагрегатов Hydrosila ($z_{пор.пред.1'}$ = 140 мкм); 2' – зазор, соответствующий $\eta_{об.пред.}$ для гидроагрегатов Eaton ($z_{пор.пред.2'}$ = 173 мкм)

При максимальном значении КПД $\eta_{об.\ нов.}$ величина зазора в соединении «поршень – втулка» для гидроагрегатов *Hydrosila* составляет $z_{пор.нов.1}$ = 25 мкм, а для *Eaton* $z_{пор.нов.2}$ = 33 мкм. Предельное значение $\eta_{об.пред.}$ гидроагрегатов *Hydrosila* наблюдается при зазоре равном $z_{пор.пред.1'}$ = 140 мкм, а для *Eaton* при зазоре равном $z_{пор.пред.2'}$ = 173 мкм.

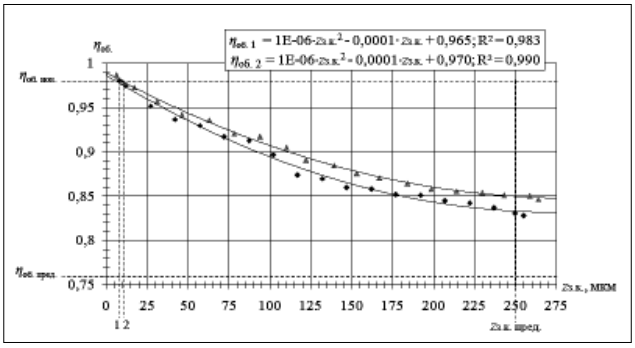


Рис. 3. Влияние зазора в соединениях «золотник – корпус» $z_{з.к.}$ на $\eta_{об.}$: $\eta_{об.\ нов.}$ – максимальное значение $\eta_{об.}$ при минимальном технологическом зазоре в соединениях новых гидроагрегатов Hydrosila; 0,76 – предельное значение $\eta_{об.}$; 1 – зазор, соответствующий $\eta_{об.\ нов.}$ для гидроагрегатов Hydrosila ($z_{з.к.\ нов.\ 1}$ = 8 мкм); 2 – зазор, соответствующий $\eta_{об.\ нов.}$ для гидроагрегатов Eaton ($z_{з.к.\ нов.\ 2}$ = 10 мкм); $z_{з.к.\ пред.}$ – предельное значение зазора в соединениях $z_{з.к.\ пред.}$ = 250 мкм

При максимальном значении КПД $\eta_{об.\ нов.}$ величина зазора в соединении «золотник – корпус» для гидроагрегатов *Hydrosila* составляет $z_{з.к.нов.1}$ = 8 мкм, а для *Eaton* $z_{з.к.\ нов.2}$ = 10 мкм (*рис. 3*). Предельное значение $\eta_{об.}$ гидроагрегатов *Hydrosila* и *Eaton* не наблюдается, поэтому для данных гидроагрегатов оно принимается равным $z_{з.к.пред.}$ = 250 мкм (для *Hydrosila* и *Eaton* соответственно).

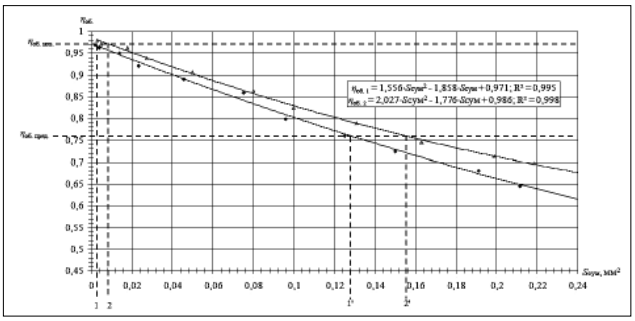


Рис. 4. Влияние суммарной площади износа в соединении «распределитель 1 – распределитель 2» и «распределитель с напайкой – распределитель» на $\eta_{об.}$: $S_{сум}$, $\eta_{об.\ нов.}$ – максимальное значение объемного КПД при минимальной площади износа в соединениях новых гидроагрегатов Hydrosila; 0,76 – предельное значение $\eta_{об.}$; 1 – суммарная площадь износа, соответствующая $\eta_{об.\ нов.}$ для гидроагрегатов Hydrosila ($S_{сум}$ = 0,002 мм²); 2 – суммарная площадь износа, соответствующая $\eta_{об.\ нов.}$ для гидроагрегатов Eaton ($S_{сум}$= 0,008 мм²); 1' – суммарная площадь износа, соответствующая $\eta_{об.пред.}$ для гидроагрегатов Hydrosila ($S_{сум\ пред.\ 1'}$ = 0,128 мм²); 2' – суммарная площадь, соответствующая $\eta_{об.пред.}$ для гидроагрегатов части Eaton ($S_{сум\ пред.\ 2'}$ = 0,156 мм²)

При максимальном значении величины $\eta_{об.\ нов.}$ величина суммарной площади износа в соединении «распределитель 1 – распределитель 2» гидроагрегатов *Hydrosila* составляет $S_{сум\ 1}$ = 0,002 мм² и в соединении «распределитель с напайкой – распределитель» гидроагрегатов *Eaton* – $S_{сум\ 2}$ = 0,008 мм² (*рис. 4*). Предельное значение $\eta_{об.}$ гидроагрегатов *Hydrosila* наблюдается при величине суммарной площади износа $S_{сум\ пред.\ 1'}$ = 0,128 мм², а для гидроагрегатов *Eaton* – $S_{сум\ пред.\ 2'}$ = 0,156 мм².

В ходе исследований установили, что с увеличением износов и зазоров в соединениях гидроагрегатов *Hydrosila* и *Eaton* происходит резкое падение $\eta_{об.}$. Наибольшее падение $\eta_{об.}$ наблюдается у гидроагрегатов *Hydrosila*. На наш взгляд, это связано с величиной рабочего давления в линиях нагнетания $P_{наг}$, МПа. Чем выше величина $P_{наг}$, тем интенсивнее происходит утечка РЖ и наблюдается резкое падение $\eta_{об.}$. Серия экспериментальных исследований позволила установить диапазоны изменения зазоров в соединениях зарубежных гидроагрегатов.

В результате реализованного в работе многофакторного эксперимента получили линейные модели регрессий, которые адекватно описывают связь $\eta_{об.}$ зарубежных гидроагрегатов *Hydrosila* и *Eaton* с износами деталей и зазорами в соединениях:

- для *Hydrosila*:

$$\eta_{об.1} = 1{,}0326 - 1{,}5742 \cdot S_{сум} - 1{,}165 \cdot 10^{-3} \cdot z_{пор} - 5 \cdot 10^{-4} \cdot z_{з.к.} - 5{,}29 \cdot 10^{-3} \cdot S_{сум} \cdot z_{пор}\ ; \quad (1)$$

- для *Eaton*:

$$\eta_{об.2} = 1{,}0463 - 1{,}2882 \cdot S_{сум} - 1{,}313 \cdot 10^{-3} \cdot z_{пор} - 4{,}9 \cdot 10^{-4} \cdot z_{з.к.} - 3{,}62 \cdot 10^{-3} \cdot S_{сум} \cdot z_{пор}, \quad (2)$$

Выявили наиболее значимые факторы, влияющие на $\eta_{об.}$ гидроагрегатов *Eaton*: суммарную площадь износа $S_{сум}$ в соединении «распределитель с напайкой – распределитель»; зазор в соединении «поршень – втулка» $z_{пор}$; зазор в соединении «золотник – корпус» $z_{з.к.}$ и комбинацию факторов: суммарную площадь износа в соединении «распределитель с напайкой – распределитель» и зазор в соединении «поршень – втулка». Данные соединения являются ресурсолимитирующими.

Для определения соответствия величин $\eta_{об.}$ значениям износа деталей и зазоров в соединениях зарубежных гидроагрегатов *Hydrosila* и *Eaton* проводили оптимизацию полученных зависимости (1) и (2) методом крутого восхождения. Полученные результаты представили в *таблицах* 1, 2.

Таблица 1

Результаты оптимизации линейной модели регрессии (1)

Параметр	$S_{сум}$, мм²	$z_{пор.}$, мкм	$z_{з.к}$, мкм	Объемный КПД $\eta_{об.}$
b_i	-1,5742	-0,001656	-0,0005	-
$b_i \Delta X_i$	-0,09917	-0,09522	-0,0605	-
$\lambda_ш (b_i \Delta X_i)$	0,00001	0,30	0,140	-
Опыты на линии восхождения				
1	**0,002**	**25**	**8**	**0,9837**
2	0,00201	25,3	8,14	0,9832
…	…	…	…	…
57	0,00256	41,8	15,84	0,9508
58	**0,00257**	**42,1**	**15,98**	**0,9502**
59	0,00258	42,4	16,12	0,9496

Таблица 2

Результаты оптимизации линейной модели регрессии (2)

Параметр	$S_{сум}$, мм²	$z_{пор.}$, мкм	$z_{з.к}$, мкм	Объемный КПД $\eta_{об.}$
b_i	-1,2882	-0,001313	-0,00049	-
$b_i \Delta X_i$	-0,09532	-0,091910	-0,05880	-
$\lambda_ш (b_i \Delta X_i)$	0,00003	0,37	0,16	-
Опыты на линии восхождения				
1	**0,008**	**33**	**10**	**0,9807**
2	0,00803	33,37	10,16	0,9806
…	…	…	…	…
59	0,00974	54,46	19,28	0,9508
60	**0,00977**	**54,83**	**19,44**	**0,9502**
61	0,0098	55,2	19,6	0,9496

Оптимизация зависимости (1) показала, что значение $\eta_{об.}$ = 0,95 соответствует верхним технологическим зазорам, а $\eta_{об.}$ = 0,98 - нижним технологическим зазорам в соединениях гидроагрегатов компании *Hydrosila*. Полученные в ходе исследований значения коррелируют с технической документацией и паспортными параметрами, определенными заводом-изготовителем, что подтверждает достоверность полученных результатов [4, 11, 12].

Применив подход к гидроагрегатам компании *Eaton* найдем максимальные (при $\eta_{об.}$ = 0,95) и минимальные (при $\eta_{об.}$ = 0,98) технологические зазоры в ресурсолимитирующих соединениях.

С помощью оптимизации зависимости (2) были найдены номинальные значения минимальных износов и технологических зазоров в соединениях гидроагрегатов *Eaton*: $S_{сум}$ = 0,008 мм², $z_{пор.}$ = 33 мкм и $z_{з.к.}$ = 10 мкм при $\eta_{об.}$ = 0,98 и максимальных износов и технологических зазоров при $\eta_{об.}$ = 0,95: $S_{сум}$ = 0,00977 мм², $z_{пор.}$ = 54,83 мкм и $z_{з.к.}$ = 19,44 мкм.

Результаты экспериментальных исследований, полученные в работе, служат исходными данными для расчета номинальных значений размеров и допускаемых отклонений деталей ресурсолимитирующих соединений гидроагрегатов компании *Eaton*. Суммарная площадь износа соединения «распределитель с напайкой – распределитель» гидроагрегатов *Eaton* равна суммарному отклонению от плоскостности для рассматриваемых поверхностей деталей. Данное значение равно суммарной шероховатости зоны уплотнения соединения 0,2 мкм.

Полученные результаты по соединениям $z_{пор}$ и $z_{з.к.}$ гидроагрегатов *Eaton* свели в *таблицу* 3.

Таблица 3

Результаты расчета размерных цепей привода ходовой части Eaton

Этапы	Обозначение параметра	Лимитирующие соединение	
		$z_{пор}$	$z_{з.к.}$
1	$A_{0н}$, мкм	33	10
	$A_{0в}$, мкм	55	20
2	$A_{0с}$, мкм	44	15
3	T_0, мкм	22	10
4	$i_з$	1,31	1,08
	a_c	8,40	4,63
5	*IT* (квалитет)	5	4
	T_1 и T_2, мкм	9	5
	Основное отклонение звена A_1	22,5*H*	15,8*H*
	Основное отклонение звена A_2	22,5*h*	15,8h
	Поле допуска звена A_1,мм	22,5+0,009	15,8+0,005
	Поле допуска звена A_2, мм	22,5-0,009	15,8-0,005
Проверочный расчет			
6	$T_0^{пров.}$, мкм	18	10
7	Проверка условия	22 > 18	10 = 10
		Выполняется	Выполняется

Размерный анализ позволил установить номинальные значения размеров и допускаемых отклонений деталей в ресурсолимитирующих соединениях гидроагрегатов *Eaton* 64 (гидронасос 6423-618 и гидромотор 6433-113):

- диаметр отверстия в блоке цилиндров под поршень – $d_{отв.порш.}$= 22,5+0,009 мм;
- диаметр поршня – $d_{порш.}$ = 22,5-0,009 мм;
- диаметр отверстия в задней крышке под золотник – $d_{отв.зол.}$ = 15,8+0,005 мм;
- диаметр золотника – $d_{зол.}$ = 15,8-0,005 мм.

Выводы. Поставленная в статье цель полностью решена. Проведенные исследования позволили определить конструктивные параметры ответственных деталей, а также величины технологических зазоров в ресурсолимитирующих соединениях гидроагрегатов *Eaton* серии 64. Полученные результаты представляют собой основу для разработки технологии восстановления работоспособности и повышения долговечности гидроагрегатов зарубежного производства в условиях ремонтного производства.

Библиографический список

1. Ионов П.А., Сенин П.В., Пьянзов С.В., Раков Н.В., Земсков А.М. Определение номинальных значений размеров и допускаемых отклонений ответственных деталей агрегатов зарубежной техники // Инженерные технологии и системы. 2022. Т. 32. N4. С. 520-538.

2. Пьянзов С.В. Совершенствование стенда и методики для контроля технического состояния объемных гидроприводов сельскохозяйственной техники: дис. ... канд. тех. наук. Саранск. 2021. 318 с.

3. Eaton heavy duty hydrostatic transmissions. Models 33 through 76. Eaton Corporation. June. 1997. 32.

4. Галин Д.А. Оценка работоспособности и повышение долговечности объемного гидропривода ГСТ-90: дис. ... канд. тех. наук. Саранск. 2007. 224 с.

5. Митин Э.В., Сульдин С.П., Овчинников А.Ю., Дуданов Е.И., Кулякулин С.Ю. Определение параметров точности механической обработки детали методом графов на основании размерных связей // Вестник машиностроения. 2022. N6. С. 65-71.

6. Бейлин А.Б., Царфин Б.А. Исследование и расчет связанных размерных цепей на примере обеспечения показателей точности поворотно-делительных столов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2020. Т. 22. N3. С. 5-11.

7. Tamarkin M., Tishchenko E., Murugova E. Design of high precision machining part processes in free abrasives. Smart Innovation, Systems and Technologies. 2022. Vol. 247. 157-167.

8. Фролов В.В. Проектный расчет размерных цепей на основе имитационного моделирования // Вестник Витебского государственного технологического университета. 2019. N2. С. 76-88.

9. Хващевская Л.Ф., Журавлев Д.А. Анализ точности изделий машиностроения для случая параллельно связанных линейных размерных цепей // Системы. Методы. Технологии. 2022. N1. С. 48-56.

10. Польский Е.А., Сорокин С.В. Повышение надежности изделий машиностроения за счет совершенствования точностного анализа размерных цепей // Наукоемкие технологии в машиностроении. 2022. N6. С. 38-48.

11. Pavlov A.I., Tarbeev A.A., Egorov A.V., Polyanin I.A., Alibekov S.Ya., Lysyannikov A.V., Kaizer Yu.F., Sharshembiev J.S. Spectral method for monitoring the technical condition of hydraulic drives of forest harvester machines. Journal of Physics: Conference Series. 2020. Vol. 1515.

12. Ионов П.А. Сенин П.В., Пьянзов С.В., Столяров А.В., Земсков А.М. Методика динамической оценки технического состояния объемных гидроприводов // Техника и оборудование для села. 2019. N5(263). С. 26-31.

References

1. Ionov P.A., Senin P.V., P'yanzov S.V., Rakov N.V., Zemskov A.M. Opredelenie nominal'nyh znachenij razmerov i dopuskaemyh otklonenij otvetstvennyh detalej agregatov zarubezhnoj tekhniki [Determination of nominal dimensions and permissible variations in dimensions of critical parts of foreign machinery units of engineering technologies and systems]. Inzhenernye tekhnologii i sistemy. 2022. Vol. 32. N4. 520-538 (In Russian).

2. P'yanzov S.V. Sovershenstvovanie stenda i metodiki dlya kontrolya tekhnicheskogo sostoyaniya ob''emnyh gidroprivodov sel'skohozyajstvennoj tekhniki [Improvement of the bench and methodology for monitoring the technical condition of the volume hydraulic drives of agricultural machinery]. Ph.D.(Eng.) thesis. Saransk. 2021. 318 (In Russian).

3. Eaton heavy duty hydrostatic transmissions. Models 33 through 76. Eaton Corporation. June. 1997. 32.

4. Galin D.A. Ocenka rabotosposobnosti i povyshenie dolgovechnosti ob»emnogo gidroprivoda GST-90[Performance evaluation and durability improvement of the volumetric hydraulic drive GST-90]. Ph.D.(Eng.) thesis. Saransk. 2007. 224 (In Russian).

5. Mitin E.V., Suldin S.P., Ovchinnikov A.Yu., Dudanov E.I., Kulyakulin S.Yu. Opredelenie parametrov tochnosti mekhanicheskoj obrabotki detali metodom grafov na osnovanii razmernyh svyazej [Determination of the accuracy parameters of machining of a part by the graph method based on dimensional relations]. Vestnik mashinostroeniya. 2022. N6. 65-71 (In Russian).

6. Beylin A.B., Tsarfin B.A. Issledovanie i raschet svyazannyh razmernyh cepej na primere obespecheniya pokazatelej tochnosti povorotno-delitel'nyh stolov [Research and calculation of the connected dimensional chains on the example of indicators of rotary indexing

tables accuracy]. Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk. 2020. Vol. 22. N3. 5-11 (In Russian).

7. Tamarkin M., Tishchenko E., Murugova E. Design of high precision machining part processes in free abrasives // Smart Innovation, Systems and Technologies. 2022. Vol. 247. 157-167.

8. Frolov V.V. Proektnyj raschet razmernyh cepej na osnove imitacionnogo modelirovaniya [Design calculation of dimensional chains on the basis of simulation modeling]. Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. 2019. N2. 76-88 (In Russian).

9. Khvaschevskaya L.F., Zhuravlev D.A. Analiz tochnosti izdelij mashinostroeniya dlya sluchaya parallel'no svyazannyh linejnyh razmernyh cepej [Analysis of the accuracy of machine-building products for the parallel connected linear dimensional chains]. Sistemy. Metody. Tekhnologii. 2022. N1. 48-56 (In Russian).

10. Polskiy Ye.A., Sorokin S.V. Povyshenie nadezhnosti izdelij mashinostroeniya za schet sovershenstvovaniya tochnostnogo analiza razmernyh cepej [Improving the reliability of mechanical engineering products by improving the precision analysis of dimensional chains]. Naukoemkie tekhnologii v mashinostroenii. 2022. N6. 38-48 (In Russian).

11. Pavlov A.I., Tarbeev A.A., Egorov A.V., Polyanin I.A., Alibekov S.Ya., Lysyannikov A.V., Kaizer Yu.F., Sharshembiev J.S. Spectral method for monitoring the technical condition of hydraulic drives of forest harvester machines. Journal of Physics: Conference Series. 2020. Vol. 1515.

12. Ionov P.A., Senin P.V., P'yanzov S.V., Stolyarov A.V., Zemskov A.M. Metodika dinamicheskoj ocenki tekhnicheskogo sostoyaniya ob''emnyh gidro-privodov [Method of dynamic assessment of the technical condition of volumetric hydraulic drives]. Tekhnika i oborudovanie dlya sela. 2019. N5(263). 26-31 (In Russian).

Contributions of the coauthors

Denisov V.A. – conducting a critical analysis of research, analysis and revision of the manuscript;
Ionov P.A. – scientific guidance, the formation of the structure of the manuscript, writing the conclusions;
Pyanzov S.V. – analysis of literature data, implementation of experimental studies with subsequent description, optimization of linear regression models;
Zemskov A.M. – analysis of literature data, implementation of experimental studies;
Salmin V.V. – processing of the obtained researchresults.

All the authors have read and approved the final manuscript.

Заявленный вклад соавторов

Денисов В.А. – проведение критического анализа исследований, анализ и доработка текста;
Ионов П.А. – научное руководство, формирование структуры статьи, оставление выводов и заключения;
Пьянзов С.В. – анализ литературных данных, реализация экспериментальных исследований с последующим описанием, оптимизация линейных моделей регрессии;
Земсков А.М. – анализ литературных данных, реализация экспериментальных исследований;
Салмин В.В. – обработка полученных результатов исследования.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-39-45 CC BY УДК 631.153:006.057

Роль стандартизации в проведении эффективной утилизации комбайнов

Вера Александровна Казакова, младший научный сотрудник;
Валерий Сергеевич Герасимов, ведущий специалист, e-mail: stand-gosniti@mail.ru

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ Москва, Российская Федерация

Реферат. *В настоящее время в агропромышленном комплексе России возникла необходимость актуализировать перечень нормативных документов, необходимых при сертификации и техническом обслуживании сельскохозяйственной техники, находящейся в эксплуатации, включая утилизацию выведенной из эксплуатации сельскохозяйственной техники. Разработка стандарта по утилизации зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов представляет собой актуальную задачу. (Цель исследования) Изложить основные положения стандарта по утилизации комбайнов и дать оценку эффективности его внедрения. (Материалы и методы) Использовали методологию разработки стандартов межгосударственного уровня. Отметили, что специфика данной работы состоит в прохождении публичного обсуждения и экспертизе проекта стандарта специалистами инженерной службы и заинтересованными организациями и предприятиями Российской Федерации и государств – членов Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации Содружества Независимых Государств. Учли в проекте стандарта базовые положения директив Европейского союза: 2000/53/ЕС «О транспортных средствах, выведенных из эксплуатации»; 2005/64/ЕС «Об одобрении типа транспортных средств в отношении повторного использования, рециклирования и регенерации энергии и поправках к Директиве 70/156/ЕС». (Результаты и обсуждение) Подготовили проект стандарта, соответствующий условиям современного состояния парка комбайнов и инженерной службы агропромышленного комплекса, и направили на обсуждение. (Выводы) Внедрение современного стандарта по утилизации комбайнов актуализирует перечень нормативных документов, необходимых при утилизации сельскохозяйственной техники, будет способствовать техническому прогрессу отечественного агропромышленного комплекса, стабильному получению вторичных ресурсов в виде годных и восстановленных деталей, металла (черный, цветной), полимеров, резины, стекла. Реализация требований стандарта позволит корректно выстраивать процессы утилизации, повысить экономичность работы парка сельскохозяйственной техники.*

Ключевые слова: *комбайны зерноуборочные и кормоуборочные, утилизация, стандарт, технологические требования, отходы, ресурс, дефектация, специализированные предприятия, специализированный цех (участок), рециклирование, восстановление деталей.*

Для цитирования: *Казакова В.А., Герасимов В.С. Роль стандартизации в проведении эффективной утилизации комбайнов // Технический сервис машин. 2023. Т. 61. N3(152). С. 39-45. DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-39-45. LSSLKK*

The role of standardization in efficient utilization of combine harvesters

Vera A. Kazakova, junior researcher
Valeriy S. Gerasimov, leading specialist

Federal Scientific Agroengineering Center VIM Moscow, Russian Federation

Abstract. *Currently, in the agro-industrial complex of Russia, there is a need to update the list of regulatory documents required for certification and maintenance of agricultural machinery in operation, including the disposal of decommissioned agricultural machinery. The development of a standard for the utilization of grain and forage harvesters is an urgent task. (Research purpose) The research purpose is describing the provisions of the standard for the disposal of combine harvesters and assessing the effectiveness of its implementation. (Materials and methods) Used the methodology of developing standards at the interstate level. It was noted that the specifics of this work consists in passing a public discussion and examination of the draft standard by*

specialists of the engineering service and interested organizations and enterprises of the Russian Federation and the member states of the Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification of the Commonwealth of Independent States. Have taken into account in the draft standard the basic provisions of the Directives of the European Union: 2000/53/EC «On vehicles decommissioned»; 2005/64/EC «On the approval of the type of vehicles with regard to reuse, recycling and regeneration of energy and amendments to Directive 70/156/EC». (Results and discussion) We have prepared a draft standard that meets the conditions of the current state of the combine harvester fleet and the engineering service of the agro-industrial complex, and sent it for discussion. (Conclusions) The introduction of a modern standard for the disposal of combines updates the list of regulatory documents required for the disposal of agricultural machinery, will contribute to the technical progress of the domestic agro-industrial complex, stable receipt of secondary resources in the form of usable and restored parts, metal (black, non-ferrous), polymers, rubber, glass. The implementation of the requirements of the standard will allow you to correctly build recycling processes, increase the efficiency of the fleet of agricultural machinery.

Keywords: *combine harvesters and forage harvesters, recycling, standard, process requirements, waste, resource, fault detection, specialized enterprises, specialized workshop (site), recycling, restoring parts.*

For citation: *Kazakova V.A., Gerasimov V.S. Rol' standartizacii v provedenii effektivnoj utilizacii kombajnov [The role of standardization in efficient utilization of combine harvesters]. Tekhnicheskiy servis mashin. 2023. Vol. 61. N3(152). 39-45 (In Russian). DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-39-45. LSSLKK.*

Существующий парк сельскохозяйственной техники (СХТ) в агропромышленном комплексе (АПК) России не только морально и физически устарел, но и ограничивает возможности сельхозтоваропроизводителей [1-5].

По экспертным данным ФНАЦ ВИМ, в 2017-2022 гг. утилизация сельскохозяйственной техники (СХТ), в том числе зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов проводилась с большими нарушениями технологического порядка и экологической безопасности.

Одна из причин такого состояния проведения утилизации комбайнов заключается в отсутствии нормативно-технической документации (НТД) по этому важнейшему виду технического сопровождения сельхозмашин. Разработка ГОСТ «Комбайны зерноуборочные и кормоуборочные. Утилизация. Порядок проведения. Технические условия» дает возможность собственникам комбайнов и сервисным предприятиям, проводящим утилизацию, выполнять данную работу с соблюдением установленных технических условий и рекомендаций, изложенных в стандарте.

Внедрение стандарта сделает возможным получение вторичных ресурсов на уровне 75-80%, а также обеспечит экономические интересы как владельцев техники, так и специализированных предприятий. По экспертным оценкам, в ближайшие два-три года странам Таможенного союза предстоит передать на утилизацию около 15-17 тыс. ед. зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов, поэтому очевидна заинтересованность стран Таможенного союза в разработке данного межгосударственного стандарта. Утилизация такого значительного объема техники представляет собой сложную и многостороннюю задачу для инженерной службы АПК. С одной стороны, это источник вторичных ресурсов, с другой – экологической опасности, связанной с загрязнением окружающей среды, поэтому одной из главных задач данной работы стало обоснование необходимости регламентации утилизационных процессов в виде предлагаемого стандарта.

Разработка межгосударственного стандарта ГОСТ «Комбайны зерноуборочные и кормоуборочные. Утилизация. Порядок проведения. Технические условия» была предусмотрена в программе национальной стандартизации Росстандарта России ПНС-2023 (шифр темы 1.2.284-2.320.23)[1].

Проект разработан в соответствии с Федеральным законом РФ от 24.06.98 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» с изменениями и дополнениями, вступившими в силу с 01.01.2016 г. и «Стратегией развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 г.», утвержденной распоряжением Правительства РФ от 25.01.18 г. № 84-р, в соответствии с требованиями ГОСТ 1.2-2015, ГОСТ 1.5-2001 и ГОСТ Р 1.8.

Настоящий стандарт входит в комплект по разработке межгосударственных стандартов по утилизации энергонасыщенной сельскохозяйственной техники (тракторы, комбайны, дизели тракторные и комбайновые)[2].

[1] Перенос темы из ПНС-2020. В силу известных объективных обстоятельств (сложный период пандемии коронавируса и экономического кризиса) сроки по дальнейшему выполнению работ были существенно сдвинуты. Получено финансирование из бюджета.

[2] В 2022-2023 гг. был разработан и передан на принятие и утверждение ГОСТ «Тракторы сельскохозяйственные и лесохозяйственные. Утилизация. Порядок проведения».

Исследования, проведенные ФНАЦ ВИМ за последние 10 лет, подтвердили необходимость разработки в АПК России стандартов по сдаче и проведению утилизации сельскохозяйственной техники, так как в настоящее время она осуществляется без использования современных энерго- и ресурсосберегающих экологически безопасных технологий, кроме того полностью отсутствует нормативно-техническая документация по регламентации процессов утилизации. Велики потери материальных ресурсов, качество получаемых вторичных материалов очень низкое, оставляемые на вторичный рынок в качестве запчастей детали мобильной сельскохозяйственной техники, в т. ч. комбайнов не сертифицируются на предмет их безопасности [5-10].

Объектом работы являются требования, предъявляемые к порядку проведения утилизации зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов и их сборочных единиц с использованием прогрессивных технологий переработки компонентов утилизируемых комбайнов, организации цехов (участков) по проведению сбора, первичной переработки комбайнов, выведенных из эксплуатации в рамках ремонтно-технических и сервисных предприятий инженерной службы АПК.

Цель исследования – изложить основные положения стандарта по утилизации комбайнов и дать оценку эффективности его внедрения.

Материалы и методы. Применили методологию разработки стандартов межгосударственного уровня. Специфика данной работы заключается в прохождении публичного обсуждения проектов стандарта первой редакции специалистами инженерной службы АПК и сельскохозяйственного машиностроения и государств – членов Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации (МГС) и детальном анализе полученных замечаний и предложений перед принятием стандарта. При проведении исследований использовали материалы нормативно-технической литературы, ГОСТ 1.5, методы обобщения данных исходя из практического опыта организаций. Проект ГОСТ разработан впервые, аналогичных межгосударственных, международных (региональных) стандартов нет. Базовые положения проекта стандарта сформулированы на основе директив Европейского союза: 2000/53/ЕС «О транспортных средствах, выведенных из эксплуатации»; 2005/64/ЕС «Об одобрении типа транспортных средств в отношении повторного использования, рециклирования и регенерации энергии и поправках к Директиве 70/156/ЕС».

Результаты и обсуждение. Процедура разработки заявленного стандарта была начата в соответствии с требованиями Федерального закона «О стандартизации в Российской Федерации» от 29.06.2015 № 162-ФЗ. Цель разработки проекта стандарта заключается в повышении эффективности качества работ по утилизации комбайнов с учетом технической и информационной совместимости в соответствии с приоритетными направлениями стандартизации, направленными на техническую и экологическую безопасность, а также в повышении конкурентоспособности российских товаров на внутреннем и региональных рынках. Статус стандарта вытекает из необходимости:

- создания единой нормативной базы в рамках Таможенного союза;
- снижения барьеров в торговле между государствами – членами Таможенного союза и СНГ;
- повышения уровня качества и безопасности продукции машиностроения, ее конкурентоспособности, применения единых методов испытаний (измерений) продукции;
- импортозамещения;
- соответствия требованиям международных стандартов на утилизацию комбайнов и их сборочных единиц;
- ресурсосбережения и экологической безопасности.

Установленные в настоящем стандарте требования позволят без больших материальных затрат осуществлять технологические процессы по подготовке к утилизации комбайнов и ее проведению в целях ресурсосбережения, получать вторичные ресурсы для повторного использования при проведении технического сопровождения комбайнов и обеспечивать снижение негативного воздействия отходов от утилизации на окружающую среду.

Оптимизация системы утилизации выведенных из эксплуатации комбайнов в рамках ремонтно-технических и сервисных предприятий позволит снизить ущерб окружающей среде, а также получить вторичные ресурсы в результате переработки компонентов утилизируемой техники.

Распространение системы безопасной утилизации будет способствовать цикличному обновлению основных фондов машин и оборудования на предприятиях АПК и планомерному выводу из эксплуатации завершивших свой жизненный цикл машин.

Утилизация представляет собой заключительный этап жизненного цикла машин, в т. ч. и комбайнов, выработавших гарантийные ресурсы и сроки амортизации. Проблема утилизации СХТ обширна и многогранна и всегда связана с вопросами ресурсосбережения и обеспечения экологической безопасности окружающей среды, а также наличием необходимых технических и технологических средств и документации для эффективного проведения утилизационных процессов.

Вся утилизация зерноуборочных, кормоуборочных комбайнов сводится в сегодняшних условиях только к сдаче металлома, т. е. велики потери потенциальных материальных ресурсов, ведь в зерноуборочном комбайне, например, «Торум» имеется около 5 тыс. ед. деталей и узлов и значительная часть их (более 35-40%) после проведения утилизационных мероприятий может быть использована по прямому назначению после соответствующих технологических воздействий. Анализ отходов зерноуборочного комбайна после его утилизации в виде трех групп деталей (утиль, годные, на восстановление) представлен на *рисунке*.

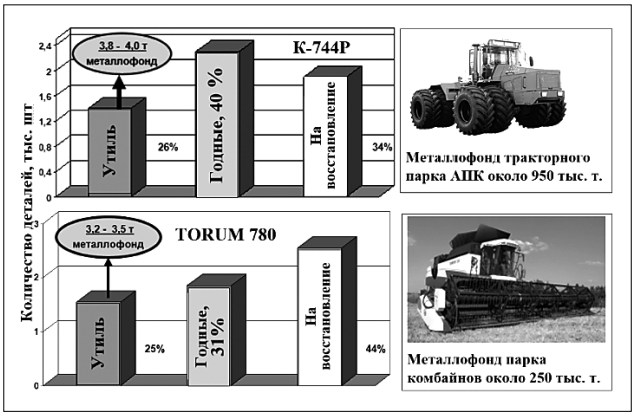


Рис. Результаты проведенной утилизации и анализ отходов (компонентов) на примере трактора К-744Р и комбайна TORUM 780

Основу номенклатуры восстанавливаемых деталей как у нас, так и за рубежом составляют детали, определяющие экономику машиноиспользования. Отличие же от зарубежного опыта обусловливается необходимостью восстанавливать значительное количество дефицитных деталей. Восстановление их может не давать сразу ощутимой экономии, но успешно развивая систему «Сельхозрециклинг» в сочетании с высокой оборачиваемостью вторичных ресурсов можно получить значительную экономию как в машиностроении, так и в эксплуатации машинно-тракторного парка, что наглядно представлено в *таблице 1.*

Как известно, к основным этапам разработки стандартов относятся: организация и подготовка разработки стандарта; разработка первой редакции проекта стандарта и его публичное обсуждение; разработка окончательной редакции проекта стандарта с учетом замечаний и предложений и его экспертиза; подготовка проекта стандарта к утверждению, утверждение и регистрация, опубликование и введение в действие. Свою заинтересованность и поддержку в подготовке стандарта выразили ведущие организации отрасли РФ и Республики Беларусь.

Первая редакция проекта межгосударственного стандарта ГОСТ «Комбайны зерноуборочные и кормоуборочные. Утилизация. Порядок проведения. Технические условия» и пояснительная записка к нему были направлены организациям – членам Технического комитета по стандартизации № 284 «Тракторы и машины сельскохозяйственные» и государствам – членам МГС.

В процессе подготовки разработки первой редакции было вынесено предложение к обсуждению о корректировке названия на ГОСТ «Комбай-

Таблица 1

Объемы вторичных ресурсов утилизируемой самоходной сельскохозяйственной техники до 2022 г.

№ п/п	Наименование	Тракторы	Зерноуборочные комбайны	Кормоуборочная техника
1.	Кол-во годных деталей, шт.	*На одну единицу техники*		
		950-1000 (32%)	1800-2000 (28%)	1600-1900 (27%)
2.	Кол-во деталей, которые могут быть восстановлены, шт.	*На одну единицу техники*		
		850-900 (36%)	2800-3000 (42%)	1550-1800 (40%)
3.	Кол-во деталей на утилизацию (переработку), шт.	*На одну единицу техники*		
		600-650 (32%)	1200-1300 (30%)	1400-1600 (33%)
4.	Стоимость годных и восстановленных деталей, млн руб.	*На одну единицу техники*		
		≈ 0,5-0,55	≈ 0,85-1,25	≈ 0,80 -0,95
5.	Стоимость годных и восстановленных деталей утилизируемой СХТ до 2020 г. , млрд руб.	≈ 80,0 -85,0	≈ 34,0-38,0	≈ 4,5 -5,0
6.	Стоимость металлолома, тыс. руб	*На одну единицу техники*		
		≈ 48,0-50,0	≈ 84,0 - 87,0	≈ 72,0 - 75,0
7.	Стоимость металлолома СХТ до 2020 года, млрд руб.	≈ 7,6 - 8,0	≈ 3,0- 3,5	≈ 0,36 - 0,40
Итого стоимость вторичных ресурсов утилизируемой СХТ в виде годных восстановленных деталей и металлолома до 2020 года, млрд руб.		≈ 88,0 -90,0	≈ 38,0 - 40,0	≈ 5,0-5,4

ны зерноуборочные и кормоуборочные. Утилизация. Порядок проведения» в связи с расширением области применения и дополнением положений стандарта.

Положения стандарта регламентируют взаимоотношения между участниками системы утилизации комбайнов – потребителями и специализированными предприятиями различных форм собственности, осуществляющими утилизацию комбайнов и их сборочных единиц, но не содержат описание самих технологических процессов переработки отходов утилизации комбайнов.

В проект межгосударственного стандарта:

- внесен перечень обязательных регламентных работ, направленных на безопасность проведения технологических операций по утилизации сельскохозяйственной техники, в т. ч. комбайнов;

- разработаны регламентирующие документы: акты на сдачу в утилизацию полнокомплектной единицы комбайна и его сборочных единиц; акт о техническом состоянии комбайнов, выведенных из эксплуатации;

- приведены критерии предельного состояния комбайна и его сборочных единиц;

- приведены варианты создания цехов (участков) утилизации сельхозтехники (комбайнов) на базе предприятий инженерной службы АПК с необходимой нормативно-технической документацией: технологическая планировка, перечень оборудования, расчет размеров и производственных мощностей цехов (участков), расчет минимального количества рабочих, занятых утилизацией сельхозтехники (комбайнов);

- разработана система оптимизации процессов проведения утилизации сельхозтехники (комбайнов) и приведены способы проведения утилизации комбайнов на сервисных предприятиях и в агрохозяйствах, удаленных на 150 и более километров от специализированных предприятий инженерной службы АПК за счет использования «Машины утилизации техники» (патент на полезную модель № 176882 от 31.01.2018 г. ФНАЦ ВИМ).

Перечень структурных элементов стандарта привели в *таблице* 2.

Отдельное внимание заслуживают изложенные требования и рекомендуемые положения по способам планировки участка по утилизации сельскохозяйственной техники, в т. ч. зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов, и приведенные соответствующие перечни технологического оборудования участка по утилизации комбайнов.

Таблица 2

Содержание проекта ГОСТ «Комбайны зерноуборочные и кормоуборочные. Утилизация. Порядок проведения. Технические условия»

Структурный элемент	Заголовок структурного элемента
1	Область применения
2	Нормативные ссылки
3	Термины, определения и обозначения
4	Общие положения
5	Технические требования проведения процессов утилизации
Приложение А (обязательное)	Акт на сдачу в утилизацию полнокомплектной единицы комбайна
Приложение Б (обязательное)	Акт на сдачу в утилизацию сборочных единиц комбайна
Приложение В (обязательное)	Критерии предельного состояния комбайна и его сборочных единиц при сдаче в утилизацию
Приложение Г (справочное)	Акт о техническом состоянии комбайна и его сборочных единиц, передаваемых в утилизацию
Приложение Д (справочное)	Требования к цехам (участкам) утилизации комбайнов на базе предприятий инженерной службы агропромышленного комплекса
Приложение Е (справочное)	Расчет размеров и производственных мощностей цеха (участка) по утилизации комбайнов
Приложение Ж (справочное)	Расчет минимального количества рабочих в цеху (участке), занятых утилизацией комбайнов
Приложение И (справочное)	Основные технические показатели и условия проведения утилизационных работ с использованием передвижных модулей на базе грузовых транспортных средств
Приложение К (справочное)	Варианты (способы) проведения утилизации комбайнов на сервисных предприятиях инженерной структуры агропромышленного комплекса
Библиография	

Внедрение стандарта позволит сформировать в агропромышленных комплексах ресурсосберегающие экологоориентированные системы утилизации комбайнов; выполнять и соблюдать требования Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 010/2011 «О безопасности машин и оборудования».

Выводы. Анализ, проведенный в статье, подтверждает необходимость создания в инженерной службе АПК ресурсосберегающей экологоориентированной системы утилизации СХТ, в том числе комбайнов зерноуборочных и кормоуборочных.

Наличие необходимой НТД, в том числе и ГОСТ

«Комбайны зерноуборочные и кормоуборочные. Утилизация. Порядок проведения Технические условия», а также необходимого оборудования и оснастки для проведения утилизационных процессов, обеспечат переход этого направления инженерной службы АПК в высокодоходную подотрасль.

Выполнение регламентных требований и техники безопасности при проведении утилизации, изложенные в ГОСТ «Комбайны зерноуборочные и кормоуборочные. Утилизация. Порядок проведения. Технические условия», обеспечат оптимальные результаты по получению вторичных ресурсов и сохранению экологической безопасности окружающей среды.

Библиографический список

1. Казакова В.А. Гармонизация стандартов как перспектива развития стандартизации в области технического сервиса // Технический сервис машин. 2021. Т. 59. N3(144). С. 40-48.

2. Казакова В.А., Костомахин М.Н., Ивлева И.Б., Семенова Т.А. Инновациям – воплощение в реальность // Техническое обеспечение сельского хозяйства. 2020. N1(2). С.115-121.

3. Костомахин М.Н., Казакова В.А. Повышение качества проведения сертификации в АПК // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. 2020. N4. С. 42-45.

4. Казакова В.А., Герасимов В.С. Стандарт по утилизации тракторов // Технический сервис машин. 2022. Т. 60. N4(149). С. 21-28.

5. Казакова В.А., Герасимов В.С. Стандарт на порядок проведения утилизации тракторов // Стандарты и качество. 2022. N12(1026). С. 46-50.

6. Герасимов В., Игнатов В., Пехальский И., Макуев В., Сиротов А. Экологические аспекты при проведении утилизации самоходной техники // Экология и промышленность России. 2018. N22(4). С. 31-37.

7. Игнатов В.И., Дорохов А.С., Трофименко Ю.В., Герасимов В.С., Петров Р.Л. Современные тенденции формирования системы рециклинга техники. М.: Перо. 2019. 557 с.

8. Игнатов В.И., Катаев Ю.В., Герасимов В.С., Мишина З.Н. Формирование ресурсосберегающей экологоориентированной системы утилизации «Сельхозрециклинг». М.: Редакция журнала «Механизация и электрификация сельского хозяйства». 2021. 152 с.

9. Катаев Ю.В., Герасимов В.С., Тишанинов И.А., Мордасова М.С. Создание в АПК России наукоемкой системы утилизации сельскохозяйственной техники // Технический сервис машин. 2022. Т. 60. N4(149). С. 29- 36.

10. Катаев Ю.В., Герасимов В.С., Тишанинов И.А., Градов Е.А. Применение цифровых технологий при утилизации сельскохозяйственной техники // Современные тенденции развития науки и мирового сообщества в эпоху цифровизации: сборник материалов VIII Международной научно-практической конференции (шифр – МКСТР). М.: ООО «Издательство АЛЕФ». 2022. С. 112-121.

References

1. Kazakova V.A. Garmonizaciya standartov kak perspektiva razvitiya standartizacii v oblasti tekhnicheskogo servisa [Harmonization of standards as a perspective for the development of standardization in the field of technical service]. Tekhnicheskiy servis mashin. 2021. Vol. 59. N3(144). 40-48 (In Russian).

2. Kazakova V.A., Kostomakhin M.N., Ivleva I.B., Semenova T.A. Innovaciyam – voploshchenie v real'nost' [Innovations into reality]. Tekhnicheskoye obespecheniye sel'skogo khozyaystva. 2020. N1(2). 115-121 (in Russian).

3. Kostomakhin M.N., Kazakova V.A. Povyshenie kachestva provedeniya sertifikacii v APK [Improving the certification quality in the agro-industrial complex]. Sel'skokhozyaystvennaya tekhnika: obsluzhivaniye i remont. 2020. N4. 42-45 (In Russian).

4. Kazakova V.A., Gerasimov V.S. Standart po utilizacii traktorov [Standard for the utilization of tractors]. Tekhnicheskiy servis mashin. 2022. Vol. 60. N4(149). 21-28 (In Russian).

5. Kazakova V.A., Gerasimov V.S. Standart na poryadok provedeniya utilizacii traktorov [Standard for the recycling of tractors]. Standarty i kachestvo. 2022. N12(1026). 46-50 (In Russian).

6. Gerasimov V., Ignatov V., Pekhalsky I., Makuev V., Sirotov A. Ekologicheskie aspekty pri provedenii utilizacii samohodnoj tekhniki [Environmental aspects during the disposal of self-propelled equipment]. Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2018. N22(4). 31-37 (In Russian).

7. Ignatov V.I., Dorokhov A.S., Trofimenko Yu.V., Gerasimov V.S., Petrov R.L. Sovremennye tendencii formirovaniya sistemy reciklinga tekhniki [Modern trends in the formation of a technology recycling system]. Moscow: Pero. 2019. 557 (In Russian).

8. Ignatov V.I., Kataev Yu.V., Gerasimov V.S., Mishina Z.N. Formirovanie resursosberegayushchej ekologo-orientirovannoj sistemy utilizacii «Sel'hozrecikling». [Resource-saving ecological-oriented recycling system «Agricultural Recycling»]. Moscow: Redaktsiya zhurnala «Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva». 2021. 152 (In Russian).

9. Kataev Yu.V., Gerasimov V.S., Tishaninov I.A., Mordasova M.S. Sozdanie v APK Rossii naukoemkoj sistemy utilizacii sel'skohozyajstvennoj tekhniki [Building a knowledge-intensive system for the utilization of agricultural machinery in the agro-industrial complex of Russia]. Tekhnicheskiy servis mashin. 2022. Vol. 60. N4(149). 29-36 (In Russian).

10. Kataev Yu.V., Gerasimov V.S., Tishaninov I.A., Gradov E.A. Primenenie cifrovyh tekhnologij pri utilizacii

sel'skohozyajstvennoj tekhniki [The use of digital technologies in the utilization of agricultural machinery]. Sovremennyye tendentsii razvitiya nauki i mirovogo soobshchestva v epokhu tsifrovizatsii: sbornik materialov VIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (shifr – MKSTR). Moscow: OOO «Izdatel'stvo ALEF». 2022. 112-121 (In Russian).

Заявленный вклад соавторов

Казакова В.А. – подготовка и анализ текста, доработка текста, подготовка литературных данных, доработка библиографического списка; Герасимов В.С. – научное руководство, анализ и редактирование текста, анализ литературных данных, подготовка библиографического списка

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Contributions of the coauthors

Kazakova V.A. – preparation and analysis of the manuscript, revision of the manuscript, preparation of literature data, revision of the bibliographic list; Gerasimov V.S. – scientific guidance, analysis and editing, literature analysis, preparation of bibliographic list.

All the authors have read and approved the final manuscript.

DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-46-50 CC BY УДК 631.3

Повышение качества машин и оборудования на основе фирменного технического сервиса

Леонид Иванович Кушнарев, доктор технических наук, профессор, e-mail: kushnarevl@mail.ru

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

Реферат. *Работа направлена на решение проблем импортонезависимости и импортозамещения в технической сфере на основе повышения качества, надежности и эффективности машин и оборудования российского производства, обеспечения их работоспособности в процессе использования по прямому назначению. (Цель исследования) Повысить качество, надежность и эффективность машин и оборудования российского производства на основе разработки и внедрения фирменного метода технического сервиса машин и оборудования. (Материалы и методы) Основные методы исследования в работе: сравнительных оценок, анализа и синтеза результатов обследования эксплуатационной надежности машин и оборудования сельскохозяйственного назначения в условиях реальной эксплуатации. Изучали и анализировали в процессе исследования показатели надежности и эффективности технологических машин и оборудования отечественного и импортного производства для агропромышленного комплекса, проводили их сравнительные оценки, устанавливали причины отказов и продолжительность простоев при устранении их последствий. (Результаты и обсуждение) Отметили, что основные результаты организационно-технологических исследований направлены на полное удовлетворение потребностей машинно-технологичных производств в качественной и надежной технике. Выявили главную проблему в этом направлении – повышение уровня надежности отечественных машин и оборудования и, в первую очередь, безотказности, которая значительно ниже лучших мировых аналогов. (Выводы) Обеспечение фирменного инженерно-технического сопровождения машин и оборудования в течение всего жизненного цикла машин служит обязательным условием решения проблемы повышения их качества и надежности, обеспечения приоритета прав потребителя. Ожидаемая эффективность от внедрения результатов исследования на предприятиях агропромышленного комплекса Российской Федерации может быть получена за счет уменьшения простоев машин и оборудования по техническим причинам.*

Ключевые слова: *машины, оборудование, импортонезависимость, импортозамещение, конкурентоспособность, надежность, эффективность.*

Для цитирования: *Кушнарев Л.И. Повышение качества машин и оборудования на основе фирменного технического сервиса // Технический сервис машин. 2023. Т. 61. N3(152). С. 46-50. DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-46-50. JCTHPO.*

Improving the quality of machinery and equipment based on a proprietary technical service

Leonid I. Kushnarev, Dr.Sc.(Eng.), professor

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The work is aimed at solving the problems of import dependence and import substitution in the technical sphere on the basis of improving the quality, reliability and efficiency of Russian-made machines and equipment, ensuring their operability during use for their intended purpose. (Research purpose) The research purpose is improving the quality, reliability and efficiency of Russian-made machinery and equipment based on the development and implementation of a proprietary method of technical service of machinery and equipment. (Materials and methods) The main research methods of the work: comparative assessments, analysis and synthesis of the results of the survey of the operational reliability of agricultural machinery and*

equipment in real operation. In the course of the study, the reliability and efficiency indicators of technological machines and equipment of domestic and imported production for the agro-industrial complex were studied and analyzed, their comparative assessments were carried out, the causes of failures and the duration of downtime were established when eliminating their consequences. (Results and discussion) It was noted that the main results of organizational and technological research are aimed at fully satisfying the needs of machine-technological industries in high-quality and reliable equipment. We have identified the main problem in this direction – increasing the level of reliability of domestic machinery and equipment and, first of all, reliability, which is significantly lower than the best world analogues. (Conclusions) Providing branded engineering and technical support of machines and equipment throughout the entire life cycle of machines is a prerequisite for solving the problem of improving their quality and reliability, ensuring the priority of consumer rights in the fight for the consumer. The expected efficiency from the implementation of the research results at the enterprises of the agro-industrial complex of the Russian Federation can be obtained by reducing downtime of machinery and equipment for technical reasons.

Keywords: *machinery, equipment, import dependence, import substitution, competitiveness, reliability, efficiency.*

For citation: *Kushnarev L.I. Povysheniye kachestva mashin i oborudovaniya na osnove firmennogo tekhnicheskogo servisa [Improving the quality of machinery and equipment based on a proprietary technical service]. Tekhnicheskiy servis mashin. 2023. Vol. 61. N3(152). 46-50 (In Russian). DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-46-50. JCTHPO.*

Импортонезависимость, импортозамещение и конкурентоспособность, ресурсосбережение, модернизация и диверсификация производства – это совокупность проблем и стратегических направлений инновационного технологического развития многих отраслей и сфер отечественной экономики. Их решение напрямую зависит от достигнутого уровня качества продукции производственно-технического назначения. В настоящее время остро стоит проблема повышения качества отечественной продукции до уровня лучших мировых образцов-аналогов и, в первую очередь, это относится к продукции машиностроения, обеспечивающей машинами и оборудованием машинно-технологичные производства многих отраслей и комплексов. От технического уровня, качества изготовления и эксплуатационной надежности выпускаемых машин и оборудования зависят стабильность и эффективность производственных процессов, издержки производства и качество производимой продукции и, как следствие, конкурентоспособность и спрос на рынке техники [1-3].

Цель исследования – повысить качество, надежность и эффективность машин и оборудования российского производства на основе разработки и внедрения фирменного метода технического сервиса машин и оборудования.

Материалы и методы. Основные методы исследования в работе следующие: сравнительных оценок, анализа и синтеза результатов обследования эксплуатационной надежности машин и оборудования сельскохозяйственного назначения в условиях реальной эксплуатации. В процессе исследования изучали и анализировали показатели надежности и эффективности технологических машин и оборудования для АПК отечественного и импортного производства, проводили их сравнительные оценки, устанавливали причины отказов и продолжительность простоев при устранении их последствий.

Результаты и обсуждение. Результаты организационно-технологических исследований показывают, что только полное удовлетворение потребностей машинно-технологичных производств в качественной и надежной технике, обеспечение ее фирменного технического сопровождения в течение всего жизненного цикла машин служит обязательным условием решения проблемы повышения их качества и надежности и обеспечения приоритета прав потребителя в борьбе за потребителя [4-6].

Участие и управление процессами технического сервиса машин и оборудования при фирменном инженерно-техническом сопровождении в течение всего жизненного цикла обеспечивает фирма-производитель техники. Наличие достоверной информации о реальном состоянии ее качественного уровня и эксплуатационной надежности напрямую влияют на потребительский спрос по конкретным типам и маркам машин и на уровень рыночных цен. Потребители, приобретая машины, хотят знать величину эксплуатационных затрат и себестоимость производимых с помощью этих машин и оборудования продукции, работ и услуг. Кроме того, от надежности машин и оборудования зависит количество и продолжительность их простоев по техническим причинам, стабильность и своевременность производственных и технологических процессов, качество производимой продукции. Учитывая многогранные характеристики и свойства машиностроительной продукции,

развитие машинных технологий во многих отраслях экономики и сферах производства, составляющих единый производственно-экономический комплекс страны, целесообразность повышения качества и конкурентоспособности продукции машиностроения производственно-технического назначения представляет собой общегосударственную стратегическую задачу.

Главная проблема в этом направлении заключается в повышении уровня надежности отечественных машин и оборудования и, в первую очередь, безотказности, которая значительно ниже лучших мировых аналогов. Основным средством для достижения поставленной цели становится фирменный метод инженерно-технического сервиса (сопровождения) выпускаемой машиностроительной продукции в течение всего жизненного цикла машин и оборудования. При его реализации фирма-производитель сможет ознакомиться с достоверной информацией о реальной надежности выпускаемых машин и оборудования. Это создает условия для своевременного и быстрого устранения не только последствий их возникновения, но и вообще их исключения за счет оперативного совершенствования конструктивных элементов машин [7-9].

Практическая реализация фирменного метода технического сервиса требует совершенствования существующей производственно-технологической системы машиностроительных предприятий или объединений, строящих свою деятельность на технологических принципах современных фирм. Это, в свою очередь, потребует инновационного развития форм и методов организации технического сервиса, разработки организационно-технологических и экономических основ и критериев оценки повышения качества, надежности и эффективности машин и оборудования, внедрения перспективных механизмов взаимоотношений в системе машиноиспользования в течение всего жизненного цикла [10-13].

Переход системы на фирменное инженерно-техническое сопровождение (фирменный технический сервис) и внедрение экономического механизма взаимоотношений устанавливают критерии оценки качества машин и оборудования и уровня их эксплуатации, полную экономическую ответственность изготовителя или потребителя за необеспечение работоспособности машин по причине низкой надежности или нарушения требований эксплуатации. Структуры технического сервиса, инженерно-технические центры, представляющие интересы фирм-производителей непосредственно перед потребителями техники должны стать заинтересованными в повышении качества и надежности продукции. На постоянное повышение качества машин должен быть направлен механизм ценообразования на технику; также важно обеспечение работоспособности, стимулирующей стремление изготовителя выпускать более качественную и надежную технику.

Наличие сети инженерно-технических центров изготовителя приближает предлагаемые машины и оборудование к потребителю, обеспечивает их рекламу, способствует изучению спроса и предложений на машины, оборудование и услуги по монтажу, консалтингу, обеспечению работоспособности и т. д., что позволяет провести оптимальную диверсификацию производства, также направленную на повышение качества и надежности машин и оборудования российского производства.

Основными выходными результатами решаемых проблем данного направления исследований должны стать предлагаемые к разработке и внедрению [12-14]:

- организационно-технологическое проектирование и организация фирмы-производителя машин и оборудования;
- организационно-технологическое проектирование и организация сети центров технического сервиса машин и оборудования фирмы-производителя;
- разработка, адаптация и внедрение системы повышения качества и надежности машин и оборудования фирмы-производителя;
- разработка, адаптация и внедрение механизма взаимоотношений между производственными, обслуживающими и эксплуатирующими машины и оборудование структурами (предприятиями);
- разработка методических основ функционирования и экономического регулирования в деятельности предлагаемой системы повышения качества и надежности выпускаемых фирмой машин и оборудования.

Экономическая эффективность практической реализации полученных результатов исследования для производителя техники, машин и оборудования может быть обеспечена при комплексной его реализации за счет:

- повышения уровня конкурентоспособности машин и оборудования путем повышения качества изготовления и надежности;
- увеличения объемов реализации машиностроительной продукции за счет роста конкурентоспособности;
- возможности обоснованного увеличения цен на более качественные и надежные машины и оборудование;
- диверсификации деятельности производителей техники в направлении развития рынка услуг технического сервиса;
- обеспечения прямой связи между производителем и потребителем машин и оборудования для решения задач повышения их качества и надежно-

сти, своевременного обеспечения запчастями и ремтехматериалами, повышения уровня работоспособности и т. д.;

- обеспечения мониторинга рынка техники и услуг, их качества и надежности, изучения реальных потребностей и требований потребителей к технике и техническому сервису;

- экономии и рационального использования всех видов производственно-технических ресурсов за счет производства качественной и надежной техники.

Выводы. Необходимо обеспечить реорганизацию существующей системы машиностроительного производства обособленных заводов-изготовителей техники в фирменную производственно-технологическую систему (фирмы). Разработать и внедрить фирменную систему технического сервиса машин и оборудования, а также организационно-экономические механизмы повышения качества, надежности и эффективности российской техники.

Библиографический список

1. Черноиванов В.И., Северный А.Э., Кушнарев Л.И. [и др.]. Проблемы технического сервиса в АПК России. М.: ГОСНИТИ. 2000. 309 с.

2. Канчавели А.Д., Колобов А.А., Омельченко И.Н. [и др.]. Стратегическое управление организационно-экономической устойчивостью фирмы. Логистико-ориентированное проектирование бизнеса / под ред. А.А. Колобова, И.Н. Омельченко. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2001. 600 с.

3. Чепурина Е.Л. Состояние организации технического сервиса машин и оборудования животноводства // Международный технико-экономический журнал. 2013. N4. С. 61-66.

4. Чепурина Е.Л., Кушнарёв С.Л. Организация фирменного технического сервиса с.-х. техники // Тракторы и сельхозмашины. 2013. N10. С. 3-4.

5. Чепурина Е.Л. Направления повышения конкурентноспособности отечественных машин и оборудования животноводства // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2017. N7. С. 3-7.

6. Кушнарев Л.И. Фирменный технический сервис машин и оборудования. Проблемы. Поиски. Решения. Saarbrucken: Palmarium Academic Publishing. 2014. 210 с.

7. Кушнарев Л.И. К решению проблемы повышения конкурентоспособности отечественной техники // Ремонт, восстановление, модернизация. 2017. N5. С. 3-8.

8. Кушнарев Л.И., Чепурина Е.Л., Чепурин А.В., Кушнарев С.Л. Качество и надежность отечественной техники – основа ее конкурентоспособности // Тракторы и сельхозмашины. 2015. N11. С. 35-37.

9. Кушнарев Л.И., Алешин В.Ф. Повышение конкурентоспособности машиностроения // Тракторы и сельхозмашины. 2019. N6. С. 79-86.

10. Хабардин В.Н. Проблемы и концепция технического обслуживания машин в сельском хозяйстве. Иркутск: Изд-во ИрГАУ. 2020. 124 с.

11. Кушнарев Л.И., Чепурина Е.Л., Кушнарев С.Л., Чепурин А.В. Модернизация системы технического сервиса аграрно-промышленного комплекса / под общей ред. Л.И. Кушнарева. М.: Издательство журнала «МЭСХ». 2015. 450 с.

12. Кушнарев С.Л. Принципы организации фирменного обслуживания сельскохозяйственной техники // Ремонт, восстановление. модернизация. 2004. N1. С. 35-37.

13. Чепурина Е.Л. Состояние организации технического сервиса машин и оборудования животноводства // Международный технико-экономический журнал. 2013. N4. С. 61-67.

14. Чепурина Е.Л., Кушнарев Л.И. Роль и место производителей сельхозтехники в фирменном техническом сервисе // Техника и оборудование для села. 2013. N7. С. 38-40.

References

1. Chernoivanov V.I., Severnyy A.E., Kushnarev L.I. [et al.]. Problemy tekhnicheskogo servisa v APK Rossii [Problems of technical service in the agro-industrial complex of Russia]. Moscow: GOSNITI. 2000. 309 (In Russian).

2. Kanchaveli A.D., Kolobov A.A., Omel'chenko I.N. [et al.]. Strategicheskoye upravleniye organizatsionno-ekonomicheskoy ustoychivost'yu firmy. Logistiko-oriyentirovannoye proyektirovaniye biznesa [Strategic management of organizational and economic stability of the company. Logistics-oriented business design] / Ed. by A.A. Kolobov, I.N. Omel'chenko. Moscow: MGTU im. N.E. Baumana. 2001. 600 (In Russian).

3. Chepurina E.L. Sostoyaniye organizatsii tekhnicheskogo servisa mashin i oborudovaniya zhivotnovodstva [The state of technical service of livestock machinery and equipment]. Mezhdunarodnyy tekhniko-ekonomicheskiy zhurnal. 2013. N4. 61-66 (In Russian).

4. Chepurina E.L., Kushnarev S.L. Organizatsiya firmennogo tekhnicheskogo servisa s.-kh. tekhniki [Organization of branded technical service of agricultural machinery]. Traktory i sel'khozmashiny. 2013. N10. 3-4 (In Russian).

5. Chepurina E.L. Napravleniya povysheniya konkurentnosposobnosti otechestvennykh mashin i oborudovaniya zhivotnovodstva [Directions of increasing the competitiveness of domestic livestock machinery and equipment]. Remont. Vosstanovleniye. Modernizatsiya. 2017. N7. 3-7 (In Russian).

6. Kushnarev L.I. Firmennyy tekhnicheskiy servis mashin i oborudovaniya [Branded technical service of machinery and equipment]. Problemy. Poiski. Resheniya. Saarbrucken: Palmarium Academic Publishing. 2014. 210 (In Russian).

7. Kushnarev L.I. K resheniyu problemy povysheniya

konkurentosposobnosti otechestvennoy tekhniki [Solving the problem of increasing the competitiveness of domestic technology]. Remont, vosstanovleniye, modernizatsiya. 2017. N5. 3-8 (In Russian).

8. Kushnarev L.I., Chepurina E.L., Chepurin A.V., Kushnarev S.L. Kachestvo i nadezhnost' otechestvennoy tekhniki – osnova eye konkurentosposobnosti [The quality and reliability of domestic equipment as the basis of its competitiveness]. Traktory i sel'khozmashiny. 2015. N11. 35-37 (In Russian).

9. Kushnarev L.I., Aleshin V.F. Povysheniye konkurentosposobnosti mashinostroyeniya [Improving the competitiveness of mechanical engineering]. Traktory i sel'khozmashiny. 2019. N6. 79-86 (In Russian).

10. Khabardin V.N. Problemy i kontseptsiya tekhnicheskogo obsluzhivaniya mashin v sel'skom khozyaystve [Problems and the concept of machine maintenance in agriculture]. Irkutsk: Izd-vo IrGAU. 2020. 124 (In Russian).

11. Kushnarev L.I., Chepurina E.L., Kushnarev S.L., Chepurin A.V. Modernizatsiya sistemy tekhnicheskogo servisa agrarno-promyshlennogo kompleksa [Modernization of the technical service system of the agricultural and industrial complex] / Ed. by L.I. Kushnarev. Moscow: Izdatel'stvo zhurnala «M·ESKh». 2015. 450 (In Russian).

12. Kushnarev S.L. Printsipy organizatsii firmennogo obsluzhivaniya sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Principles of organization of branded service of agricultural machinery]. Remont, vosstanovleniye. modernizatsiya. 2004. N1. 35-37 (In Russian).

13. Chepurina E.L. Sostoyaniye organizatsii tekhnicheskogo servisa mashin i oborudovaniya zhivotnovodstva [The state of the technical service of livestock machinery and equipment]. Mezhdunarodnyy tekhniko-ekonomicheskiy zhurnal. 2013. N4. 61-67 (In Russian).

14. Chepurina E.L., Kushnarev L.I. Rol' i mesto proizvoditeley sel'khoztekhniki v firmennom tekhnicheskom servise [The role and place of agricultural machinery manufacturers in the company's technical service]. Tekhnika i oborudovaniye dlya sela. 2013. N7. 38-40 (In Russian).

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

The author have read and approved the final manuscript.

DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-51-56 CC BY УДК 631.372:629.114.2

Разработка и использование модульного подогревателя двигателя внутреннего сгорания для многоцелевых автомобилей

[1]Александр Викторович Кучер, аспирант;
[1]Александр Валерьевич Замятин, инженер;
[2]Сергей Васильевич Щитов, доктор технических наук, профессор, e-mail: shitov.sv1955@mail.ru;
[2]Евгений Евгеньевич Кузнецов, доктор технических наук, доцент

[1]Дальневосточное высшее общевойсковое командное ордена Жукова училище им. Маршала Советского Союза К.К. Рокоссовского, г. Благовещенск, Российская Федерация
[2]Дальневосточный государственный аграрный университет, г. Благовещенск, Российская Федерация

Реферат. *Эксплуатация энергетических средств в зимний период, характеризующийся низкими температурами окружающего воздуха, достигающими показателей минус 50 градусов Цельсия, требует адаптации энергетических средств для работы в подобных условиях. С понижением температуры окружающего воздуха ухудшается испаряемость бензинов, изменяются условия воспламенения рабочей смеси в цилиндрах дизельных автомобилей, увеличивается расход электроэнергии аккумуляторных батарей при запуске холодного двигателя. (Цель исследования) Провести патентный поиск и создать надежное, высокоэффективное термоэлектрическое подогревающее устройство с низкой стоимостью, позволяющее улучшить эксплуатационные показатели энергетического средства (автомобиля) при работе в зимних условиях. (Материалы и методы) Исследовали автомобиль КамАЗ-55111, адаптированный к низкотемпературным условиям использования, с установленным термоэлектрическим подогревающим модулем. Испытания проводили по общепринятым общим и частным методикам с использованием специализированных программ математического вычисления, моделирования эксперимента и методов регрессионного анализа. (Результаты и обсуждение) Определили, что при работе двигателя отработанные газы нагревают выхлопную трубу и поверхность установленного на нее устройства с элементом Пельтье. При движении транспортного средства, потоком холодного воздуха увеличивается разница температур, что обеспечивает увеличение электрической энергии для зарядки тяговой щелочной батареи, затем через контроллер к электронагревательному элементу для подогрева и поддержания оптимальной температуры рабочих жидкостей и узлов автомобиля. Выявили, что время нагрева рабочей жидкости гидроцилиндра от минус 40 до плюс 30 градусов Цельсия составило 0,5 часа. (Выводы) Предлагаемое устройство позволило осуществить подогрев и поддержание оптимальной температуры пуска двигателей. За 0,5 часа получили экономический эффект в размере 38,5 тысяч рублей.*

Ключевые слова: *термоэлектрический модульный подогреватель, двигатель внутреннего сгорания, эффект Пельтье, зимние условия эксплуатации, мобильное энергетическое средство.*

Для цитирования: *Кучер А.В., Замятин А.В., Щитов С.В., Кузнецов Е.Е. Разработка и использование модульного подогревателя двигателя внутреннего сгорания для многоцелевых автомобилей // Технический сервис машин. 2023. Т. 61. N3(152). С. 51-56. DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-51-56. PXZOBF.*

Development and use of a modular heater of internal combustion engine for multi-purpose vehicles

[1]Aleksandr V. Kucher, postgraduate;
[1]Aleksandr V. Zamyatin, engineer;
[2]Sergey V. Shchitov, Dr.Sc.(Eng.), professor;
[2]Evgeniy E. Kuznetsov, Dr.Sc.(Eng.), assistant professor;

[1]Far Eastern Higher Combined Arms Command Order of Zhukov School named after Marshal of the Soviet Union K.K. Rokossovsky, Blagoveshchensk, Russian Federation
[2]Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russian Federation

Abstract. *The operation of power facilities in winter, characterized by low ambient temperatures reaching minus 50 degrees Celsius, requires their adaptation to work in such conditions. With a decrease in the ambient temperature, the vaporization of gasoline also worsens, the ignition conditions of the working mixture in the cylinders of diesel cars change, the power consumption of batteries increases when starting a cold engine. (Research purpose) The research purpose is conducting a patent search and creating a reliable, highly efficient thermoelectric heating device with a low cost, which allows improving the performance of a power vehicle (car) working in winter conditions. (Materials and methods) The KamAZ-55111 car, adapted to low-temperature conditions of use, with a thermoelectric heating module installed, was studied. The tests were carried out according to generally accepted general and particular methods using specialized mathematical calculation programs, experimental modeling and regression analysis methods. (Results and discussion) It was determined that when the engine is running, the exhaust gases heat the exhaust pipe and the surface of the device installed on it with the Peltier element. When the vehicle is moving, the temperature difference increases with the flow of cold air, which provides an increase in electrical energy for charging the traction alkaline battery, then through the controller to the electric heating element for heating and maintaining the optimal temperature of the working fluids and components of the car. It was found that the heating time of the hydraulic cylinder working fluid from minus 40 to plus 30 degrees Celsius was 0.5 hours. (Conclusions) The proposed device made it possible to warm up and maintain the optimal engine start temperature. In 0.5 hours, we received an economic effect in the amount of 38.5 thousand rubles.*

Keywords: *thermoelectric modular heater, internal combustion engine, Peltier effect, winter operating conditions, mobile power facility.*

For citation: *Kucher A.V., Zamyatin A.V., Shchitov S.V., Kuznetsov E.E. Razrabotka i ispol'zovaniye modul'nogo podogrevatelya dvigatelya vnutrennego sgoraniya dlya mnogotselevykh avtomobiley [Development and use of a modular heater of internal combustion engine for multi-purpose vehicles]. Tekhnicheskiy servis mashin. 2023. Vol. 61. N3(152). 51-56 (In Russian). DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-51-56. PXZOBF.*

Запуск двигателя при низких внешних температурах, движение с непрогретой силовой установкой, трансмиссионными узлами и агрегатами приводит к повышенному износу взаимодействующих и трущихся механических пар. В связи с чем снижение общего технического ресурса автомобиля из-за потерь от ускоренного износа может достигать 15% ресурса и более.

Один из эффективных способов решения данной проблемы заключается в установке дополнительных подогревающих устройств, способных снизить отрицательное воздействие на узлы и агрегаты при эксплуатации энергетических средств в зимний период использования. Предлагаемые мобильные подогревающие устройства подразделяются на три основные группы: общего назначения, северного исполнения и многоцелевого назначения, при этом при эксплуатации в зимний период времени рекомендуются две последних категории.

Кроме этого, подогревающие устройства между собой подразделяются еще по ряду признаков: по используемому топливу (дизельные, бензиновые); нагреваемому носителю (воздушные, жидкостные); циркуляции (принудительная, термосифонная); разновидности образования и сгорания топливной смеси, материала и типа теплообменника, способа его установки; по питанию; по производительности и назначению. Промышленностью выпускается большое разнообразие двигателей, устанавливаемых на энергетические средства, которые отличаются объемом, количеством цилиндров, а следовательно, очень трудно подобрать универсальное подогревающее устройство, которое подойдет абсолютно на любой двигатель.

Вопросы повышения работоспособности, безотказности, долговечности и эффективности транспортной техники рассматривались авторами [1-3]. При этом всеми учеными отмечается, что за счет адаптации энергетических средств к зимним условиям эксплуатации значительно повышаются износостойкость и технический ресурс.

В ряде работ предлагается вторично использовать теплоту уходящих газов двигателя и в качестве критерия оценки эффективности использования тепла топлива, расходуемого в агрегатах двигатель–трансмиссия использовать эксергетический коэффициент [1, 4, 5].

В связи с вышеизложенным для условий Амурской области, где в зимний период времени температура колеблется от –39 в южных районах до –45-50°С в северных, необходимо адаптировать энергетические средства для работы в этих условиях.

Цель исследования – провести патентный поиск и создать надежное, высокоэффективное термоэлектрическое подогревающее устройство с низкой стоимостью, позволяющее улучшить эксплуатационные показатели энергетического средства (автомобиля) при работе в зимних условиях.

Материалы и методы. В качестве примера вышеназванного устройства, способного подогревать и поддерживать оптимальную температуру рабочих жидкостей дополнительных узлов и агрегатов автомобиля и обеспечивать стабильный запуск ДВС при эксплуатации в условиях низких температур окружающей среды за счет использования тепловой энергии выхлопных газов двигателя, предложили новый модуль, использующий современные технические решения. На энергетическое средство установили термоэлектрический автомобильный подогревающий модуль оригинальной конструкции, обладающий всеми условиями патентоспособности: изобретательским уровнем, промышленной применимостью и новизной, которое позволит добиться значимого и эффективного результата (Ленточный подогреватель топливного фильтра дизельных автомобилей: пат. на полезную модель N 171707 Рос. Федерация / Щитов С.В, Кузнецов Е.Е.; заяв. и патентообл. Дальневосточный гос. агр. университет; заявл. 16.12.2016; опубл. 30.06.2017) (*рис. 1, 2*) [6].

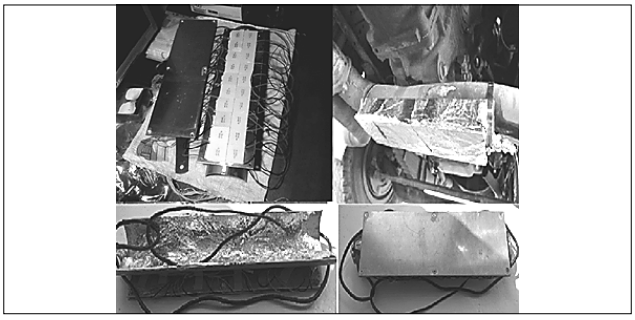


Рис. 1. Опытная модель термоэлектрического автомобильного подогревающего модуля

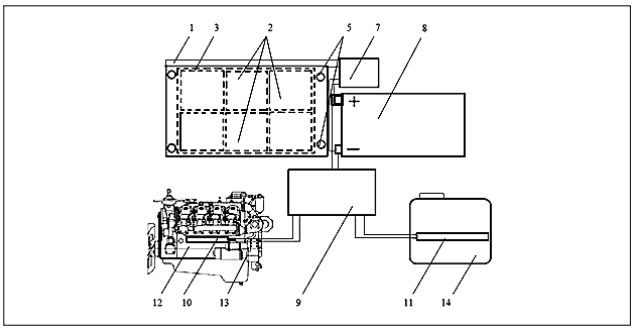


Рис. 2. Принципиальная схема термоэлектрического автомобильного подогревающего модуля: 1 – силовой блок; 2 – термоэлектрические модули Пельтье; 3, 4 – монтажная трубка; 5 – монтажное отверстие; 6 – воздухонаправляющая плоскость; 7 – преобразователь напряжения; 8 – щелочной аккумулятор; 9 – контролер; 10, 11 – электронагревательные элементы; 12 – блок цилиндров (выхлопная труба); 13 – двигатель; 14 – емкость с рабочей жидкостью

Устройство работает следующим образом: при запуске и работе автомобиля происходит нагрев отработавшими газами двигателя выхлопной трубы глушителя и внутренней поверхности установочной муфты энергоблока 1 с закрепленными элементами Пельтье 2, охлаждение элементов Пельтье 2 производится внешней температурой и потоком воздуха, производящего обдув охладителя, имеющего вид тонкостенной алюминиевой трубы 4, при движении автомобиля электрическая энергия, вырабатывая элементами Пельтье 2, проходя через преобразователь напряжения 7 поступает для зарядки тягового щелочного аккумулятора 8, что позволяет своевременно восполнять затрачиваемую энергию, и далее направляется контроллером 9 с таймером на один из электронагревательных элементов 10 или 11, выполняя работу по подогреву и поддержанию оптимальной температуры рабочих жидкостей дополнительных узлов и агрегатов автомобиля при эксплуатации методом передачи тепловой энергии и нагрева емкости 14 с рабочей жидкостью, или давая возможность провести стабильный запуск двигателя внутреннего сгорания при использовании в условиях низких температур путем предпускового разогрева блока цилиндров 12 двигателя 13.

В качестве объекта для проведения исследования по эффективности применения предлагаемого устройства взяли автомобиль КамАЗ-55111, как наиболее часто применяемый в небольших хозяйствах аграрного направления области.

Исследования проводили по общепринятым общим и частным методикам с использованием специализированных программ математического вычисления, моделирования эксперимента и методов регрессионного анализа. При этом фиксировали следующие параметры: напряжение, силу тока, сопротивление, температуру поверхностей агрегатов, температуру рабочих жидкостей. Для замера вышеперечисленных характеристик использовали специализированные приборы и оборудование. Обработку экспериментальных данных, полученных в ходе проведения исследований, проводили известными методами математической статистики с использованием информационных технологий.

Результаты и обсуждение. Проведенные на базе Дальневосточного государственного аграрного университета и ряда крестьянско-фермерских хозяйств области теоретические и экспериментальные исследования по использованию автомобиля КамАЗ-55111 с термоэлектрическим автомобильным подогревающим модулем показали обоснованность и правильность выбранного способа адаптации автомобиля к зимним условиям эксплуатации.

Установили, что при работе двигателя отработанные газы нагревают выхлопную трубу глушителя, а следовательно и внутреннюю поверхность предлагаемого устройства с установленными элементами Пельтье. Элемент Пельте – это термоэ-

лектрический преобразователь, принцип действия которого основан на эффекте Пельтье – возникновении разности температур при протекании электрического тока. При этом их охлаждение осуществляется набегающим потоком холодного воздуха при движении транспортного средства, таким образом максимально увеличивая разницу температур поверхностей элементов Пельтье, что позволяет использовать с наибольшей эффективностью эффект Зеебека – эффект, обратный эффекту Пельтье. Генерируемое элементами электричество заряжает тяговую щелочную батарею и направляется контроллером на один из электронагревательных элементов, установленных в ключевых точках и предназначенных для подогрева и поддержания оптимальной температуры рабочих жидкостей дополнительных узлов и агрегатов автомобиля в процессе эксплуатации. При наступлении теплого времени года термоэлектрический автомобильный подогревающий модуль легко демонтируется.

Результаты исследований и фрагмент проведения испытаний представили на *рисунках 3, 4, 5.*

Рис. 3. Фрагмент проведения испытаний термоэлектрического модуля

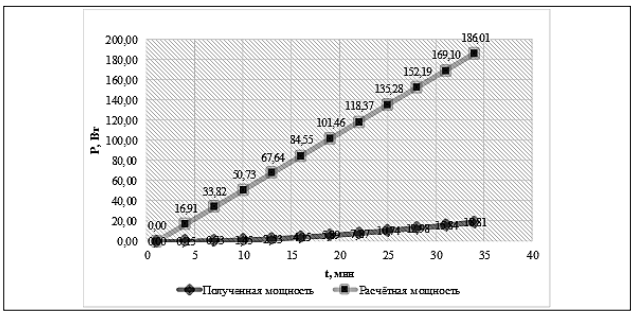


Рис. 4. Зависимость изменения мощности в электрической цепи от времени работы двигателя

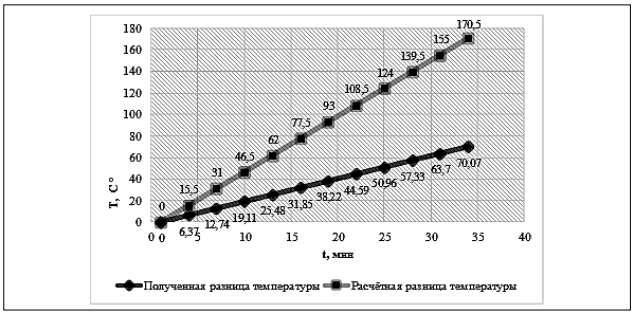


Рис. 5. Зависимость изменения температуры нагрева выхлопной магистрали от времени работы двигателя

В результате проведенных исследований установили, что между температурой нагрева выхлопной трубы и мощностью электрической цепи термоэлектрического подогревателя существует прямо пропорциональная зависимость, свидетельствующая о работоспособности подобранных элементов.

В зимних условиях происходит переохлаждение рабочей жидкости гидроцилиндра, в результате чего увеличивается время подъема кузова автомобиля. Использование предлагаемого устройства позволяет полученную энергию использовать для нагрева рабочей жидкости гидроцилиндра методом нагрева его поверхности, что существенно снижает вязкость гидрожидкости, и, как следствие, уменьшает время, затрачиваемое на разгрузку кузова автомобиля (*рис. 6*).

Рис. 6. Зависимость температуры рабочей жидкости гидроцилиндра от времени работы устройства

Согласно полученным данным время нагрева рабочей жидкости гидроцилиндра от –40 до +30°С составило 0,5 ч, что примерно соответствует времени движения от погрузки до разгрузки при небольших расстояниях перевозки. Использование энергии, полученной от предлагаемого устройства, также можно использовать для подогрева топлива в фильтре грубой очистки. Результаты полевого эксперимента представили на *рисунке 7.*

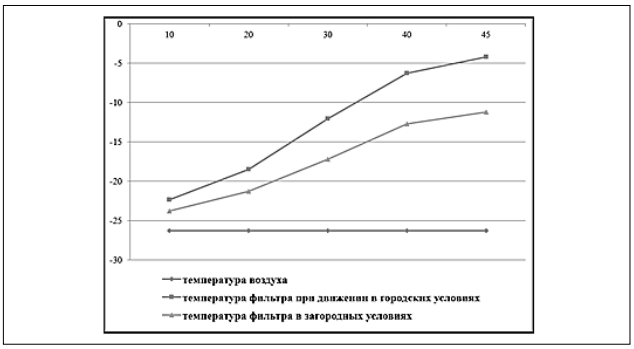


Рис. 7. Зависимость температуры топлива от времени работы устройства

Использование предлагаемого устройства позволяет через 45 мин работы повысить температу-

ру топлива при движении за городом с –24 до –12°С, а при движении в населенных пунктах с –22 до –5°С, что достаточно комфортно для систем питания дизельного двигателя и не вызывает образования парафиносодержащих пленок в топливных магистралях даже при использовании летнего дизельного топлива.

Выводы. Теоретические и экспериментальные исследования, проведенные с системами автомобиля КамАЗ-55111 и термоэлектрическим модулем в зимний период, показали, что применение данного устройства позволяет улучшить эксплуатационные показатели при работе в зимних условиях.

Внедрение полученных результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в технологию транспортно-технологического обеспечения, применяемую в ООО «Союз» Октябрьского района Амурской области за счет адаптации автомобиля КамАЗ-55111 к зимним условиям эксплуатации, позволило получить годовой экономический эффект в размере 38351,5 рублей, а в энергетическом эквиваленте – 28967,8 МДЖ по сравнению с серийным вариантом самосвального автомобиля. Теоретические, экспериментальные исследования и полученные опытные данные не противоречат исследованиям, проведенным в работах, и позволяют сделать вывод, что представленное решение является рациональным при проведении транспортных операций в зимних условиях эксплуатации [3, 5, 7, 8].

Материалы исследований широко используются в транспортно-технологическом обеспечении технологии растениеводства, применяемой в ООО «Союз» Октябрьского района и ряде других крестьянско-фермерских хозяйств Амурской области. При этом внедрение полученных результатов в производство позволило повысить эффективность использования многоцелевых автомобилей и, в частности, КамАЗ-55111 на транспортных работах и получить значительную экономическую выгоду.

Библиографический список

1. Алдошин Н.В., Пехутов А.С. Повышение производительности при перевозке сельскохозяйственных грузов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2012. N4. С. 26-27.

2. Беляев В.И., Вольнов В.В. Ресурсосберегающие технологии возделывания зерновых культур в Алтайском крае. Барнаул: Алтайский ГАУ. 2010. 178 с.

3. Гуськов Ю.А. Совершенствование сборочно-транспортного процесса и технических средств на заготовке грубых кормов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01. Новосибирск. 2007. 211 с.

4. Кузнецов Е.Е., Щитов С.В. Повышение эффективности использования мобильных энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Благовещенск: ДальГАУ. 2017. 272 с.

5. Скурятин Н.Ф., Соловьев Е.В., Соловьёв С.В., Бондарев А.В. Методы оптимизации конструктивных и эксплуатационных параметров тракторных транспортно-технологических агрегатов. М.; Белгород: ООО «Издательско-книготорговый центр Колосс». 2020. С. 129.

6. Кучер А.В., Щитов С.В., Кузнецов Е.Е. Исследования повышения эффективности использования автотранспортного обеспечения агропромышленного комплекса в низкотемпературный период // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2020. N2 (26). С. 70-76.

7. Резник Л.Г. Адаптация автомобилей к суровым климатическим условиям. Тюмень: Тюменский государственный университет. 1978. 71 с.

8. Shchitov S.V., Krivuca Z.F., Kurkov Yu.B., Burmaga A.V., Kuznetsov E.E., Mitrokhina O.P., Popova E.V. Increasing the efficiency of transport and technological complexes used in crop harvesting. Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. Vol. 13. Is. 16.

References

1. Aldoshin N.V., Pekhutov A.S. Povysheniye proizvoditel'nosti pri perevozke sel'skokhozyaystvennykh gruzov [Increasing productivity in the transportation of agricultural goods]. Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva. 2012. N4. 26-27 (In Russian).

2. Belyayev V.I., Vol'nov V.V. Resursosberegayushchiye tekhnologii vozdelyvaniya zernovykh kul'tur v Altayskom kraye [Resource-saving technologies of cultivation of grain crops in the Altai Territory]. Barnaul: Altayskiy GAU. 2010. 178 (In Russian).

3. Gus'kov Yu.A. Sovershenstvovaniye sborochno-transportnogo protsessa i tekhnicheskikh sredstv na zagotovke grubykh kormov: dis. ... d-ra tekhn. nauk: 05.20.01 [Improvement of the assembly and transport process and technical means for the preparation of coarse feed: Dr.Sc. (Eng.) thesis: 05.20.01]. Novosibirsk. 2007. 211 (In Russian).

4. Kuznetsov E.E., Shchitov S.V. Povysheniye effektivnosti ispol'zovaniya mobil'nykh energeticheskikh sredstv v tekhnologii vozdelyvaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Improving the efficiency of mobile energy resources in the technology of cultivation of agricultural crops]. Blagoveshchensk: Dal'nevostochnyj GAU. 2017. 272 (In Russian).

5. Skuryatin N.F., Solov'yev E.V., Solov'yëv S.V., Bondarev A.V. Metody optimizatsii konstruktivnykh i ekspluatatsionnykh parametrov traktornykh transportno-tekhnologicheskikh agregatov [Optimization of design and operational parameters of tractor transport and technological units]. Moscow; Belgorod: OOO «Izdatel'sko-knigotorgovyy tsentr Koloss». 2020. 129 (In Russian).

6. Kucher A.V., Shchitov S.V., Kuznetsov E.E. Issledovaniya povysheniya effektivnosti ispol'zovaniya

avtotransportnogo obespecheniya agropromyshlennogo kompleksa v nizkotemperaturnyy period [Studies on increasing the efficiency of road transport for the agro-industrial complex in the low-temperature period]. Innovatsii v APK: problemy i perspektivy. 2020. N2(26). 70-76 (In Russian).

7. Reznik L.G. Adaptatsiya avtomobiley k surovym klimaticheskim usloviyam [Adapting cars to harsh climatic conditions]. Tyumen': Tyumenskiy gosudarstvennyy universitet. 1978. 71 (In Russian).

8. Shchitov S.V., Krivuca Z.F., Kurkov Yu.B., Burmaga A.V., Kuznetsov E.E., Mitrokhina O.P., Popova E.V. Increasing the efficiency of transport and technological complexes used in crop harvesting. Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. Vol. 13. Is. 16.

Заявленный вклад соавторов

Кучер А.В. – подготовка текста, анализ данных;
Замятин А.В. – подготовка и анализ литературных данных, редактирование текста;
Щитов С.В. – научное руководство, анализ и доработка текста;
Кузнецов Е.Е. – научное руководство, анализ и доработка текста.
Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Contributions of the coauthors

Kucher A.V. – preparation of the manuscript, data analysis;
Zamyatin A.V. – preparation and analysis of literary data, editing the manuscript;
Shitov S.V. – scientific guidance, analysis and revision of the manuscript;
Kuznetsov E.E. – scientific guidance, analysis and revision of the manuscript.
All the authors have read and approved the final manuscript.

DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-57-62 CC BY УДК 631.37

Влияние качества дизельного топлива на ресурс моторного масла и двигателя

[1]Николай Анатольевич Баганов, кандидат технических наук, доцент, e-mail: baganov75@mail.ru;
[1]Дмитрий Иванович Грицай, кандидат технических наук, доцент;
[2]Андрей Игоревич Иванов, специалист направления эксплуатационного мониторинга и технических сервисов ЦТК;
[1]Никита Игоревич Исаев, студент-исследователь;
[1]Артём Евгеньевич Радченко, студент-исследователь

[1]Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь, Российская Федерация
[2]Общество с ограниченной ответственностью «Навигатор Плюс», г. Ставрополь, Российская Федерация

Реферат. *С увеличением наработки машины свойства моторных масел постоянно меняются из-за условий эксплуатации, воздействия различных факторов, давлений и температур, а также фактического состояния систем и механизмов двигателя, которые контактируют с маслом. Для обеспечения бесперебойной работы двигателя внутреннего сгорания необходимо проводить контроль различных показателей масла, в том числе определение металлов износа. (Цель исследования) Определить теоретически влияние качества дизельного топлива на ресурс моторного масла и двигателя. (Материалы и методы) Установили, что повышенный износ контактных пар трения, прежде всего цилиндропоршневой группы и кривошипно-шатунного механизма, начинается при превышении допустимого содержания механических примесей в моторном масле. В основном это прошедшие через фильтр мелкие частички абразивов, которые образуются в части нагара. Отметили, что они представляют собой достаточно твердый абразив и быстро изнашивают поршневые кольца, втулки, подшипники. (Результаты и обсуждение) Выявили, что негативные изменения физико-химических свойств моторного масла, высокая концентрация элементов износа обусловлены применением высокосернистого топлива, концентрация серы которого в применяемом дизельном топливе более чем в 1000 раз превышает допустимые пределы. В связи с этим эффективные, нейтрализующие свойства смазочного материала были исчерпаны в разы быстрее. Отметили, что высокая концентрация серы стала причиной повышенного износа контактных пар трения деталей двигателя. (Выводы) Применение низкосернистого топлива при эксплуатации дизельного двигателя позволит увеличить ресурс масла и двигателя. Годовое число замен масла уменьшится, следовательно, расходы на эксплуатацию автомобиля сократятся. Получение своевременной информации о примесях в моторном масле предупреждает о зарождающихся проблемах в двигателе. Это поможет избежать серьезных ремонтов и больших затрат и приведет к значительной экономии для автопарка.*

Ключевые слова: *моторное масло, ресурс масла, ресурс двигателя, износ, цилиндро-поршневая группа, сернистое дизельное топливо, примеси.*

Для цитирования: *Баганов Н.А., Грицай Д.И., Иванов А.И., Исаев Н.И., Радченко А.Е. Влияние качества дизельного топлива на ресурс моторного масла и двигателя // Технический сервис машин. 2023. Т. 61. N3(152). С. 57-62. DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-57-62. XSQZEM.*

The influence of diesel fuel quality on the resource of engine and engine oil

[1]Nikolay A. Baganov, Ph.D.(Eng.), assistant professor;
[1]Dmitriy I. Gritsay, Ph.D.(Eng.), assistant professor;
[2]Andrey I. Ivanov, specialist in the operational monitoring and technical services;
[1]Nikita I. Isaev, research student;
[1]Artem E. Radchenko, research student

[1]Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russian Federation
[2]Navigator Plus Limited Liability Company, Stavropol, Russian Federation

Abstract. *With an increase in the operating time of the machine, the properties of engine oils are constantly changing due to operating conditions, the effects of various factors, pressures and temperatures, as well as the actual condition of the engine systems and mechanisms that come into contact with the oil. To ensure the smooth operation of the internal combustion engine, it is necessary to monitor various oil indicators, including the determination of wear metals. (Research purpose) The research purpose is theoretically determining the influence of diesel fuel quality on the resource of engine and engine oil. (Materials and methods) It was found that increased wear of contact friction pairs, primarily the cylinder-piston group and the crank mechanism, begins when the permissible content of mechanical impurities in engine oil is exceeded. Basically, these are small particles of abrasives that have passed through the filter, which are formed in part of the carbon. It was noted that they are a fairly hard abrasive and quickly wear out piston rings, bushings, bearings. (Results and discussion) It was revealed that negative changes in the physico-chemical properties of engine oil, a high concentration of wear elements are due to the use of high-sulfur fuel, the sulfur concentration of which in the diesel fuel used exceeds the permissible limits by more than 1000 times. In this regard, the effective, neutralizing properties of the lubricant were exhausted many times faster. It was noted that the high concentration of sulfur caused increased wear of the contact friction pairs of engine parts. (Conclusions) The use of low-sulfur fuel in the operation of a diesel engine will increase the life of the oil and engine. The annual number of oil changes will decrease, therefore, the cost of operating the car will be reduced. Receiving timely information about impurities in engine oil warns of emerging problems in the engine. This will help to avoid serious repairs and high costs and will lead to significant savings for the fleet.*

Keywords: *engine oil, oil resource, engine resource, wear, cylinder-piston group, sulfurous diesel fuel, impurities.*

For citation: *Baganov N.A., Gritsay D.I., Ivanov A.I., Isayev N.I., Radchenko A.E. Vliyaniye kachestva dizel'nogo topliva na resurs motornogo masla i dvigatelya [The influence of diesel fuel quality on the resource of engine and engine oil]. Tekhnicheskiy servis mashin. 2023. Vol. 61. N3(152). 57-62 (In Russian). DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-57-62. XSQZEM.*

Известно, что с увеличением наработки машины свойства моторных масел постоянно меняются из-за условий эксплуатации, воздействия различных факторов, давлений и температур, фактического состояния систем и механизмов двигателя, которые контактируют с маслом [1-3].

Для обеспечения надежной и бесперебойной работы двигателя внутреннего сгорания (ДВС) необходимо периодически проводить контроль различных показателей масла, в том числе определение металлов износа. Так, в настоящее время стремительно развивается направление, называющееся *Condition Based Maintenance* [4-6].

В основе данной технологии заложен мониторинг температуры двигателя и состояния моторного масла, анализ вибрации трансмиссии и некоторые другие действия.

Цель исследования – определить теоретически влияние качества дизельного топлива на ресурс моторного масла и двигателя. Состояние автомобиля и, главное, еще только возникающие неисправности определяют по тому же принципу, по которому делают анализ крови, чтобы понять, чем болен человек. В этом плане анализ качества моторного масла дает чрезвычайно важную информацию. По сравнению с другими этапами мониторинга, он «рисует» самую полную картину того, что происходит внутри двигателя и автомобиля. Например, если в масле обнаружена медь, то можно сделать вывод, что начали разрушаться подшипники. Однако некоторые производители спецтехники при изготовлении указанных деталей применяют алюминий. И о том, что подшипник начал разваливаться, скорее будут говорить найденные в масле частицы свинца и олова. Чрезмерное наличие хрома подскажет, что поршневые кольца свое уже отработали. А медь с большей вероятностью будет свидетельствовать о неполадках с радиаторными трубками и др.

При своевременном выявлении повышенного износа деталей двигателя минимизируются время простоев и ущерб, вызванный его отказом, а также снижается эксплуатационная стоимость техники. Периодический и регулярный контроль концентрации металлов износа позволяет прогнозировать сроки работы ДВС и избежать отказов из-за повышенного износа деталей или старения масла.

Материалы и методы. Повышенный износ деталей трения, прежде всего цилиндропоршневой группы (ЦПГ) и кривошипно-шатунного механизма (КШМ), начинается при превышении допустимого содержания механических примесей в моторном масле. В основном это прошедшие через фильтр тонкие частички абразивов, которые образуются в части нагара. Они достаточно твердые и быстро изнашивают поршневые кольца, втулки, подшипники и т. д. [7-9].

Другой причиной повышения скорости изнашивания двигателя служит кислотность масла. Щелочная присадка, входящая в состав стандартного пакета присадок, срабатывается по мере работы двигателя в результате повышенного прорыва газов, содержащих серу, в картер, т. е. происходит окисление масла. Как только масло переходит порог нейтральности, оно само становится источником коррозионного изнашивания.

В связи с тем, что у масел разная степень накопления нагара и прорыва газов в картер, то и срок службы масла до предельного состояния тоже разный (*рис.* 1).

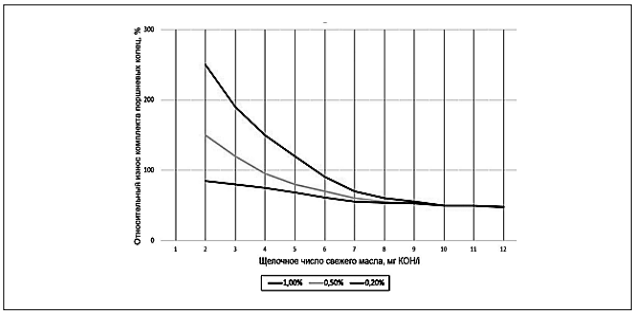


Рис. 1. Влияние щелочного числа масла на износ ЦПГ

Кроме свойств масла и его чистоты на ресурс двигателя влияет дизельное топливо (ДТ). Одной из главных потребительских характеристик ДТ служит содержание серы в составе горючего. Уровень ее концентрации оказывает ощутимое влияние на качество работы и техническое состояние различных узлов и механизмов машины с двигателем внутреннего сгорания.

Результаты и обсуждение. При высоком содержании серы в составе ДТ увеличивается количество продуктов сгорания топлива. Эти вещества оседают на внутренних поверхностях двигателя в виде налета. Как следствие, нарушается нормальный процесс теплообмена ДВС с окружающей средой и ухудшается качество моторного масла. К тому же сернистые отложения оказывают сильное абразивное воздействие на подвижные детали двигателя, провоцируя их ускоренный износ [2, 9].

Уровень концентрации серы в дизельном топливе также влияет на состояние выхлопной системы автомобиля. В частности, при повышенном содержании этого загрязнителя довольно быстро приходит в негодность катализатор.

На фоне некорректной работы керамического фильтра выхлопной системы, который взаимодействует с лямбда-зондом, зачастую наблюдается ухудшение динамических характеристик двигателя и перерасход горючего. Еще одним негативным последствием чрезмерного содержания серы в ДТ служит повышение токсичности выхлопных газов [7, 10].

Эти факторы многие автотранспортные предприятия не учитывают в связи с тем, что стоимость высокосернистого топлива составляет на сегодняшний день 36,8 руб., а низкосернистого 40,9 руб. Очевидно, что при приобретении большого количества топлива, сумма экономии будет заметной. Уровень содержания серы в 0,2% можно считать для России базовым. В дизельном топливе по этому стандарту допускается даже содержание серы до 0,5%. Однако эта норма пересматривается в сторону ужесточения в отношении содержания серы, вводится также топливо с предельным содержанием в 0,05%.

Нужно иметь ввиду, что уменьшение доли серы в ДТ негативно отражается на ресурсе двигателя. При снижении серы ниже 0,035% в топливе уменьшается его смазывающая способность. Это ведет к преждевременному износу деталей топливной системы. Поэтому в дизтопливе с небольшим содержанием серы дополнительно применяют смазывающие присадки.

Для более углубленного изучения данного вопроса мы провели экспериментальные исследования по влиянию количества серы в ДТ на свойства моторного масла.

В частности, влияние высокосернистого топлива (содержание серы более 10670 мг/кг, топливо использовали на АТП) на изменение физико-химических свойств смазочного материала и содержание элементов износа (в данном случае железа) в процессе эксплуатации автомобиля КАМАЗ 65117-А4 с двигателем *Cummins ISB* 6.7. Исследования проводили на ИК спектрометре *Fluid Scan Q*1000, спектрометре *Spectro xSort* и вискозиметре портативном *SpectroVisc Q*3050. По показаниям приборов построили зависимость спектра работавшего масла и свежего для сравнения (*рис.* 2).

Провели анализ эксплуатации автомобиля КАМАЗ 65117-А4 с двигателем *Cummins*, в котором применялось масло *Gazpromneft diesel ultra 10W-*40. Пробу моторного масла брали пять раз при различном пробеге и проводили анализ на содержание указанных параметров (*табл.*).

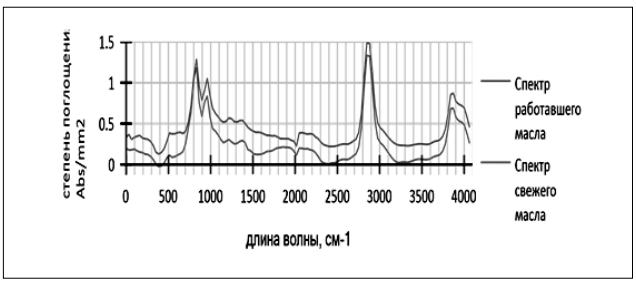


Рис. 2. Спектры свежего и отработанного масла в двигателе Cummins автомобиля КАМАЗ 65117-А4

Эксплуатация автомобиля на высокосернистом топливе продолжалась с наработки техники с

444220 км до 477474 км, соответственно, наработка масла составила 33254 км. При этом использовали высокосернистое топливо более 10 мг/кг.

Анализ полученных измерений параметров масла показывает, что применение высокосернистого топлива крайне негативно отразилось на ресурсе смазочного материала.

Так, при наработке масла 18839 км щелочное число имело значение ниже допустимых пределов (в данном случае ниже 50% от значения в свежем продукте), показатель сульфатации перешел в зону предупреждения и значительно увеличилась концентрация серы.

Концентрация железа – индикатора износа – завышена (35). К наработке 33254 км щелочное число продолжило снижаться; показатель сульфатации, концентрация железа – увеличиваться (39).

Согласно данным лаборатории ООО «Навигатор Плюс», полученные результаты изменения свойств смазочного материала нетипичны для данной наработки масла *Gazpromneft diesel ultra 10W*-40.

Негативные процессы изменения физико-химических свойств моторного масла, высокая концентрация элементов износа, обусловлены применением высокосернистого топлива, концентрация серы которого в применяемом дизельном топливе более чем в 1000 раз превышает допустимые пределы. Это привело к тому, что эффективные нейтрализующие свойства смазочного материала были исчерпаны в разы быстрее относительно практики применения данного продукта.

Высокая концентрация серы стала причиной повышенного износа контактных пар трения деталей двигателя.

После наработки техники 477474 км применяли топливо качества Е-5, (содержание серы менее 10 мг/кг).

Таблица

Параметры оценки моторного масла автомобиля КАМАЗ 65117-А4 с двигателем Cummins

Параметр	Свежее значение	№1 30.12.2021	№2 12.03.2022	№3 02.06.2022	№4 25.08.2022	№5 17.11.2022
Наработка техники, *km*	0	444220	477474	499603	521918	543990
Наработка масла, *km*	0	18839	33254	22129	22315	44387
Долив	0	1	1	0	0	1
Этилен-гликоль, %	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Нитрация, a*bs/0,1 mm*	4,16	17,83	22,08	12,64	13,09	19,15
Окисление, *abs/0,1 mm*	14,83	20,16	22,08	20,08	21,10	24,50
Сажа, % *wt*	0,00	0,11	0,13	0,12	0,09	0,14
Сульфатация, *abs/0,1 mm*	19,15	34,60	38,08	21,74	21,56	24,63
Щелочное число *TBN, гКОН/г*	15,31	5,67	3,29	11,12	11,74	9,78
Вода, *ppm*	114,26	74,12	76,6	70,1	72,3	72,7
Противоизносная присадка, %	100	86,00	85,16	83,46	86,97	96,39
Fe	0	35	39	18	15	25
Mo	116	118	118	103	99	114
Ca	5150	5288	5487	5509	5214	5868
Zn	758	844	846	799	799	887
P	467	471	468	467	473	481
S	3468	5449	5313	3616	3532	3627
VIndex	155	155	155	155	155	155
V40	98,00	100,60	95,47	98,22	92,58	102,61
V100	14,65	14,95	14,40	14,70	14,05	15,20

Далее в целях «промывки» системы смазки смазочный материал заменили на половине межсервисного интервала замены (наработка масла 22129 км).

Выводы. Анализ работавшего моторного масла с наработкой 22129 км показал, что физико-химические свойства, элементный состав, кинематическая вязкость при 100°C находились в пределах допуска.

Содержание индикатора износа железа также находилось в допустимых пределах. Это позволило сделать вывод о том, что смазочный материал имеет значительный эксплуатационный запас.

Анализ работавшего моторного масла *Gazpromneft diesel ultra 10W*-40 с наработкой 44387 км выявил: физико-химические свойства, элементный состав,

кинематическая вязкость при 100°*C* в пределах допуска, содержание индикатора износа железа – в пределах допуска, смазочный материал сохранил свои эффективные эксплуатационные свойства, обеспечил нормальное функционирование двигателя *Cummins ISB* 6.7 и имеет эксплуатационный запас. Таким образом, применение низкосернистого топлива при эксплуатации дизельного двигателя позволит увеличить ресурс масла и двигателя. Годовое число замен масла уменьшается и, следовательно, сокращаются расходы на эксплуатацию автомобиля до 30%.

Получение своевременной информации о зарождающихся проблемах поможет избежать серьезных ремонтов и больших расходов, это в свою очередь приведет к значительной экономии для автопарка, в котором работает две-три сотни машин.

Данная статья написана в рамках программы «Приоритет 2030» путем финансирования проектов студентов.

Библиографический список

1. Калимуллин Р.Ф., Коваленко С.Ю. Метод малоизносной эксплуатации автомобильных двигателей // Вестник Южно-Уральского государственного технического университета. Серия «Машиностроение». 2016. Т. 16. N1. С. 16-27.

2. Салмин В.В. Аналитический метод подбора моторных масел к автотракторным ДВС // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств: материалы 2-й международной научно-технической конференции. Пенза. 2002. С. 232-237.

3. Дунаев А.В. Определение остаточного ресурса ЦПГ ДВС перед ее «безразборным ремонтом» // Машино-технологическая станция. 2008. N4. С. 42-43.

4. Yan Su, Fangxi Xie, Wei Hong, Xiaoping Li, Tingting Hu. Experimental study of particulate emission characteristics from a gasoline direct injection engine during starting process. Int. J. Automotive Technology. 2019. N20(2). 411-421.

5. Zhang P., Gao W., Li Y., Wang Y. Misfire detection of diesel engine based on convolutional neural networks. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part D: Journal of Automobile Engineering. 2021. 2148-2165.

6. Mohammad Nazemi Babadi, Saeid Kheradmand, Choongsik Bae. Experimental and computational investigation of diesel and gasoline injection in a direct injection compression ignition engine. Int. J. Automotive Technology. 2020. 21(1). 32.

7. Салмин В.В., Саранцева С.С. Проблемы экологии моторных масел и пути ее реализации // Актуальные проблемы современного строительства: материалы Всероссийской XXXI научно-технической конференции. Ч. 3. Пенза. 2001. С. 44.

8. Price K.S., Wang L., Pauly T. Evaluation of field NOx performance of diesel vehicles using ECM - provided OBD/SAEJ1979 data. SAE Technical Papers. SAE. World Congress and Exhibition. 2015.

9. Panneer Selvam H., Shekhar S., Northrop W.F. Prediction of NOx emissions from compression ignition engines using ensemble learning-based models with physical interpretability. SAE Technical Papers. SAE 15th International Conference on Engines and Vehicles, ICE. 2021.

10. Baganov N. A, Salykova O.S., Bekhtold T.G. Effects of the Technical Condition of the Cylinder-piston Group on the Coefficient of Excess Air in the Cylinder of the Engine. Anais da Academia Brasileira de Ciencias 90 (1 Suppl. 2.) 2018. 1217-1227.

References

1. Kalimullin R.F., Kovalenko S.Yu. Metod maloiznosnoy ekspluatatsii avtomobil'nykh dvigateley [The method of low-wear operation of automobile engines]. Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya «Mashinostroyeniye». 2016. Vol. 16. N1. 16-27 (In Russian).

2. Salmin V.V. Analiticheskiy metod podbora motornykh masel k avtotraktornym DVS [Analytical selection of motor oils for automotive internal combustion engines]. Problemy kachestva i ekspluatatsii avtotransportnykh sredstv: materialy 2-y mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. Penza. 2002. 232-237 (In Russian).

3. Dunayev A.V. Opredeleniye ostatochnogo resursa TsPG DVS pered eye «bezrazbornym» remontom [Determination of the residual resource of the cylinder-piston group of the internal combustion engine before its unassembling repair]. Mashino-tekhnologicheskaya stantsiya. 2008. N4. 42-43 (In Russian).

4. Yan Su, Fangxi Xie, Wei Hong, Xiaoping Li, Tingting Hu. Experimental study of particulate emission characteristics from a gasoline direct injection engine during starting process. Int. J. Automotive Technology. 2019. N20(2). 411-421.

5. Zhang P., Gao W., Li Y., Wang Y. Misfire detection of diesel engine based on convolutional neural networks. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part D: Journal of Automobile Engineering. 2021. 2148-2165.

6. Mohammad Nazemi Babadi, Saeid Kheradmand, Choongsik Bae. Experimental and computational investigation of diesel and gasoline injection in a direct injection compression ignition engine. Int. J. Automotive Technology. 2020. 21(1). 32.

7. Salmin B.B., Sarantseva S.S. Problemy ekologii motornykh masel i puti eye realizatsii [Problems of ecology of motor oils and ways of its realization]. Aktual'nyye problemy sovremennogo stroitel'stva: materialy Vserossiyskoy XXXI nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. Ch. Z. Penza. 2001. 44 (In Russian).

8. Price K.S., Wang L., Pauly T. Evaluation of field NOx performance of diesel vehicles using ECM - provided OBD/ SAEJ1979 data. SAE Technical Papers. SAE. World Congress and Exhibition. 2015.

9. Panneer Selvam H., Shekhar S., Northrop W.F. Prediction of NOx emissions from compression ignition engines using ensemble learning-based models with physical interpretability. SAE Technical Papers. SAE 15th International Conference on Engines and Vehicles, ICE. 2021.

10. Baganov N. A, Salykova O.S., Bekhtold T.G. Effects of the Technical Condition of the Cylinder-piston Group on the Coefficient of Excess Air in the Cylinder of the Engine. Anais da Academia Brasileira de Ciencias 90 (1 Suppl. 2.) 2018. 1217-1227.

Заявленный вклад соавторов

Баганов Н.А. – научное руководство, подготовка аналитической части;
Грицай Д.И. – подготовка и анализ необходимых материалов, редактирование текста;
Иванов А.И. – подготовка практической части, проведение исследований;
Исаев Н.И. – подборка литературных источников;
Радченко А.Е. – техническая верстка материала, оформление библиографического списка и рисунков.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Contributions of the coauthors

Baganov N.A. – scientific guidance, preparation of the analytical part;
Gritsai D.I. – preparation and analysis of necessary materials, editing the manuscript;
Ivanov A.I. – preparation of the practical part, conducting research;
Isaev N.I. – selection of literary sources;
Radchenko A.E. – technical layout of the material, design of the bibliographic list, design of drawings.

All the authors have read and approved the final manuscript.

DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-63-68 CC BY УДК 621.762

Свойства и состав электроэрозионного порошка, полученного из отходов инструментальной быстрорежущей стали Р18

[1]Наталья Николаевна Карпенко, аспирант, e-mail: mosssik@yandex.ru;
[1]Гюльнара Рашитовна Латыпова, кандидат технических наук, доцент;
[2]Екатерина Владимировна Агеева, доктор технических наук, профессор;
[2]Вадим Юрьевич Карпенко, кандидат технических наук

[1]Московский политехнический университет, Москва, Российская Федерация
[2]Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация

Реферат. *В настоящее время одним из перспективных методов переработки металлических отходов служит электроэрозионное диспергирование, которое позволяет получать металлический порошок, в том числе из отходов инструментальной стали Р18. (Цель исследования) Изучить свойства и состав электроэрозионного порошка, полученного из отходов инструментальной быстрорежущей стали Р18. (Материалы и методы) Осуществляли измельчение отходов стали Р18 на экспериментальной установке методом электроэрозионного диспергирования для получения новых порошковых материалов. Проводили процесс электроэрозионного диспергирования при определенных режимах установки. Гранулометрический состав частиц данного порошка исследовали на лазерном анализаторе размеров частиц Analysette 22 NanoTec. Выполняли экспериментальное исследование диспергированием ультразвуком в жидкости. При помощи растрового электронного микроскопа Quanta 200 3D проводили исследование металлографии. Осуществляли рентгеноспектральный анализ при помощи метода растровой электронной микроскопии энергодисперсионным анализатором рентгеновского излучения фирмы EDAX, встроенным в растровый электронный микроскоп Quanta 200 3D. Применяли метод рентгеновской дифракции при рентгеноструктурном анализе на дифрактометре Rigaku Ultima IV. (Результаты и обсуждение) Показали, что 50 процентов частиц порошка соответствуют размеру 44,13 микрометров. Определили элементный состав частиц полученного металлического порошка из отходов Р18, исследуемый образец состоит из следующих химических элементов: углерод, кислород, молибден, ванадий, хром, железо и вольфрам. Установили основные фазы исследуемого порошкового материала: Fe_2W_2C, FeV, Fe_3O_4. (Выводы) Получение, изучение свойств и состава экспериментального металлического порошка позволяет оценить его потенциал для использования в производстве изделий с заданными характеристиками, а также упрочнения, восстановления деталей автомобилей и сельскохозяйственной техники.*

Ключевые слова: *электроэрозионный порошок, отходы стали Р18, гранулометрический состав, металлография, рентгеноструктурный анализ, рентгеноспектральный анализ.*

Для цитирования: *Карпенко Н.Н., Латыпова Г.Р., Агеева Е.В., Карпенко В.Ю. Свойства и состав электроэрозионного порошка, полученного из отходов инструментальной быстрорежущей стали Р18 // Технический сервис машин. 2023. Т. 61. N3(152). С. 63-68. DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-63-68. JQMUVO.*

Properties and composition of electric erosion powder from waste of R18 tool steel

[1]Natal'ya N. Karpenko, postgraduate;
[1]Gulnara R. Latypova, Ph.D.(Eng.), associate professor;
[2]Ekaterina V. Ageeva, Dr.Sc.(Eng.), professor;
[2]Vadim Yu. Karpenko, Ph.D.(Eng.)
[1]Moscow Polytechnic University, Moscow, Russian Federation
[2]Southwestern State University, Kursk, Russian Federation

Abstract. *Currently, one of the promising methods of processing metal waste is electroerosive dispersion, which allows to obtain metal powder, including from the waste of tool steel P18. (Research Purpose) The research purpose is studying the properties and composition of the electroerosive powder obtained from the waste of P18 tool steel. (Materials and methods) Carried out grinding of waste steel P18 on an experimental installation by the method of electroerosive dispersion to obtain new powder materials. The process of electroerosive dispersion was carried out under certain installation modes. The granulometric composition of the particles of this powder was studied using the Analysette 22 NanoTec laser particle size analyzer. An experimental study was performed by dispersing ultrasound in a liquid. Metallography was studied using a Quanta 200 3D scanning electron microscope. X-ray spectral analysis was carried out using the scanning electron microscopy method with an energy-dispersion X-ray analyzer from EDAX, built into the Quanta 200 3D scanning electron microscope. The method of X-ray diffraction was used in X-ray diffraction analysis on a Rigaku Ultima IV diffractometer. (Results and discussion) It was shown that 50% of the powder particles correspond to the size of 44.13 micrometers. The elemental composition of the particles of the obtained metal powder from waste P18 was determined, the sample under study consists of the following chemical elements: carbon, oxygen, molybdenum, vanadium, chromium, iron and tungsten. The main phases of the powder material under study were established:* Fe_2W_2C, *FeV,* Fe_3O_4. *(Conclusions) Obtaining, studying the properties and composition of an experimental metal powder makes it possible to assess its potential for use in the production of products with specified characteristics, as well as hardening, restoration of car parts and agricultural machinery.*

Keywords: *EDM powder, P18 steel waste, granulometric composition, metallography, X-ray diffraction analysis, X-ray spectral analysis.*

For citation: *Karpenko N.N., Latypova G.R., Ageeva E.V., Karpenko V.Yu. Svoystva i sostav elektroerozionnogo poroshka, poluchennogo iz otkhodov instrumental'noy bystrorezhushchey stali R18 [Properties and composition of electric erosion powder from waste of R18 tool steel]. Tekhnicheskiy servis mashin. 2023. Vol. 61. N3(152). 63-68 (In Russian). DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-63-68.. JQMUVO.*

Производство металлического порошка – одно из важных направлений металлургической промышленности. Его получение требует значительных затрат на сырье и энергию. Вместе с тем все больше внимания уделяется проблемам утилизации отходов промышленности [1-3].

В данной работе рассматривается способ получения металлического порошка из отходов инструментальной стали Р18. Этот вид стали используется в производстве различных инструментов. Отходы инструментальной стали содержат значительное количество дефицитных и дорогостоящих легирующих элементов, которые могут быть эффективно использованы в производстве металлического порошка. В статье описывается процесс получения порошка, его химический состав, структура и особенности.

В современной металлургии использование вторичного сырья стало неотъемлемой частью производственных процессов. С одной стороны, это позволяет уменьшить экологическую нагрузку на окружающую среду, а с другой – экономить дорогостоящие природные ресурсы. В связи с этим актуальным является вопрос о возможности получения металлического порошка из отходов инструментальной стали с использованием дистиллированной воды [4-6].

Цель исследования – изучить свойства и состав электроэрозионного порошка, полученного из отходов инструментальной быстрорежущей стали Р18.

Материалы и методы. Методом электроэрозионного диспергирования из отходов инструментальной стали в воде (дистиллированная вода ГОСТ 6709-72 (кислородсодержащая среда)) при частоте следования импульсов – 40 до 80 Гц, напряжение на электродах – 200 до 220 В, емкость конденсаторов – 35 до 55 мкФ из отходов стали Р18 получили порошковый материал. Далее исследовали его гранулометрический состав, структуру, провели рентгеноспектральный и рентгеноструктурный анализы.

Схему получения металлического порошка из отходов инструментальной стали Р18 методом электроэрозионного диспергирования представили на *рисунке* 1 (Пат. 2449859 Рос. Федерация, МПК B 22 F 9/14. Установка для получения нанодисперсных порошков из токопроводящих материалов / Агеев Е.В.; заявитель и патентообладатель Юго-Западный государственный университет. № 2010104316/02; заяв. 08.02.2010; опубл. 10.05.2012; Пат. 2791308 Рос. Федерация, МПК B22F 9/14. Способ получения металлического порошка из отходов инструментальной стали в воде / Латыпов Р.А. заявитель и патентообладатель Юго-Западный государственный университет. № 2022117582, 29.06.2022; опубл. 07.03.2023) [7, 8].

Рис. 1. Схема получения металлического порошка из отходов инструментальной стали Р18 на экспериментальной установке методом электроэрозионного диспергирования

Исследование гранулометрического состава полученного порошкового материала из отходов инструментальной стали Р18 проводили на лазерном анализаторе размеров частиц *Analysette* 22 *NanoTec*. Установка определяет распределение по размерам частиц в суспензиях, эмульсиях и аэрозолях. Исследование проводили при помощи диспергирования пробы в жидкости с использованием ультразвука. Методика включала подготовку пробы, измерение фона, измерение распределения частиц по размеру методом Фраунгофера, используя максимальный диапазон измерения от 0,01 до 1021,87 мкм. Результаты представили в виде кривых распределения частиц по размеру и форме, измеряющихся коэффициентом элонгации в трех значениях: минимальном, среднем и максимальном. Для исключения влияния загрязнений от предыдущих измерений проводили фоновое измерение и устраняли влияние на текущий результат. Продолжительность измерения составляла 50 сканов. Лазерный анализатор размеров частиц *Analysette* 22 *NanoTec* представили на *рисунке* 2.

Рис. 2. Лазерный анализатор размеров частиц Analysette 22 NanoTec

Металлографические исследования электроэрозионного порошка из отходов инструментальной стали Р18 проводили на растровом электронном микроскопе *Quanta* 200 3D. Рентгеноспектральный анализ металлического порошка из отходов инструментальной стали Р18 выполняли с помощью энергодисперсионного анализатора рентгеновского излучения, встроенного в растровый электронный микроскоп [9-11]. Элементный состав определяли на основе возбуждаемого в частицах характеристического рентгеновского излучения [12].

Рентгеноструктурный анализ частиц электроэрозионного порошка из стали Р18 проводили на дифрактометре *Rigaku Ultima IV*. Экспериментальные дифракционные спектры частиц порошка, диспергированного из отходов стали Р18, сопоставляли с данными картотеки стандартов *ICDD* 2007. Обработку дифракционных линий проводили с помощью программного обеспечения *EvaEvolution*. Измерения осуществляли как с использованием фокусирующей геометрии Брэгга-Брентано, так и в скользящем пучке. Измерения выполняли с шагом угла 2θ равным 0,05 при времени выдержки 2 с. Расчет размеров областей когерентного рассеяния проводили с помощью программного обеспечения дифрактометра, описывая профиль дифракционного максимума функциями Гаусса или Лоренца. Результаты такого анализа позволяют получить информацию по использованию порошка в различных композициях для корректировки свойств материалов и сплавов, а также повышения качества деталей при проведении различных методов их упрочнения и восстановления.

Результаты и обсуждение. Результаты исследований гранулометрического состава порошка, диспергированного из отходов инструментальной стали Р18, показали в *таблице 1.* Интегральную кривую распределения частиц порошка, диспергированного из отходов инструментальной стали Р18, по размерам представили на *рисунке* 3.

Таблица 1

Гранулометрический состав порошка из отходов инструментальной стали Р18

№ п/п	Размер микрочастиц	%
1	0,226-0,466	0,39
2	0,466-0,96	1,22
3	0,96-1,982	0,63
4	1,982-4,08	1,2
5	4,08-9,24	3,2
6	9,24-22,8	9,42
7	22,8-56,4	56,76
8	56,4-127,4	19,67
9	127,4-240	6,53
10	240-344	0,7

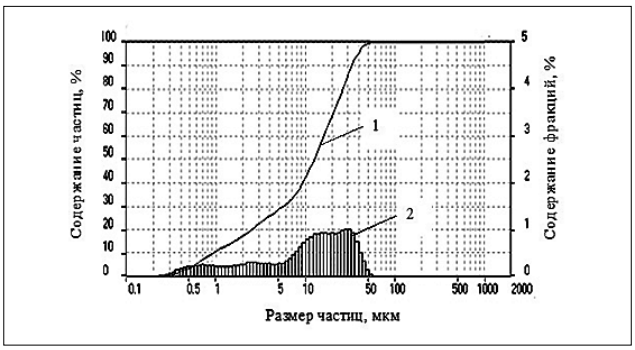


Рис. 3. Распределение по размерам частиц порошка, диспергированного из отходов стали Р18: интегральная кривая

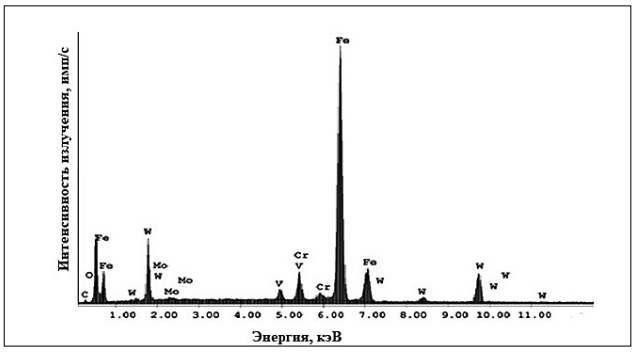
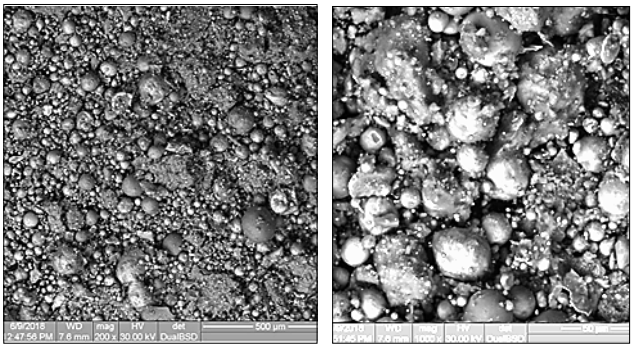


Рис. 5. Рентгенограмма частиц порошка, диспергированного из отходов стали Р18 в дистиллированной воде

Согласно результатам исследования гранулометрического состава порошка, полученного из отходов стали Р18, 50% частиц имеют размер 44,13 мкм, а оставшиеся 50% – размер, который не превышает указанный. Также выявили, что микрочастицы диапазона от 22,8 до 56,4 мкм составляют 56,76% всего объема металлического порошка.

Снимки с растрового электронного микроскопа *Quanta* 200 3D частиц порошка, диспергированного из отходов стали Р18, представили на *рисунке* 4.



x200 *x1000*

Рис. 4. Снимки с растрового электронного микроскопа Quanta 200 3D порошка, диспергированного из отходов стали Р18

Проведенные экспериментальные исследования позволили установить геометрические и размерные характеристики частиц порошка, полученного электроэрозионным диспергированием в дистиллированной воде из отходов быстрорежущей инструментальной стали Р18. Форма частиц напрямую зависит от способа получения порошка, большинство частиц обладает правильной сферической или эллиптической формой.

Результаты рентгеноспектрального анализа частиц порошка, диспергированного из отходов стали Р18 в дистиллированной воде, представили на *рисунке* 5.

Согласно *рисунку* 5 можно сделать вывод, что основными химическими элементами порошка, диспергированного из отходов стали Р18 в дистиллированной воде, являются железо, кислород, углерод, вольфрам, хром, ванадий и молибден.

Дифрактограмма частиц порошка, диспергированного из отходов стали Р18 в дистиллированной воде, и их фазовый состав представили на *рисунке* 6 и в *таблице* 2.

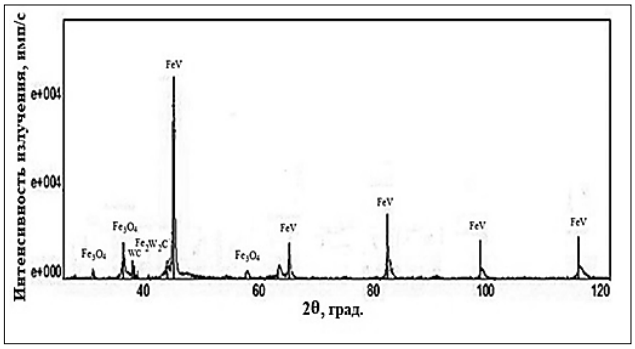


Рис. 6. Дифрактограмма частиц порошка, диспергированного из отходов стали Р18 в дистиллированной воде

Из *рисунка* 6 видно, что основными фазами исследуемого металлического порошка из отходов стали Р18 являются *WC, Fe_2W_2C, FeV, Fe_3O_4*.

Таблица 2

Фазовый состав частиц порошка, диспергированного из отходов стали Р18 в дистиллированной воде

Химическая формула	Тип решетки	Параметры решетки, Å
FeV	221:*Pm-3m* – кубическая	*A* = 2.898372; *b* = 2.898372; *c* = 2.898372
Fe_3O_4	227:*Fd-3m* – кубическая	*A* = 8.427671; *b* = 8.427671; *c* = 8.427671
Fe_2W_2C	203:*Fd-3* – кубическая	*A* = 11.099788; *b* = 11.099788; *c* = 11.099788
WC	187:*P-6m2* – гексагональная	*A* = 2.904028; *b* = 2.904028; *c* = 2.825559

Такие карбиды представляют собой очень прочные и износостойкие соединения, которые могут

повысить характеристики материала, например, твердость и прочность. Результаты проведенных исследований показывают возможность утилизации и переработки отходов этой стали в металлический порошок, а также оценивают вероятность дальнейшего использования такого порошка в технологиях изготовления режущего инструмента, например, метчиков, сверл, ножовочных полотен и технологиях реновации и упрочнения деталей методами сварки, наплавки и родственными процессами.

Выводы. Измельчение отходов стали Р18 путем электроэрозионного диспергирования для получения металлического порошка представляется перспективным и экологически безопасным способом утилизации отходов, что может способствовать уменьшению затрат на производство нового материала и сокращению потребления природных ресурсов, а использование экспериментального электроэрозионного порошка из отходов инструментальной стали Р18 может иметь широкое практическое применение. В результате исследований было установлено, что экспериментальный электроэрозионный порошок из отходов инструментальной стали Р18 состоит из частиц эллиптической, сферической формы. Металлический порошок со сферической или эллиптической формой частиц легко поддается обработке, в связи с этим может быть использован практически в различных областях, таких как создание коррозионностойких, жаропрочных, жаростойких, легированных металлов и сплавов.

Экспериментально установлен гранулометрический состав электроэрозионного порошка из отходов инструментальной стали Р18. Показано, что частиц размером меньше или равно 44,13 мкм в порошке содержится 50% от общего объема, а микрочастиц размером от 22,8 до 56,4 мкм содержится 56,76%.

Рентгеноспектральный микроанализ позволил определить элементный состав частиц полученного металлического порошка методом электроэрозионного диспергирования из отходов Р18 по возбуждаемому в них характеристическому рентгеновскому излучению, исследуемый образец состоит из следующих химических элементов: углерод *C*, кислород *O*, молибден *Mo*, ванадий *V*, хром *Cr*, железо *Fe* и вольфрам *W*.

При помощи рентгеноструктурного анализа были определены основные фазы полученного порошка из отходов инструментальной стали Р18: WC, Fe_2W_2C, FeV, Fe_3O_4. Карбиды вольфрама, такие как WC и Fe_2W_2C, которые входят в состав исследуемого металлического порошка, отличаются высокой твердостью, прочностью и устойчивостью к износу. Именно поэтому они широко применяются в производстве режущих инструментов, например, сверл, фрез и токарных ножей и др.

Результаты исследований экспериментального металлического порошкового материала, полученного электроэрозией отходов инструментальной стали Р18 в дистиллированной воде, позволяют рекомендовать его для использования при изготовлении режущего инструмента. Также он применяется в технологиях восстановления и упрочнения деталей автомобилей и сельскохозяйственной техники методами наплавки, сварки и родственными процессами.

Библиографический список

1. Вихренко М.А. Проблемы импортозамещения и выявление факторов, влияющих на формирование стратегии импортозамещения на производственном предприятии // Современные тенденции в экономике и управлении: новый взгляд. 2015. N35. С. 98-102.

2. Чаплыгин С. Об импортозамещении и «импортозамещении». Технологический ресурс импортозамещения // Компоненты и технологии. 2015. N9(170). С. 17-21.

3. Агеев Е.В., Гадалов В.Н., Агеева Е.В., Бобрышев Р.В. Порошки, полученные электроэрозионным диспергированием отходов твердых сплавов – перспективный материал для восстановления деталей автотракторной техники // Известия Юго-Западного государственного университета. 2012. N1-1(40). С. 182-189.

4. Латыпова Г.Р., Карпенко Н.Н., Латыпов Р.А., Агеева Е.В. Состав и свойства порошка, полученного электроэрозионным диспергированием отходов инструментальной быстрорежущей стали Р18 // Электрометаллургия. 2020. N3. С. 25-29.

5. Либенсон Г.А., Лопатин В.Ю., Комарницкий Г.В. Процессы порошковой металлургии. В 2-х т. Т. 1. Производство металлических порошков. М.: МИСиС. 2001. 368 с.

6. Байрамов Р.К. Получение высокодисперсных порошков металлов и их соединений электроискровым диспергированием металлов. М: МИСиС. 2012. 80 с.

7. Агеев Е.В., Карпенко В.Ю., Карпенко Н.Н. Совершенствование технологии восстановления электроискровой обработкой изношенных двигателей автомобилей путем применения электроэрозионных материалов // Труды ГОСНИТИ. 2016. Т. 124. С. 12-19.

8. Артамонов Б.А., Круглов А.И., Стебаев Л.И. Генераторы импульсов для электроэрозионной обработки. М.: Машиностроение. 1976. 124 с.

9. Карпенко Н.Н., Латыпов Р.А., Агеева Е.В., Карпенко В.Ю. Рентгеноспектральный и рентгеноструктурный анализ электроэрозионных порошковых материалов из отходов стали Р18 // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2022. Т. 12. N3. С. 23-38.

10. Агеев Е.В., Латыпова Г.Р., Давыдов А.А., Агеева Е.В. Проведение рентгеноспектрального микроанализа твердосплавных электроэрозионных порош-

ков // Известия Юго-Западного государственного университета. 2012. N5-2(44). С. 99-102.

11. Кругляков О.В., Карпенко Н.Н., Агеева Е.В. Получение наноразмерного вольфрамсодержащего порошка, пригодного для восстановления деталей автомобилей // Современные автомобильные материалы и технологии: сборник статей VI Международной научно-технической конференции. 2014. С. 212-217.

12. Гурьев А.М., Хараев Ю.П., Попова Н.А., Сизоненко Н.Р., Никоненко Е.Л., Козлов Э.В. Фазовый состав и тонкая структура стали Р18 // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. 2005. Т. 2. N4. С. 99-103.

References

1. Vikhrenko M.A. Problemy importozameshcheniya i vyyavlenie faktorov, vliyayushchikh na formirovanie strategii importozameshcheniya na proizvodstvennom predpriyatii [Problems of import substitution and identification of factors influencing the import substitution strategy at a manufacturing enterprise]. Sovremennye tendentsii v ekonomike i upravlenii: noviy vzglyad. 2015. N35. 98-102 (In Russian).

2. Chaplygin S. Ob importozameshchenii i «importozameshchenii». Tekhnologicheskiy resurs importozameshcheniya [Import substitution and «import substitution». Technological resource of import substitution]. Komponenty i tekhnologii. 2015. N9(170). 17-21 (In Russian).

3. Ageev E.V., Gadalov V.N., Ageeva E.V., Bobryshev R.V. Poroshki, poluchennye elektroerozionnym dispergirovaniem otkhodov tverdykh splavov – perspektivniy material dlya vosstanovleniya detaley avtotraktornoy tekhniki [Powders obtained by electroerosion dispersion of solid alloy waste as a promising material for the restoration of automotive machinery parts]. Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. 2012. N1-1(40). 182-189 (In Russian).

4. Latypova G.R., Karpenko N.N., Latypov R.A., Ageeva E.V. Sostav i svoystva poroshka, poluchennogo elektroerozionnym dispergirovaniem otkhodov instrumental'noy bystrorezhushchey stali R18 [Composition and properties of the powder obtained by electroerosive dispersion of waste of the tool steel P18]. Elektrometallurgiya. 2020. N3. 25-29 (In Russian).

5. Libenson G.A., Lopatin V.Yu., Komarnitskiy G.V. Protsessy poroshkovoy metallurgii. V 2-kh t. T. 1. Proizvodstvo metallicheskikh poroshkov [Powder metallurgy processes. In 2 vols. Vol. 1. Production of metal powders]. Moscow: MISiS. 2001. 368 (In Russian).

6. Bayramov P.K. Poluchenie vysokodispersnykh poroshkov metallov i ikh soedineniy elektroiskrovym dispergirovaniem metallov [Production of highly dispersed powders of metals and their compounds by electric spark dispersion of metals]. M: MISiS. 2012. 80 (In Russian).

7. Ageev E.V., Karpenko V.Yu., Karpenko N.N. Sovershenstvovanie tekhnologii vosstanovleniya elektroiskrovoy obrabotkoy iznoshennykh dvigateley avtomobiley putem primeneniya elektroerozionnykh materialov [Improvement of the technology of restoration by electric spark treatment of worn-out car engines by using electroerosive materials]. Trudy GOSNITI. 2016. Vol. 124. 12-19 (In Russian).

8. Artamonov B.A., Kruglov A.I., Stebaev L.I. Generatory impul'sov dlya elektroerozionnoy obrabotki [Pulse generators for electroerosion treatment]. Moscow: Mashinostroenie. 1976. 124 (In Russian).

9. Karpenko N.N., Latypov R.A., Ageeva E.V., Karpenko V.Yu. Rentgenospektral'niy i rentgenostrukturniy analiz elektroerozionnykh poroshkovykh materialov iz otkhodov stali R18 [X-ray spectral and X-ray structural analysis of electroerosive powder materials from waste of steel P18]. Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tekhnika i tekhnologii. 2022. Vol. 12. N3. 23-38 (In Russian).

10. Ageev E.V., Latypova G.R., Davydov A.A., Ageeva E.V. Provedenie rentgenospektral'nogo mikroanaliza tverdosplavnykh elektroerozionnykh poroshkov [X-ray spectral microanalysis of carbide electroerosion powders]. Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. 2012. N5-2(44). 99-102 (In Russian).

11. Kruglyakov O.V., Karpenko N.N., Ageeva E.V. Poluchenie nanorazmernogo vol' framsoderzhashchego poroshka, prigodnogo dlya vosstanovleniya detaley avtomobiley [Producing a nanoscale tungsten-containing powder for the restoration of car parts]. Sovremennye avtomobil'nye materialy i tekhnologii: sbornik statey VI Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. 2014. 212-217 (In Russian).

12. Gur'ev A.M., Kharaev Yu.P., Popova N.A., Sizonenko N.R., Nikonenko E.L., Kozlov E.V. Fazoviy sostav i tonkaya struktura stali P18 [Phase composition and fine structure of R18 steel]. Fundamental'nye problemy sovremennogo materialovedeniya. 2005. Vol. 2. N4. 99-103 (In Russian).

Заявленный вклад соавторов

Карпенко Н.Н. – подготовка текста, анализ данных;
Латыпова Г.Р. – анализ, научное редактирование;
Агеева Е.В. – анализ и доработка текста статьи;
Карпенко В.Ю. – анализ литературных данных; подготовка.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Contributions of the coauthors

Karpenko N.N. – text preparation, data analysis;
Latypova G.R. – analysis, scientific editing;
Ageeva E.V. – analysis and revision of the manuscript;
Karpenko V.Yu. – analysis of literature data; preparation.

All authors read and approved the final version of the manuscript.

DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-69-75 CC BY УДК 621.794.61

Технология повышения ресурса крышек газораспределительного механизма двигателей

[1]Николай Владимирович Титов, кандидат технических наук, доцент, e-mail: ogau@mail.ru;
[1]Владимир Николаевич Логачев, кандидат технических наук, доцент;
[2]Александр Викторович Коломейченко, доктор технических наук, профессор;
[1]Иван Сергеевич Кузнецов, кандидат технических наук, доцент;
[1]Николай Сергеевич Чернышов, кандидат технических наук, доцент

[1]Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, г. Орел, Российская Федерация
[2]Центральный научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт «НАМИ», Москва, Российская Федерация

Реферат. *Современным способом упрочнения деталей из алюминиевых сплавов служит микродуговое оксидирование. Технологические рекомендации по формированию упрочняющих покрытий способом микродугового оксидирования на рабочих поверхностях крышек газораспределительного механизма двигателей из алюминиевых сплавов, восстановленных способом сверхзвукового газодинамического напыления, пока еще остаются в недостаточной степени разработанными. (Цель исследования) Разработать комбинированную технологию восстановления крышек газораспределительного механизма двигателей из алюминиевых сплавов способом сверхзвукового газодинамического напыления с последующим упрочнением способом микродугового оксидирования, позволяющую значительно увеличить их ресурс в условиях эксплуатации. (Материалы и методы) Использовали для сверхзвукового газодинамического напыления порошковые материалы марок А-80-13, А-20-11, выпускаемые Обнинским центром порошкового напыления. Отметили, что основными компонентами данных порошковых материалов служат алюминий и цинк, а также неметаллические керамические компоненты. Применяли при микродуговом оксидировании силикатно-щелочной электролит типа «KOH-Na_2SiO_3» как наиболее доступный, широко используемый и легко утилизируемый. (Результаты и обсуждение) Разработали комбинированную технологию восстановления с упрочнением рабочих поверхностей крышек газораспределительного механизма двигателей из алюминиевых сплавов, которая включает следующие основные операции: очистку крышек; их дефектацию; предварительную механическую обработку; сверхзвуковое газодинамическое напыление изношенных поверхностей; их последующее упрочнение микродуговым оксидированием; финишную механическую обработку покрытия и контроль. (Выводы) Предложенная комбинированная технология позволит в среднем в 2,4 раза повысить ресурс крышек в условиях рядовой эксплуатации. Данная технология универсальная, а возможность восстановления крышек зарубежных двигателей особенно актуальна в связи с необходимостью широкомасштабного импортозамещения.*

Ключевые слова: *сверхзвуковое газодинамическое напыление, микродуговое оксидирование, крышка газораспределительного механизма, восстановление, упрочнение, алюминиевые сплавы, ресурс.*

Для цитирования: *Титов Н.В., Логачев В.Н., Коломейченко А.В., Кузнецов И.С., Чернышов Н.С. Технология повышения ресурса крышек газораспределительного механизма двигателей // Технический сервис машин. 2023. Т. 61. N3(152). С. 69-75. DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-69-75. LEGHYI.*

Increasing the service life of the covers of the gas distribution mechanism

[1]Nikolay V. Titov, Ph.D.(Eng.), associate professor;
[1]Vladimir N. Logachev, Ph.D.(Eng.), associate professor;
[2]Aleksandr V. Kolomeichenko, Dr.Sc.(Eng.), professor;
[1]Ivan S. Kuznetsov, Ph.D.(Eng.), associate professor;
[1]Nikolay S. Chernyshov, Ph.D.(Eng.), associate professor

[1]Orlov State Agrarian University named after N.V. Parakhin, Orel, Russian Federation
[2]Central Research Automobile and Automotive Institute «NAMI», Moscow, Russian Federation

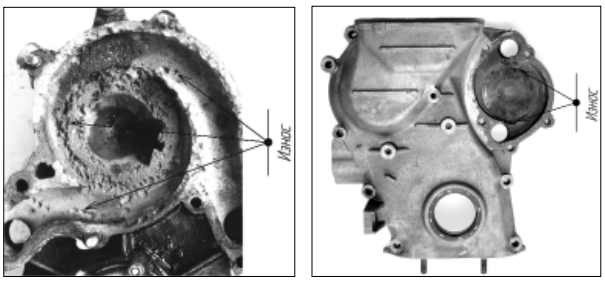
Abstract. *Micro-arc oxidation is a modern method of hardening aluminum alloy parts. Technological recommendations for the formation of reinforcing coatings by micro-arc oxidation on the working surfaces of the covers of the gas distribution mechanism of engines made of aluminum alloys recovered by the supersonic gas dynamic spraying method are still insufficiently developed. (Research purpose) The research purpose is developing a technology for restoring the covers of the gas distribution mechanism of engines made of aluminum alloys by supersonic gas-dynamic spraying with hardening by micro-arc oxidation, which allows significant increasing their service life. (Materials and methods) Powder materials of grades A-80-13, A-20-11 produced by the Obninsk Powder Spraying Center were used for supersonic gas dynamic spraying. It was noted that the main components of these powder materials are aluminum and zinc, as well as non-metallic ceramic components. A silicate-alkaline electrolyte of the «KOH-Na_2SiO_3» type was used for microarc oxidation as the most affordable, widely used and easily disposed of. (Results and discussion) We have developed a combined recovery technology with hardening of the working surfaces of the covers of the gas distribution mechanism of engines made of aluminum alloys, which includes the following basic operations: cleaning of the covers; their defecation; preliminary mechanical treatment; supersonic gas-dynamic spraying of worn surfaces; their subsequent hardening by micro-arc oxidation; finishing mechanical treatment of the coating and control. (Conclusions) The developed combined technology will allow an average of 2.4 times to increase the life of the covers in ordinary operation. This technology is universal, and the possibility of restoring the covers of foreign engines is especially relevant due to the need for large-scale import substitution.*

Keywords: *supersonic gas dynamic spraying, micro-arc oxidation, cover of a gas distribution mechanism, restoration, hardening, aluminum alloys, resource.*

For citation: *Titov N.V., Logachev V.N., Kolomeychenko A.V., Kuznetsov I.S., Chernyshov N.S. Tekhnologiya povysheniya resursa kryshek gazoraspredelitel'nogo mekhanizma dvigateley [Increasing the service life of the covers of the gas distribution mechanism]. Tekhnicheskiy servis mashin. 2023. Vol. 61. N3(152). 69-75 (In Russian). DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-69-75. LEGHYI.*

В узлах и механизмах сельскохозяйственной техники широко используются детали из алюминиевых сплавов. Данные сплавы имеют комплекс ценных свойств, которые выгодно отличают их от других материалов [1-3].

Среди деталей из алюминиевых сплавов широкое распространение получили крышки газораспределительного механизма двигателей внутреннего сгорания. В то же время агрессивные жидкости (тосол, антифриз), используемые в системе охлаждения современных двигателей, приводят к значительным коррозионным разрушениям рабочих поверхностей данных деталей (*рис. 1*).



а *б*

Рис. 1. Изношенные поверхности под крыльчатку водяного насоса крышки газораспределительного механизма двигателей: а – семейства ЗМЗ-511/523; б – семейства ЗМЗ-406.10

Детали из алюминиевых сплавов в ремонтном производстве чаще всего восстанавливают аргонодуговой сваркой и наплавкой или высокотемпературной пайкой [4-6].

Однако данные технологии имеют ряд недостатков, которые ограничивают их применение для восстановления крышек газораспределительного механизма двигателей. Одним из перспективных способов восстановления деталей из алюминиевых сплавов в настоящее время служит сверхзвуковое газодинамическое напыление (СГДН) [7-11].

Способ СГДН обеспечивает существенно меньшую пористость наносимых покрытий, при его использовании значительно снижаются термические нагрузки на материалы детали и покрытия, уменьшается окисление материалов, устраняются процессы неравновесной кристаллизации в наносимом покрытии. Однако несмотря на перспективность данного способа, при его использовании не обеспечивается высокая износостойкость восстановленных деталей. Это связано с тем, что при СГДН используют порошковые материалы преимущественно из пластичных металлов – алюминия, меди, цинка, никеля, олова и т. д. Все это приводит к необходимости использования упрочняющих технологий для повышения ресурса деталей из алюминиевых сплавов, восстановленных с использованием технологии СГДН.

В настоящее время инновационным способом упрочнения деталей из алюминиевых сплавов служит микродуговое оксидирование (МДО). Данный

способ – перспективный и востребованный, о чем говорит значительное количество публикаций как отечественных, так и зарубежных ученых [12-20].

Вместе с тем остаются не в полной мере разработанными технологические рекомендации по формированию упрочняющих покрытий способом МДО на рабочих поверхностях деталей, восстановленных СГДН.

Цель исследования – разработать комбинированную технологию восстановления крышек газораспределительного механизма двигателей из алюминиевых сплавов способом СГДН с последующим упрочнением МДО, позволяющую значительно увеличить их ресурс в условиях эксплуатации.

Материалы и методы. Для СГДН покрытий использовали порошки марок А-80-13 ТУ 1791-011-40707672-00 и А-20-11 ТУ 1721-031-40707672-00, выпускаемые Обнинским центром порошкового напыления (ОЦПН). Как показал проведенный анализ литературы, а также собственные предварительные исследования, данные порошковые материалы являются наиболее целесообразными для восстановления различных дефектов деталей из алюминиевых сплавов [9-11]. Основными компонентами данных порошковых материалов служат алюминий и цинк, а также неметаллические керамические компоненты.

При проведении исследований применили анодно-катодное МДО. Для МДО согласно рекомендациям работ использовали силикатно-щелочной электролит типа КОН-Na_2SiO_3 как наиболее доступный и широко используемый многими учеными, а также легко утилизируемый [12, 14-16, 19-21]. В составе данного электролита гидроксид калия КОН служит главным образом для создания электропроводности дистиллированной воды. Натриевое жидкое стекло Na_2SiO_3 (второй компонент электролита) добавляют в основном для стабилизации раствора, оно позволяет в определенных пределах увеличить линейные размеры оксидируемой детали.

Результаты и обсуждение. Учитывая перспективность способа СГДН, на основе комплекса проведенных исследований нами разработана комбинированная технология восстановления с упрочнением рабочих поверхностей крышек газораспределительного механизма двигателей из алюминиевых сплавов, позволяющая значительно повысить их ресурс [22, 23].

Технология включает следующие основные операции: очистку крышек, их дефектацию, предварительную механическую обработку, СГДН изношенных поверхностей, их последующее упрочнение МДО, финишную механическую обработку покрытия и контроль восстановленных и упрочненных деталей.

Крышки газораспределительного механизма, поступающие на восстановление, очищают от грязи и масла с помощью моющих средств типа Лабомид или МС. Затем детали промывают в теплой воде, имеющей температуру не ниже 30-35 °С, и высушивают. Очищенные крышки подвергают дефектации, используя при этом микрометрические глубиномеры типа ГМ (ГОСТ 7470) и штангенциркули типа ШЦ-I-160-0,1 (ГОСТ 166). Предварительную механическую обработку изношенных поверхностей целесообразно осуществлять с использованием ручных шлифовальных машин, например, для этих целей можно использовать машины типа ПМШ 170.

Далее осуществляют СГДН изношенных рабочих поверхностей крышек, используя одну из установок торговой марки ДИМЕТ. Например, ДИМЕТ-404, 405 или 421. По результатам предварительно проведенных исследований в качестве напыляемого материала наиболее целесообразно использовать порошок марки А-20-11. Структура покрытия, получаемого при его использовании, является плотной и практически не имеет пор (*рис. 2*).

Покрытие обладает плотной границей раздела с основным металлом восстанавливаемой детали без зазоров, пор или полостей. Это обеспечивает его высокую прочность сцепления и низкую газопроницаемость. СГДН восстанавливаемых крышек газораспределительного механизма целесообразно вести на следующих рациональных режимах: давление сжатого воздуха – 0,55-0,60 МПа, температура нагрева воздуха в напылительном блоке – 400 °С, скорость полета частиц напыляемого материала – 420-450 м/с, дистанция напыления – 10-15 мм.

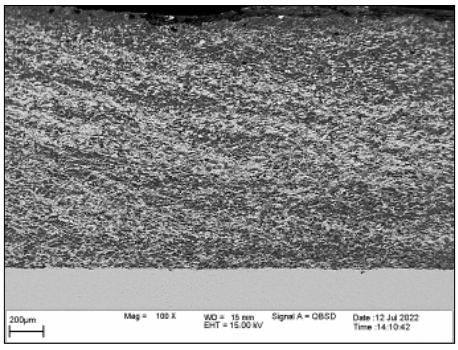


Рис. 2. Структура покрытия, полученного при СГДН

После СГДН плоскость разъема восстанавливаемой крышки фрезеруют на вертикально-фрезерном станке типа 6Р12. Затем обрабатывают восстанавливаемые рабочие поверхности крышки с использованием координатно-расточного станка типа 2450 или вертикально-фрезерного станка типа 6Р12. Обработку производят с учетом припуска под покрытие, формируемое МДО. Это обеспечивает образование упрочненного слоя покрытия не только внутрь крышки, но и наружу, позволяя увеличить толщину упрочненного слоя и снизить

класс точности механической обработки, что уменьшает количество бракуемых деталей. Далее крышку обезжиривают в водном растворе, содержащем 5-10 г/л $NaOH$, 40-50 г/л Na_3PO_4 и 3-5 г/л Na_2SiO_3, при температуре 60-70 °С, в течение 1,0-1,5 мин. Затем ее промывают водой, нагретой до температуры 40-50 °С, в течение 3-5 мин, после чего поверхности, не подлежащие упрочнению, изолируют. Подготовленную крышку монтируют на подвеску, устанавливают электроды и размещают в ванне-электролизере проточной установки для МДО (*рис. 3*).

При работе установки включается щелочестойкий насос 4, приводимый в движение электродвигателем 5, который засасывает электролит из ванны-электролизера 2 и нагнетает его через трубопровод 8, охладитель 6 и подводящую трубу 7 во внутреннюю полость упрочняемой поверхности крышки. В это же время открывается кран и через входной патрубок в секцию охлаждения охладителя 6 подается охлаждающий реагент, который после заполнения секции охлаждения отводится через выходной патрубок. Когда оксидируемая поверхность крышки окажется полностью заполненной электролитом и он вновь начинает сливаться в ванну-электролизер 2, включается источник питания установки МДО. Использование охладителя позволяет поддерживать температуру электролита в интервале 30-35 °С, что способствует улучшению физико-механических свойств формируемых покрытий.

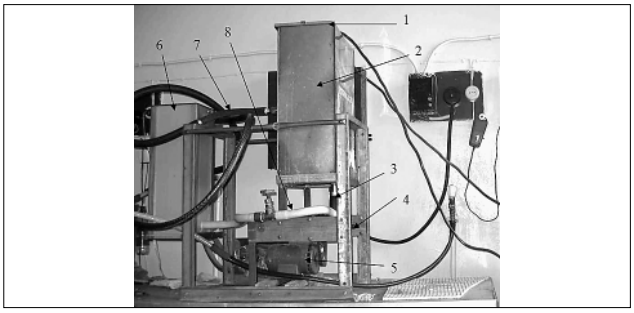


Рис. 3. Общий вид проточной установки для МДО крышек газораспределительного механизма двигателей: 1 – подвеска; 2 – ванна-электролизер; 3 – отводная труба; 4 – щелочестойкий насос; 5 – электродвигатель; 6 – охладитель; 7 – подводящая труба; 8 – трубопровод

МДО ведут в электролите следующего состава: КОН – 3 г/л, Na_2SiO_3 – 10 г/л. Оксидирование необходимо начинать при плотности тока 30- 35 А/ дм^2, а после выхода процесса на режим снижать ее до рабочей – 20 А/дм^2. Продолжительность оксидирования составляет 90-100 мин. После МДО крышку снимают с подвески, промывают проточной водой комнатной температуры, сушат и осуществляют финишную механическую обработку покрытия с помощью эластичного абразивного инструмента.

Упрочняющие покрытия, сформированные при МДО, подвергают контролю по внешнему виду на наличие пор, вздутостей и кратеров при помощи лупы 10х. Толщину покрытия определяют неразрушающим методом с помощью вихретокового толщиномера типа ВТ-201.

Крышку газораспределительного механизма двигателя ЗМЗ-511/523, прошедшую все этапы разработанного технологического процесса восстановления и упрочнения, представили на *рисунке* 4.

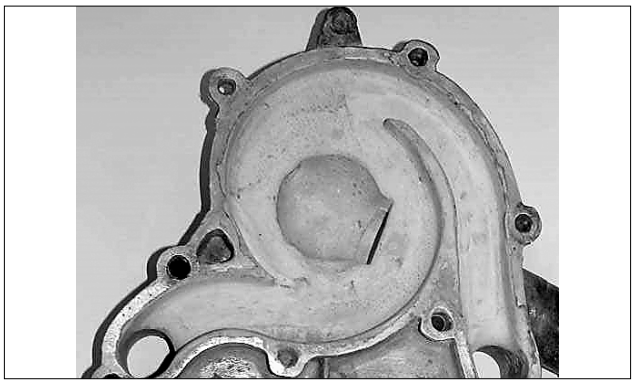


Рис. 4. Поверхность под крыльчатку водяного насоса крышки газораспределительного механизма двигателя ЗМЗ-511/523, восстановленная СГДН и упрочненная МДО по разработанной технологии

В результате предварительно проведенных исследований установили, что себестоимость C_B восстановления с упрочнением крышки газораспределительного механизма двигателя ЗМЗ-511/523 составляет 6780 руб., стоимость C_H новой крышки составляет в среднем 9500 руб. Тогда экономическую эффективность $Э_B$ разработанной технологии можно определить с использованием следующего соотношения [22, 23]:

$$Э_B = \left(\frac{C_H - C^H_{OCT.}}{P_H} - \frac{C_B - C^B_{OCT.}}{P_B} \right) P_B, \text{ руб.},$$

где C^H_{OCT}, C^B_{OCT}, – остаточная стоимость после эксплуатации новых и восстановленных с упрочнением крышек, руб. (определяется обычно по цене металлолома с учетом массы изношенной детали и материала, из которого она изготовлена);

P_H, P_B – ресурс новой и восстановленной с упрочнением крышки, тыс. км:

$$Э_B = \left(\frac{9500 - 89{,}3}{100} - \frac{6780 - 89{,}3}{240} \right) \cdot 240 = 15894 \ руб.$$

Выводы. Разработанная комбинированная технология восстановления с упрочнением рабочих поверхностей крышек газораспределительного механизма двигателей из алюминиевых сплавов с использованием способов СГДН и МДО позволит в среднем в 2,4 раза повысить ресурс деталей данного типа в условиях рядовой эксплуатации. Пред-

ставленная технология позволяет восстанавливать крышки различных размеров и формы как отечественных, так и зарубежных двигателей с минимальной переналадкой используемого при ее реализации технологического оборудования. Возможность восстановления крышек зарубежных двигателей с использованием предлагаемой технологии в настоящее время особенно актуальна в связи с необходимостью широкомасштабного импортозамещения.

Библиографический список

1. Миронов А.Е., Гершман И.С., Гершман Е.И. Новые алюминиевые антифрикционные сплавы взамен бронз для монометаллических подшипников, работающих в условиях граничного трения // Вестник Брянского государственного технического университета. 2016. N4(52). С. 22-31.

2. Абрамов А.А. Высокопрочные литейные алюминиевые сплавы. Достижения и перспективы. Ч. I. Классификация и особенности высокопрочных литейных алюминиевых сплавов // Литейное производство. 2021. N2. С. 13-19.

3. Абрамов А.А. Высокопрочные литейные алюминиевые сплавы. Достижения и перспективы. Ч. II. Технологические процессы // Литейное производство. 2021. N3. С. 2-8.

4. Черноиванов В.И., Лялякин В.П., Голубев И.Г. Организация и технология восстановления деталей машин. М.: Росинформагротех. 2016. 568 с.

5. Корнеев В.М., Новиков В.С., Кравченко И.Н., Очковский Н.А., Петровский Д.И. Технология ремонта машин. М.: ИНФРА-М. 2018. 312 с.

6. Михальченков А.М., Тюрева А.А., Козарез И.В. Ресурсосберегающие технологии ремонта сельскохозяйственной техники. Брянск: Брянский ГАУ. 2018. 249 с.

7. Буздыгар Т.В., Каширин А.И., Клюев О.Ф., Шкодкин А.В. Применение газодинамического напыления металлов в ремонте автотракторной техники // Труды ГОСНИТИ. 2010. Т. 105. С. 167-169.

8. Козлов И.А., Лещев К.А., Никифоров А.А., Демин С.А. Холодное газодинамическое напыление покрытий (обзор) // Труды ВИАМ. 2020. N8(90). С. 77-93.

9. Назаркин А.С., Сахаров А.Ю., Земсков А.М., Ионов П.А. Поиск рациональных технологических режимов холодного газодинамического напыления // Технический сервис машин. 2019. Т. 57. N3(136). С. 106-113.

10. Чавдаров А.В., Толкачев А.А. Восстановление внутренних поверхностей цилиндрических деталей малых диаметров холодным газодинамическим напылением // Технический сервис машин. 2020. Т. 58. N3(140). С. 128-136.

11. Коломейченко А.В., Логачев В.Н., Титов Н.В. Комбинированная технология восстановления и упрочнения втулок шестеренных гидромоторов с использованием газодинамического напыления // Технический сервис машин. 2022. Т. 60. N4(149). С. 68-77.

12. Марков М.А., Кузнецов Ю.А., Красиков А.В., Быкова А.Д., Фадин Ю.А., Кравченко И.Н., Беляков А.Н., Перевислов С.Н. Исследование характеристик керамических покрытий, полученных микродуговым оксидированием на постоянном и переменном токах в силикатно-щелочном электролите // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2020. N1. С. 72-80.

13. Mikheev A.E., Girn A.V., Ravodina D.V., Elizar'eva I.G. The influence of prefinishing operations at titanium alloys on the characteristics of MAO coatings. Siberian Journal of Science and Technology. 2020. Vol. 21. N1. С. 115-124.

14. Эпельфельд А.В., Людин В.Б., Суминов И.В., Крит Б.Л., Борисов А.М., Григорьев С.Н. Микродуговое оксидирование. М.: МГТУ «СТАНКИН». 2020. 94 с.

15. Криштал М.М., Ивашин П.В., Полунин А.В. Микродуговое оксидирование алюминиево-кремниевых сплавов. Тольятти: Изд-во ТГУ. 2016. 128 с.

16. Коломейченко А.В., Логачев В.Н., Титов Н.В. Повышение ресурса деталей машин с использованием микродугового оксидирования // Технология машиностроения. 2014. N9. С. 34-38.

17. Милованов Д.А., Чавдаров А.В. Исследование свойств МДО-покрытий для цилиндро-поршневой группы ДВС при нанолегировании // Труды ГОСНИТИ. 2018. Т. 132. С. 176-181.

18. Malyshev V.N., Volkhin A.M. Antifriction properties increasing of ceramic MAO-coatings. Proceedings of the Institution of mechanical engineers. Part. J. Journal of Engineering Tribology. 2014. Vol. 228. N4. 435-444.

19. Коломейченко А.В., Логачев В.Н., Титов Н.В. Комбинированные способы восстановления и упрочнения деталей машин с использованием МДО-покрытий // Труды ГОСНИТИ. 2014. Т. 115. С. 150-157.

20. Чавдаров А.В. Экспериментальное исследование по определению оптимального состава и толщины напыляемого слоя для дальнейшего проведения процесса МДО // Технический сервис машин. 2021. Т. 59. N4(145). С. 156-160.

21. Коломейченко А.В., Логачев В.Н., Титов Н.В., Кравченко И.Н. Повышение надежности деталей машин комбинированными методами с применением микродугового оксидирования // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2014. N9. С. 17-23.

22. Кузнецов Ю.А., Башкирцев В.И., Башкирцев Ю.В. Технико-экономическое обоснование внедрения мероприятий научно-технического прогресса в АПК. М.: Российская инженерная академия менеджмента и агробизнеса. 2015. 91 с.

23. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники / Под ред. А.В. Шпилько. М.: Прогресс–Академия. 1998. 219 с.

References

1. Mironov A.E., Gershman I.S., Gershman E.I. Novyye alyuminiyevyye antifriktsionnyye splavy vzamen bronz

dlya monometallicheskikh podshipnikov, rabotayushchikh v usloviyakh granichnogo treniya [New aluminum antifriction alloys instead of bronzes for monometallic bearings operating under conditions of boundary friction]. Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2016. N4(52). 22-31 (In Russian).

2. Abramov A.A. Vysokoprochnyye liteynyye alyuminiyevyye splavy. Dostizheniya i perspektivy. Ch. I. Klassifikatsiya i osobennosti vysokoprochnykh liteynykh alyuminiyevykh splavov [High-strength cast aluminum alloys. Achievements and prospects. Part I. Classification and features of high-strength cast aluminum alloys]. Liteynoye proizvodstvo. 2021. N2. 13-19 (In Russian).

3. Abramov A.A. Vysokoprochnyye liteynyye alyuminiyevyye splavy. Dostizheniya i perspektivy. Ch. II. Tekhnologicheskiye protsessy [High-strength cast aluminum alloys. Achievements and prospects. Part II. Technological processes]. Liteynoye proizvodstvo. 2021. N3. 2-8 (In Russian).

4. Chernoivanov V.I., Lyalyakin V.P., Golubev I.G. Organizatsiya i tekhnologiya vosstanovleniya detaley mashin [Organization and technology of restoration of machine parts]. Moscow: Rosinformagrotekh. 2016. 568 (In Russian).

5. Korneyev V.M., Novikov V.S., Kravchenko I.N., Ochkovskiy N.A., Petrovskiy D.I. Tekhnologiya remonta mashin [Machine repair technology]. Moscow: INFRA-M. 2018. 312 (In Russian).

6. Mikhal'chenkov A.M., Tyureva A.A., Kozarez I.V. Resursosberegayushchiye tekhnologii remonta sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Resource-saving technologies for agricultural machinery repair]. Bryansk: Bryanskiy GAU. 2018. 249 (In Russian).

7. Buzdygar T.V., Kashirin A.I., Klyuyev O.F., Shkodkin A.V. Primeneniye gazodinamicheskogo napyleniya metallov v remonte avtotraktornoy tekhniki [Application of gas-dynamic spraying of metals in the repair of automotive equipment]. Trudy GOSNITI. 2010. Vol. 105. 167-169 (In Russian).

8. Kozlov I.A., Leshchev K.A., Nikiforov A.A., Demin S.A. Kholodnoye gazodinamicheskoye napyleniye pokrytiy (obzor) [Cold gas dynamic coating spraying (overview)]. Trudy VIAM. 2020. N8(90). 77-93 (In Russian).

9. Nazarkin A.S., Sakharov A.Yu., Zemskov A.M., Ionov P.A. Poisk ratsional'nykh tekhnologicheskikh rezhimov kholodnogo gazodinamicheskogo napyleniya [Search for rational technological modes of cold gas dynamic spraying]. Tekhnicheskiy servis mashin. 2019. Vol. 57. N3(136). 106-113 (In Russian).

10. Chavdarov A.V., Tolkachev A.A. Vosstanovleniye vnutrennikh poverkhnostey tsilindricheskikh detaley malykh diametrov kholodnym gazodinamicheskim napyleniyem [Restoration of internal surfaces of cylindrical parts of small diameters by cold gas-dynamic spraying]. Tekhnicheskiy servis mashin. 2020. Vol. 58. N3(140). 128-136 (In Russian).

11. Kolomeychenko A.V., Logachev V.N., Titov N.V. Kombinirovannaya tekhnologiya vosstanovleniya i uprochneniya vtulok shesterennykh gidromotorov c ispol'zovaniyem gazodinamicheskogo napyleniya [Combined technology of restoration and hardening of gear motor bushings using gas dynamic spraying]. Tekhnicheskiy servis mashin. 2022. Vol. 60. N4(149). 68-77 (In Russian).

12. Markov M.A., Kuznetsov Yu.A., Krasikov A.V., Bykova A.D., Fadin Yu.A., Kravchenko I.N., Belyakov A.N., Perevislov S.N. Issledovaniye kharakteristik keramicheskikh pokrytiy, poluchennykh mikrodugovym oksidirovaniyem na postoyannom i peremennom tokakh v silikatno-shchelochnom elektrolite [Characteristics of ceramic coatings obtained by microarc oxidation at direct and alternating currents in a silicate-alkaline electrolyte]. Problemy mashinostroyeniya i avtomatizatsii. 2020. N1. 72-80 (In Russian).

13. Mikheev A.E., Girn A.V., Ravodina D.V., Elizar'eva I.G. The influence of prefinishing operations at titanium alloys on the characteristics of MAO coatings. Siberian Journal of Science and Technology. 2020. Vol. 21. N1. 115-124.

14. Epel' fel' d A.V., Lyudin V.B., Suminov I.V., Krit B.L., Borisov A.M., Grigor'yev S.N. Mikrodugovoye oksidirovaniye [Microarc oxidation]. Moscow: MGTU «STANKIN». 2020. 94 (In Russian).

15. Krishtal M.M., Ivashin P.V., Polunin A.V. Mikrodugovoye oksidirovaniye alyuminiyevo-kremniyevykh splavov [Microarc oxidation of aluminum-silicon alloys]. Tol'yatti: Izd-vo TGU. 2016. 128 (In Russian).

16. Kolomeychenko A.V., Logachev V.N., Titov N.V. Povysheniye resursa detaley mashin s ispol'zovaniyem mikrodugovogo oksidirovaniya [Increasing the life of machine parts using micro-arc oxidation]. Tekhnologiya mashinostroyeniya. 2014. N9. 34-38 (In Russian).

17. Milovanov D.A., Chavdarov A.V. Issledovaniye svoystv MDO-pokrytiy dlya tsilindro-porshnevoy gruppy DVS pri nanolegirovanii [Properties of MAO coatings for the cylinder-piston group of internal combustion engines during nanoloading]. Trudy GOSNITI. 2018. Vol. 132. 176-181 (In Russian).

18. Malyshev V.N., Volkhin A.M. Antifriction properties increasing of ceramic MAO-coatings. Proceedings of the Institution of mechanical engineers. Part. J. Journal of Engineering Tribology. 2014. Vol. 228. N4. 435-444.

19. Kolomeychenko A.V., Logachev V.N., Titov N.V. Kombinirovannyye sposoby vosstanovleniya i uprochneniya detaley mashin s ispol'zovaniyem MDO-pokrytiy [Combined methods of restoration and hardening of machine parts using MDO coatings]. Trudy GOSNITI. 2014. Vol. 115. 150-157 (In Russian).

20. Chavdarov A.V. Eksperimental'noye issledovaniye po opredeleniyu optimal'nogo sostava i tolshchiny napylyayemogo sloya dlya dal'neyshego provedeniya protsessa MDO [Experimental study to determine the optimal composition and thickness of the sprayed layer for further implementation of the MAO process]. Tekhnicheskiy servis mashin. 2021. Vol. 59. N4(145). 156-160 (In Russian).

21. Kolomeychenko A.V., Logachev V.N., Titov N.V.,

Kravchenko I.N. Povysheniye nadezhnosti detaley mashin kombinirovannymi metodami s primeneniyem mikrodugovogo oksidirovaniya [Improving the reliability of machine parts by combined methods using microarc oxidation]. Remont. Vosstanovleniye. Modernizatsiya. 2014. N9. 17-23 (In Russian).

22. Kuznetsov Yu.A., Bashkirtsev V.I., Bashkirtsev Yu.V. Tekhniko-ekonomicheskoye obosnovaniye vnedreniya meropriyatiy nauchno-tekhnicheskogo progressa v APK [Feasibility of introducing scientific and technological progress measures in the agro-industrial complex]. Moscow: Rossiyskaya inzhenernaya akademiya menedzhmenta i agrobiznesa. 2015. 91 (In Russian).

23. Metodika opredeleniya ekonomicheskoy effektivnosti tekhnologiy i sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Methodology for determining the economic efficiency of technologies and agricultural machinery]. Ed. by A.V. Shpil'ko. Moscow: Progress–Akademiya. 1998. 219 (In Russian).

Заявленный вклад соавторов

Титов Н.В. – научное руководство, анализ и доработка текста;
Логачев В.Н. – подготовка текста;
Коломейченко А.В. – подготовка текста, анализ данных;
Кузнецов И.С. – редактирование текста;
Чернышов Н.С. – подготовка и анализ литературных данных.
Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Contributions of the coauthors

Titov N.V. – scientific guidance, analysis and revision of the manuscript;
Logachev V.N. – manuscript preparation;
Kolomeichenko A.V. – manuscript preparation, data analysis;
Kuznetsov I.S. – manuscript editing;
Chernyshov N.S. – preparation and analysis of literary data.
All the authors have read and approved the final manuscript.

DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-76-81 CC BY УДК 621.9.047 / 621.793

Сравнительные испытания на трение бронзовых покрытий из вторичных материалов

Роман Николаевич Задорожний, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник;
Елизавета Юрьевна Кудряшова, кандидат технических наук, научный сотрудник;
Илья Владимирович Романов, младший научный сотрудник, e-mail: gosniti1953@mail.ru

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *Сравнительные триботехнические исследования образцов с покрытием на основе вторичных композиционных материалов на машине трения – важное направление в развитии технологий повышения износостойкости и снижения трения в различных промышленных отраслях. Вторичные композиционные материалы получают из отходов производства, что позволяет снизить затраты и уменьшить экологическую нагрузку. Одним из примеров указанных материалов служат покрытия, полученные сварочно-наплавочными методами электроэрозионных порошков на основе меди или твердого сплава из отходов инструментальных производств или отходов цветных металлов и сплавов. (Цель исследования) Выполнить сравнительный анализ триботехнических свойств образцов с покрытием на основе вторичных композиционных материалов на машине трения. (Материалы и методы) Изготовили для проведения сравнительных исследований образцы с покрытием на основе вторичных материалов и образцы без покрытия. Использовали машину для испытания материалов на трение и износ ИИ 5018. (Результаты и обсуждение) Установили, что образцы с покрытием на основе вторичных композиционных материалов имеют более высокую износостойкость и меньшее трение по сравнению с образцами без покрытия. Покрытие на основе вторичных композиционных материалов обладает более высокой твердостью и устойчивостью к износу. Выявили, что при увеличении нагрузки и скорости скольжения разница в износостойкости и трении между образцами с покрытием и без покрытия увеличивается. Покрытие на основе вторичных композиционных материалов особенно эффективно в условиях высоких нагрузок и скоростей скольжения. (Выводы) Сравнительные триботехнические исследования образцов с покрытием на основе вторичных композиционных материалов на машине трения показали, что данные покрытия могут быть эффективным способом повышения износостойкости и снижения трения в различных промышленных отраслях.*

Ключевые слова: *сравнительные испытания, бронзовое покрытие, вторичные материалы, испытание на трение, машина трения, электроэрозионное диспергирование.*

Для цитирования: *Задорожний Р.Н., Кудряшова Е.Ю., Романов И.В. Сравнительные испытания на трение бронзовых покрытий из вторичных материалов // Технический сервис машин. 2023. Т. 61. N3(152). С. 76-81. DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-76-81. SEMWYL*

Comparative friction tests of bronze coatings from secondary materials

Roman N. Zadorozhniy, Ph.D.(Eng.), leading researcher;
Elizaveta Yu. Kudryashova, Ph.D.(Eng.), research assistant;
Ilya V. Romanov, junior researcher

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. *Comparative tribotechnical studies of coated samples based on secondary composite materials on a friction machine is an important direction in the development of technologies to increase wear resistance and reduce friction in various industrial sectors. Secondary composite materials are obtained from production waste, which reduces costs and reduces the environmental burden. One of the examples of these materials are coatings obtained by welding and surfacing methods of electroerosive powders based on copper or a hard alloy from waste of tool industries or waste of non-ferrous metals and alloys. (Research purpose) The*

research purpose is performing a comparative analysis of tribotechnical properties of samples coated by secondary composite materials on a friction machine. (Materials and methods) Samples with a coating based on secondary materials and samples without a coating were produced for comparative studies. A machine was used to test materials for friction and wear AI 5018. (Results and discussion) It was found that coated samples based on secondary composite materials have higher wear resistance and less friction compared to uncoated samples. The coating based on secondary composite materials has a higher hardness and resistance to wear. It was found that with increasing load and sliding speed, the difference in wear resistance and friction between coated and uncoated samples increases. The coating based on secondary composite materials is particularly effective in conditions of high loads and sliding speeds. (Conclusions) Thus, comparative tribotechnical studies of coated samples based on secondary composite materials on a friction machine have shown that such coatings can be an effective way to increase wear resistance and reduce friction in various industrial sectors.

Keywords: *comparative tests, bronze coating, secondary materials, friction test, friction machine, electroerosive dispersion.*

For citation: *Zadorozhniy R.N., Kudryashova E.Yu., Romanov I.V. Sravnitel'nyye ispytaniya na treniye bronzovykh pokrytiy iz vtorichnykh materialov [Comparative friction tests of bronze coatings from secondary materials]. Tekhnicheskiy servis mashin. 2023. Vol. 61. N3(152). 76-81 (In Russian). DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-76-81. SEMWYL.*

В настоящее время требуется повышенная износостойкость и долговечность материалов, поэтому триботехнические исследования становятся все более актуальными. Одним из способов улучшения триботехнических свойств материалов служит нанесение на их поверхность покрытий на основе вторичных композиционных материалов [1].

Вторичные композиционные материалы – это материалы, полученные из отходов производства или переработки других материалов. Они обладают рядом преимуществ, таких как низкая стоимость, экологическая безопасность и возможность повторного использования [2, 3].

Примером указанных материалов могут послужить электроэрозионные порошки на основе меди или твердых сплавов из отходов инструментальных производств или отходов цветных металлов и сплавов. Нанесение покрытий на основе вторичных композиционных материалов на поверхность деталей машин и оборудования может значительно улучшить их триботехнические свойства, такие как износостойкость, снижение трения и повышение смазочных свойств [4, 5].

Сравнительные триботехнические исследования образцов с покрытием на основе вторичных композиционных материалов проводятся для определения их эффективности и сравнения с другими материалами и покрытиями. В ходе исследований изучаются следующие параметры: коэффициент трения, износостойкость, смазочные свойства и другие характеристики.

Цель исследования – выполнить сравнительный анализ триботехнических свойств образцов с покрытием на основе вторичных композиционных материалов на машине трения.

Результаты исследования будут применены для оптимизации процессов нанесения покрытий на основе вторичных композиционных материалов и выбора наиболее эффективных материалов для повышения триботехнических свойств деталей машин и оборудования.

Материалы и методы. Экспериментальные исследования проводили в ЦКП «Нано-Центр» с использованием следующего оборудования: рентгено-флоуресцентного спектрометра марки *NITON*; трибометра *TRB-S-DE*; машины трения ИИ5018; микротвердомеров КМТ-1 и *DuraScan*-20 и других средств измерения.

Образцы для сравнительных испытаний были подготовлены в соответствии с ГОСТ 23.224-86 и нормативным документом РД 50-662-88. На данные образцы наносили покрытия из бронзы марки БрАЖ9-4 и ИПС бронзы, полученной методом искрового плазменного спекания бронзового порошка. Сам порошок был ранее получен электроэрозионным диспергированием металлического лома, состоящего преимущественно из бронзы марки БрАЖ9-4, чем обусловлен выбор покрытия образца-эталона. К тому же данная бронза относится к недорогим и наиболее часто используется для изготовления деталей различной техники.

Обработку результатов исследований проводили с использованием методов математической статистики и современных вычислительных средств.

Результаты и обсуждение. Сравнительные испытания по типу «колодка–ролик» выполняли на машине трения ИИ-5018 (*рис. 1*). Условиям граничного трения подвергали два вида образцов:

- образцы соединений с покрытиями: неподвижные образцы «колодки» (сталь 45 + бронза БрАЖ9-4, нанесенная методом электроискровой обработ-

ки) – подвижные образцы «ролики» (Х12ВМФ);

- образцы соединений с покрытиями: неподвижные образцы «колодки» (сталь 45 + ИПС бронза, нанесенная методом электроискровой обработки) – подвижные образцы «ролики» (Х12ВМФ).

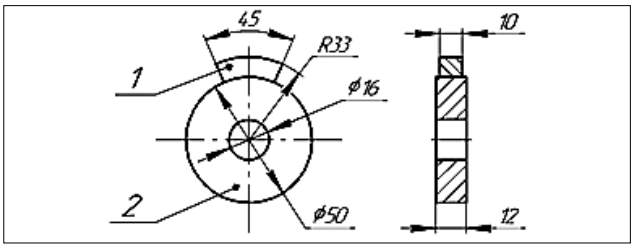


Рис. 1. Общий вид и размеры модельных образцов: 1 – колодка; 2 – ролик

Химические составы применяемых сталей определяли с помощью искрового оптико-эмиссионного спектрометра *Q4 TASMAN* 170, а наплавляемых электродных материалов – при помощи рентгенофлуорисцентного спектрометра марки *Niton XL3t GOLD+* (*табл.1*).

На сопрягаемую с роликом сторону колодки наносили бронзовое покрытие на установке для электроискровой обработки модификации «Вестрон» тип АИ-007 в соответствии с оптимальными режимами обработки, представленными в *таблице* 4 [6, 7].

Для испытаний подготовили по три образца с каждым видом металлопокрытия бронзой. После ЭИО бронзой колодки подгоняли под конфигурацию ролика механическим способом [8].

Испытания проходили в условиях граничного трения при температуре окружающей среды 20 °С и частоте вращения ролика 400 об/мин. В качестве смазки использовали масло гидравлическое МГЕ-46В ТУ 38.001347. Все входные данные эксперимента, а именно: схема, условия, время испытания, размеры, материал образцов и другие параметры испытания поступали на пульт оператора, который в процессе испытаний принимает и преобразует информацию в цифровую форму от датчиков измерения момента трения и усилия прижима, а также растрового датчика числа оборотов. Получаемые выходные параметры в виде графика и цифровых данных выдаются на монитор пульта оператора и дублируются на персональный компьютер (ПК) при помощи специального программного обеспечения. На панели пульта управления, а также мониторе ПК, подключенном к машине трения, в реальном времени отображались график изменения усилия, момента, число оборотов, температура и время эксперимента. По завершению эксперимента автоматически формировался протокол эксперимента. Испытания сопряжений на прирабатываемость осуществлялись при ступенчатом повышении нагрузки [9].

Таблица 1

Химический состав применяемых сталей

Марка	***C***	***Si***	***Mn***	***Ni***	***S***	***P***	***Cr***	***Cu***	***V***	***W***
Х12ВМФ	1,701	0,222	0,202	0,15	до 0,005	до 0,001	11,61	0,055	0,249	0,385
Сталь 45	0,42-0,50	0,17-0,37	0,5-0,8	до 0,30	до 0,035	до 0,03	до 0,25	до 0,30	-	-

Таблица 2

Физико-механические свойства применяемых сталей

Марка	**Твердость**	**Модуль упругости, 10^{12}·Па**	**Плотность при t = 20 °С, кг/м³**
Х12ВМФ	НВ 217-228	310-320	7700
Сталь 45	НВ 170-207	211-223	7826

Таблица 3

Удельная поверхность и пористость электродного материала

Вид образца	**Удельная поверхность, м²/г**	**Объем пор, см³/г**	**Радиус пор, см**
Бронза БрАЖ9-4	1,09	$4{,}4\cdot10^{-4}$	$14{,}2\cdot10^{-8}$
Бронза ИПС	0,72	$4{,}0\cdot10^{-4}$	$15{,}5\cdot10^{-8}$

Физико-механические свойства применяемых сталей показали в *таблице* 2.

Площади удельной поверхности и среднего размера пор наплавляемых электродных материалов оценивали на анализаторе удельной поверхности модели *Autosorb-1* (*табл. 3*).

Таблица 4

Режимы электроискровой обработки стальных образцов-дисков электродами из бронзы марки БрАЖ9-4 и ИПС бронзы

Материал электрода	**Параметры**			
	$U_{разр}$, **В**	$C_{разр}$, **мкФ**	$F_{имп}$, **Гц**	$I_р$, **А**
Бронза марки БрАЖ9-4	210	240	100	12
ИПС бронза	160	300	100	13

Длительность каждой ступени, т. е. время, при котором сопряжение находилось под определенной нагрузкой, выбиралось с учетом стабилизации коэффициента трения и было примерно одинаково, составляло приблизительно 20 мин [10].

В течение испытаний на диаграмме непрерывно фиксировались момент и прикладываемое усилие (нагрузка), число выполненных оборотов, температура и общее время эксперимента [11-13].

Обработка полученных данных позволила построить зависимость изменения коэффициента трения $\mu_{ср}$ от нагрузки *P*. Результаты исследования сопряжения при ступенчатом изменении нагрузки на прирабатываемость представили на *рисунках* 2, 3.

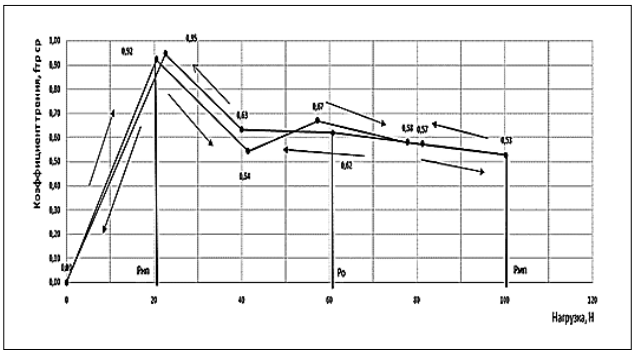


Рис. 2. Результаты испытаний на прирабатываемость сопряжения «колодка» (сталь 45 + ЭИО БрАЖ9-4) – «ролик» (Х12ВМФ)

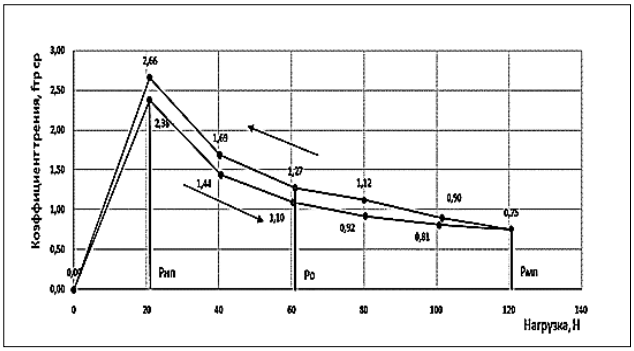


Рис. 3. Результаты исследования на прирабатываемость сопряжения «колодка» (сталь 45 + ЭИО ИПС бронза) – «ролик» (Х12ВМФ)

Длительные испытания сопряжений проводили после определения нагрузки $P_{оп}$ на прирабатываемость. Исследуемые сопряжения прошли путь 16500-24000 м, что соизмеримо 5-6 ч работы. В течение испытаний на диаграмме непрерывно фиксировались момент трения и усилие, прикладываемое к образцу.

Диаграммы изменения момента трения в процессе испытания на износостойкость сопряжений представили на *рисунках 4, 5*. По завершению эксперимента помимо весового износа образца и индентора фиксировали весовой износ (образца) колодки и (контробразца) ролика.

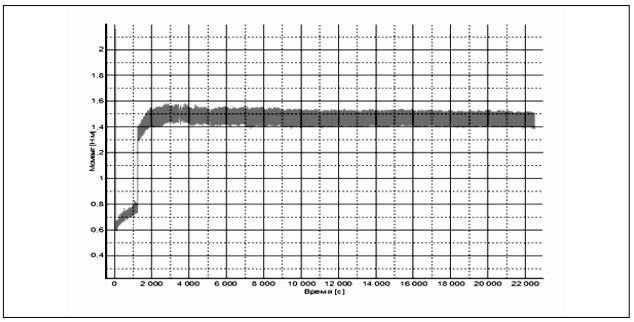


Рис. 4. Диаграммы изменения момента трения в процессе длительных испытаний пары трения «колодка» (сталь 45 + ЭИО БрАЖ9-4) – «ролик» (Х12ВМФ)

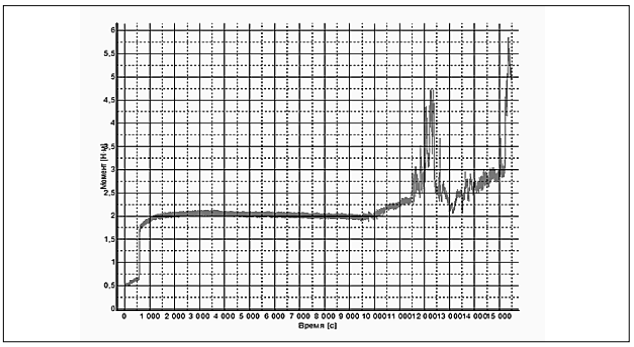


Рис. 5. Диаграммы изменения момента трения в процессе длительных испытаний пары трения «колодка» (сталь 45 + ЭИО ИПС бронза) – «ролик» (Х12ВМФ)

Анализ результатов испытаний показали в *таблице* 5.

Анализ исследуемых сопряжений неподвижные образцы «колодка» (сталь 45 + ЭИО бронза

Таблица 5

Анализ результатов триботехнических испытаний сопряжений бронзовым покрытием «колодка–ролик»

№*	Показатель прирабатываемости, П	Показатели работоспособности, Н			Интенсивность изнашивания J, x10^{-13} мм/мм	Фактор износа, Φ x10^{-13} мм/мм Н	Коэффициент трения в нормальном режиме, μ_o
		$P_{пп}$	P_0	$P_{мп}$			
1.1	2,09	21	61	100	8,03	13,2	0,62
2.2	1,29	21	61	121	7,65	12,5	1,27

Примечание (*):
1.1. Сопряжение неподвижные образцы «колодка» (сталь 45 + ЭИО бронза БрАЖ 9-4) – подвижные образцы «ролик» (Х12ВМФ);
2.2. Сопряжение неподвижные образцы «колодка» (сталь 45 + ЭИО ИПС бронза) – подвижные образцы «ролик» (Х12ВМФ).

БрАЖ 9-4) – подвижные образцы «ролик» (Х12ВМФ) и неподвижные образцы «колодка» (сталь 45 + ЭИО ИПС бронза) – подвижные образцы «ролик» (Х12ВМФ) показал, что средние значения комплексного параметра фактора износа и интенсив-

ности изнашивания имеют практически близкий результат. Данные результаты можно объяснить тем, что основа ИПС бронзы – бронза мари БрАЖ9-4, примесей в которой содержится не более 5%.

Выводы. Результаты сравнительных триботехнических испытаний образцов на трибометре в условиях граничного трения показали, что значения показателя фактора износа для исследуемых сопряжений: «ЭИО ИПС бронзы + Сталь 100Cr6» в 8,59 раз больше этого же параметра для «ЭИО БрАЖ9-4 + Сталь 100Cr6», в условиях сухого трения у сопряжения «ЭИО ИПС бронзы + Сталь 100Cr6» в 2,58 раза больше, чем у сопряжения «ЭИО БрАЖ9-4 + Сталь 100Cr6». Средние показатели прирабатываемости у этих сопряжений в условиях сухого трения практически равные, а в условиях граничного трения у сопряжения с покрытием ЭИО ИПС бронза он меньше на 23%.

Некоторое уменьшение комплексных показателей триботехнических свойств сопряжений (прирабатываемости и фактора износа) связано с наличием в покрытии ЭИО ИПС бронза до 5% примесей (медь М1, бронза БрКМц3-1).

Проведенные сравнительные износные испытания модельных образцов на машине трения в условиях граничного трения показали практически близкий результат среднего значения комплексного параметра фактора износа и интенсивности изнашивания.

Следует учитывать, что ускоренные сравнительные испытания сопряжений на износостойкость дают качественную сравнительную оценку исследуемых сопряжений. Для количественной оценки их эксплуатационной работоспособности требуется проведение эксплуатационных испытаний.

Библиографический список

1. Романов И.В., Задорожний Р.Н. Методы получения металлических порошков для технологий восстановления и упрочнения деталей сельскохозяйственной техники // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. 2019. N11. С. 37-44.

2. Задорожний Р.Н., Романов И.В., Шемберев И.А. Исследование свойств металлических порошков, полученных из отходов твердых сплавов электроэрозионным диспергированием // Труды ГОСНИТИ. 2018. Т. 130. С. 208-213.

3. Зуевский В.А., Задорожний Р.Н., Романов И.В. Использование порошковых материалов в технологиях восстановления и упрочнения деталей сельскохозяйственной техники // Технический сервис машин. Т. 59. 2021. N4(145). С. 180-190.

4. Агеев Е.В., Алтухов А.Ю., Воробьев Е.А. Применение электроэрозионного порошка быстрорежущей стали при восстановлении изношенных деталей автомобилей // Вестник Брянского государственного технического университета. 2016. N4(52). С. 192-198.

5. Богатырев С.А., Сафонов В.В. Обоснование целесообразности разработки ресурсосберегающих технологий восстановления металлоемких деталей // Научное обозрение. 2015. N5. С. 94-98.

6. Иванов В.И. Электроискровые технологии и оборудование // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. 2020. N4. С. 20-34.

7. Агеев Е.В., Латыпов Р.А. Восстановление и упрочнение деталей автотракторной техники порошками, полученными электроэрозионным диспергированием отходов твердых сплавов // Международный научный журнал. 2011. N5. С. 103-106.

8. Евсюков А.А., Денисов В.А. Исследование физико-механических свойств электроискровых покрытий // Инновационные технологии, оборудование и материальные заготовки в машиностроении: сборник трудов Международной научно-технической конференции. Москва. 2022. С. 297-299.

9. Рещиков Е.О., Романов И.В., Задорожний Р.Н. Повышение надежности узлов трения, изготовленных из титановых сплавов // Технический сервис машин. 2021. Т. 59. N1(142). С. 100-106.

10. Денисов В.А., Задорожний Р.Н., Романов И.В., Чумак Н.И., Шитов А.О. Триботехнические свойства материалов для опор скольжения культиваторов // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2022. Т. 16. N4. С. 13-18.

11. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Сидоров С.А., Хорошенков В.К., Лужнова Е.С., Миронов Д.А., Зайцев А.И., Родионова И.Г., Павлов А.А., Амежнов А.В. Использование биметаллических сталей для повышения ресурса рабочих органов селскохозяйственных машин // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2013. N2. С. 80-81.

12. Лобачевский Я.П., Сидоров С.А., Миронов Д.А., Хорошенков В.К., Вайнерман А.Е., Пичужкин С.А., Голосиенко С.А., Чернобаев С.П., Юрков М.А. Новые износостойкие наплавочные материалы в сельскохозяйственном машиностроении // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2014. Т. 8. N6. С. 27-31.

13. Sidorov S.A., Khoroshenkov V.K., Lobachevsky Ya.P., Akhmedova T.S. Improving wear resistance of agricultural machine components by applying hard-alloy thick-laver coatings using plasma surfacing. Metallurgist. 2017. Vol. 60. N11-12. 1290-1294.

References

1. Romanov I.V., Zadorozhniy R.N. Metody polucheniya metallicheskikh poroshkov dlya tekhnologiy vosstanovleniya i uprochneniya detaley sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Methods of obtaining metal powders for technologies of restoration and hardening of agricultural machinery parts]. Sel'skokhozyaystvennaya tekhnika: obsluzhivaniye i remont. 2019. N11. 37-44 (In Russian).

2. Zadorozhniy R.N., Romanov I.V., Shemberev I.A. Issledovaniye svoystv metallicheskikh poroshkov, poluchennykh iz otkhodov tverdykh splavov elektroerozionnym dispergirovaniyem [Investigation of the properties of metal powders obtained from solid alloy waste by electroerosive dispersion]. Trudy GOSNITI. 2018. Vol. 130. 208-213 (In Russian).

3. Zuyevskiy V.A., Zadorozhniy R.N., Romanov I.V. Ispol'zovaniye poroshkovykh materialov v tekhnologiyakh vosstanovleniya i uprochneniya detaley sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [The use of powder materials in the technologies of restoration and hardening of agricultural machinery parts]. Tekhnicheskiy servis mashin. Vol. 59. 2021. N4(145). 180-190 (In Russian).

4. Ageyev E.V., Altukhov A.Yu., Vorob'yev E.A. Primeneniye elektroerozionnogo poroshka bystrorezhushchey stali pri vosstanovlenii iznoshennykh detaley avtomobiley [The use of high-speed steel electroerosive powder in the restoration of worn car parts]. Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2016. N4(52). 192-198 (In Russian).

5. Bogatyrev S.A., Safonov V.V. Obosnovaniye tselesoobraznosti razrabotki resursosberegayushchikh tekhnologiy vosstanovleniya metalloyemkikh detaley [Justification of the feasibility of developing resource-saving technologies for the restoration of metal-intensive parts]. Nauchnoye obozreniye. 2015. N5. 94-98 (In Russian).

6. Ivanov V.I. Elektroiskrovyye tekhnologii i oborudovaniye [Electric spark technologies and equipment]. Sel'skokhozyaystvennaya tekhnika: obsluzhivaniye i remont. 2020. N4. 20-34 (In Russian).

7. Ageyev E.V., Latypov R.A. Vosstanovleniye i uprochneniye detaley avtotraktornoy tekhniki poroshkami, poluchennymi elektroerozionnym dispergirovaniyem otkhodov tverdykh splavov [Restoration and hardening of parts of automotive equipment with powders obtained by electroerosive dispersion of solid alloy waste]. Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal. 2011. N5. 103-106 (In Russian).

8. Evsyukov A.A., Denisov V.A. Issledovaniye fiziko-mekhanicheskikh svoystv elektroiskrovykh pokrytiy [Investigation of physical and mechanical properties of electric spark coatings]. Innovatsionnyye tekhnologii, oborudovaniye i material'nyye zagotovki v mashinostroyenii: sbornik trudov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. Moscow. 2022. 297-299 (In Russian).

9. Reshchikov E.O., Romanov I.V., Zadorozhniy R.N. Povysheniye nadezhnosti uzlov treniya, izgotovlennykh iz titanovykh splavov [Improving the reliability of friction units made of titanium alloys]. Tekhnicheskiy servis mashin. 2021. Vol. 59. N1(142). 100-106 (In Russian).

10. Denisov V.A., Zadorozhniy R.N., Romanov I.V., Chumak N.I., Shitov A.O. Tribotekhnicheskiye svoystva materialov dlya opor skol'zheniya kul'tivatorov [Tribotechnical properties of materials for sliding supports of cultivators]. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. 2022. Vol. 16. N4. 13-18 (In Russian).

11. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Sidorov S.A., Khoroshenkov V.K., Luzhnova E.S., Mironov D.A., Zaytsev A.I., Rodionova I.G., Pavlov A.A., Amezhnov A.V. Ispol'zovaniye bimetallicheskikh staley dlya povysheniya resursa rabochikh organov selskokhozyaystvennykh mashin [The use of bimetallic steels to increase the resource of working bodies of agricultural machines]. Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk. 2013. N2. 80-81 (In Russian).

12. Lobachevskiy Ya.P., Sidorov S.A., Mironov D.A., Khoroshenkov V.K., Vaynerman A.E., Pichuzhkin S.A., Golosiyenko S.A., Chernobayev S.P., Yurkov M.A. Novyye iznosostoykiye naplavochnyye materialy v sel'skokhozyaystvennom mashinostroyenii [New wear-resistant surfacing materials in agricultural engineering]. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. 2014. Vol. 8. N6. 27-31 (In Russian).

13. Sidorov S.A., Khoroshenkov V.K., Lobachevsky Ya.P., Akhmedova T.S. Improving wear resistance of agricultural machine components by applying hard-alloy thick-laver coatings using plasma surfacing. Metallurgist. 2017. Vol. 60. N11-12. 1290-1294.

Заявленный вклад соавторов

Задорожний Р.Н. – научное руководство, анализ экспериментальных данных;
Кудряшова Е.Ю. – анализ литературных данных, подготовка текста;
Романов И.В. – доработка текста, анализ литературных данных.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Contributions of the coauthors

Zadorozhniy R.N. – scientific guidance, analysis of experimental data;
Kudryashova E.Yu. – analysis of literature data, preparation of the manuscript;
Romanov I.V. – revision of the manuscript, analysis of literature data.

All the authors have read and approved the final manuscript.

DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-82-86 CC BY УДК 67.014

Разработка формообразующего клеевого состава для ремонта деталей машин и оборудования

Юрий Владимирович Башкирцев, кандидат технических наук, доцент, e-mail: 4022550@mail.ru;
Игорь Владимирович Иванюк, кандидат технических наук, доцент кафедры

Мытищинский филиал Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана г. Мытищи, Российская Федерация

Реферат. *В настоящее время увеличивается спрос на создание новых технологий восстановления деталей, в первую очередь, корпусных деталей. Применение полимерных материалов позволяет удешевить их восстановление. (Цель исследования) Разработать формообразующий клеевой состав для ремонта деталей машин и оборудования с высокими технологическими свойствами. (Материалы и методы) Использовали в качестве полимерных материалов модифицированную смолу ЦМИД-СМ5, эпоксидную смолу ЭД-22 и отвердители И-5М, ПЭПА, ДТБ-2. Адгезионные свойства клеевого состава на сдвиг при нормальной, пониженной и повышенной температурах определяли согласно ГОСТ 14759-69. Показали, что суть метода заключается в определении величины разрушающей силы при растяжении стандартного образца, склеенного внахлест, усилиями, стремящимися сдвинуть одну половину образца относительно другой. Проводили испытания на разрывной машине Р-5. Выполняли исследования с постепенным увеличением нагрузки до разрушения образца при скорости машины 10 миллиметров в минуту. Характер разрушения оценивают в процентах от номинальной площади склеивания с точностью не более 5-10 процентов. (Результаты и обсуждение) Отметили, что основным свойством конструкционного материала служит допустимое напряжение на сжатие. Провели испытания на сжатие на цилиндрических образцах, изготовленных из разных полимерных материалов. Проведенные экспериментальные исследования с эпоксидной смолой ЭД-22 показали, что наибольшим нормальным напряжением сжатия обладают составы с отвердителем Этал-45Т7 и ДЭТА. (Выводы) Экспериментальными исследованиями доказали, что лучший полимерный состав для ремонта деталей основан на эпоксидной смоле ЭД-22 с отвердителем ДЭТА. Данный состав может использоваться для ремонта деталей машин и оборудования.*

Ключевые слова: *формообразующие клеевые составы, ремонт деталей машин и оборудования, модифицированная смола, эпоксидная смола, адгезионные свойства клеевых составов.*

Для цитирования: *Башкирцев Ю.В., Иванюк И.В. Разработка формообразующего клеевого состава для ремонта деталей машин и оборудования // Технический сервис машин. 2023. Т. 61. N3(152). С. 82- 86. DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-82-86. YQGIMW.*

Development of shaping adhesive composition for the repair of machines and equipment

Yuriy V. Bashkirtsev, Ph.D.(Eng.), associate professor;
Igor' V. Ivanyuk, Ph.D.(Eng.), associate professor of the department
Mytischi Branch of Bauman Moscow State Technical University, Mytishchi, Russian Federation

Abstract. *Currently, there is an increasing demand for the creation of new technologies for the restoration of parts, primarily for body parts. The use of polymer materials makes it possible to reduce the cost of their restoration. (Research purpose) The research purpose is developing a shaping adhesive composition for the repair of machine parts and equipment with high technological value. (Materials and methods) Modified resin CMID-SM5, epoxy resin ED-22 and hardeners I-5M, PEPA, DTB-2 were used as polymer materials. The adhesive properties of the adhesive composition for shear at normal, low and elevated temperatures were determined according to GOST 14759-69. It has been shown that the essence of the method is to determine the magnitude of the destructive force during stretching of a standard sample glued together by efforts tending to shift one half of the sample relative to the other. Tests were carried out on the R-5 bursting machine. Studies*

were carried out with a gradual increase in the load until the sample was destroyed at a machine speed of 10 millimeters per minute. The nature of the destruction is estimated as a percentage of the nominal bonding area with an accuracy of no more than 5-10 percent. (Results and discussion) It was noted that the main property of the structural material is the permissible compression stress. Compression tests were carried out on cylindrical samples made of different polymer materials. Experimental studies with ED-22 epoxy resin have shown that the compositions with Etal-45T7 and DETA hardener have the highest normal compression stress. (Conclusions) Experimental studies have shown that the best polymer composition for repairing parts is based on ED-22 epoxy resin with DETA hardener. This composition can be used for the repair of machine parts and equipment.

Keywords: *shaping adhesive compositions, repair of machine and equipment parts, modified resin, epoxy resin, adhesive properties of adhesive compositions.*

For citation: *Bashkirtsev Yu.V., Ivanyuk I.V. Razrabotka formoobrazuyushchego kleyevogo sostava dlya remonta detaley mashin i oborudovaniya [Development of shaping adhesive composition for the repair of machines and equipment]. Tekhnicheskiy servis mashin. 2023. Vol. 61. N3(152). 82-86 (In Russian). DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-82-86. YQGIMW.*

С течением времени стала очевидной проблема производства множества деталей и конструкций по причине удорожания материалов. Вследствие этого, появился спрос на восстановление и ремонт деталей, утерявших свои свойства для эксплуатации. В настоящее время возрастает спрос на создание новых технологий ремонта сложных в изготовлении объектов, таких как корпусные детали, трубопроводы и различные емкости хранения, так как процесс их производства становится дорогостоящим и трудоемким [1].

При применении полимерных материалов возможно удешевление восстановления машин. Происходит также снижение трудоемкости, так как использование полимерных материалов не требует дорогостоящего и сложного оборудования, разборки узлов и агрегатов; полимерные материалы могут заменить сварку и наплавку, а также восстанавливать детали, доступ к которым затруднен и опасен для ремонта [2, 3].

Цель исследования – разработать формообразующий клеевой состав для ремонта деталей машин и оборудования с высокими технологическими свойствами.

Материалы и методы. Для реализации технологии ремонта деталей и оборудования были использованы формообразующие клеи на основе полимерных материалов и высокомолекулярных соединений. В целях исследований адгезионных свойств формообразующих клеевых составов они подвергались испытаниям на сдвиг и на сжатие.

Адгезионные свойства клеевого состава на сдвиг определяются согласно ГОСТ 14759-69, который распространяется на клеи и устанавливает метод определения статической прочности при сдвиге клеевых соединений листовых металлов при нормальной, пониженной и повышенной температурах (от –196 до +1200 °С). Суть метода заключается в определении величины разрушающей силы при растяжении стандартного образца, склеенного внахлест, усилиями, стремящимися сдвинуть одну половину образца относительно другой [4, 5].

Испытания проводили на разрывной машине Р-5 с помощью специального приспособления (*рис.* 1).

а *б*

Рис. 1. Разрывная машина: а – общий вид; б – схема приспособления для закрепления склеенных образцов:1 – испытываемый образец; 2 – фиксатор; 3 – рукоятка; 4 – винт; 5 – вращающаяся гайка

Разрывная машина измеряет величину нагрузки при растяжении с погрешностью не более 1% от измеряемой величины. Образцы изготавливали согласно ГОСТ из полосы листового металла (алюминий) длиной 60 ± 0,3 мм, толщиной 2 ± 0,2 мм и шириной 20 ± 0,5 мм, длина которых 15 ± 0,5 мм. Образцы склеивали внахлест, так, чтобы смещение по ширине не превышало 0,5 мм. В плоскости клеевого шва продольная ось склеенного образца не должна иметь искривления. Перед склеиванием образцы зачищали наждачной бумагой и обезжиривали растворителем. Образцы выдерживали в течение 24 ч при температуре (23 ± 2) ^{0}С.

Для исследования было взято шесть образцов, полученные результаты привели к средним значениям, которые далее были использованы для анализа. Образцы испытывали на разрывной машине с помощью специального приспособления. Для

обеспечения установки образца в испытательную машину необходимо в образцах просверлить отверстие по продольной оси диаметром 6 мм так, чтобы расстояние между отверстиями составило 50 мм. Таким образом продольная ось образца будет совпадать с осью приложения нагрузки и осью приспособления. Испытания проводили с постепенным увеличением нагрузки до разрушения образца при скорости машины 10 мм/мин и фиксировали наибольшую нагрузку. Для определения значения разрушения обе части образца подвергали визуальному осмотру.

Характер разрушения оценивали в процентах от номинальной площади склеивания с точностью не более 5-10%.

Прочность клеевого соединения при сдвиге выражается величиной разрушающего напряжения τ, Па, которую вычисляли по формуле:

$$\tau = \frac{P}{F}, \quad (1)$$

где P – разрушающая нагрузка, H;

F – площадь склеивания, м^2.

Площадь склеивания определяли по формуле:

$$F = l \cdot b, \quad (2)$$

где l – длина нахлестки, м;

b – ширина нахлеста, м.

Величину разрушающего напряжения определяют до третьей десятичной цифры.

По результатам испытаний вычислили среднее арифметическое значение разрушающего напряжения:

$$\tau = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\tau_i, \quad (3)$$

где n – количество испытаний образцов;

τ_i – разрушающее напряжение, Па.

Результаты и обсуждение. Главная особенность формообразующих клеевых составов в том, что помимо свойств клеевого состава они имеют свойства конструкционного материала из-за полимеризации [6].

Основным свойством конструкционного материала служит допустимое напряжение на сжатие, по которому можно судить о прочностных свойствах материала, что важно для разработки нового материала. Это привело к необходимости проведения экспериментальных исследований формообразующего клеевого состава на сжатие.

Для производства состава на основе ЭД-22 необходимо было добавлять наполнитель до достижения оптимальной текучести смолы, чтобы получить первый компонент. Второй компонент состоял из отвердителя, в который также добавляли тот же наполнитель, чтобы достичь необходимой текучести. Затем два компонента смешивали в соотношении 3:1 (три объема материала на основе ЭД-22 к одному объему отвердителя). Состав на основе ЦМИД-СМ5 не требовал разбавителя, поскольку смола уже имела достаточно хорошую текучесть. Добавление лишь наполнителя до достижения оптимальной текучести давало первый компонент. Второй компонент состоял только из отвердителя, который добавляли в соотношении 1:3 (одна часть отвердителя к трем частям состава на основе модифицированной смолы). Результаты испытания на сжатие были проведены на цилиндрических образцах, так как в ходе сжатия цилиндра сжатие инструмента выступает за пределы торца испытуемого образца, вследствие чего возможно определить параметры моделей затвердевания.

Для обеспечения правильной ориентации образца при сжатии, необходимо, чтобы опорные плоскости были перпендикулярны направлению приложения нагрузки и параллельны между собой в пределах 0,1 от высоты образца. Для определения высоты образца необходимо использовать формулы, основанные на отношении коэффициента гибкости к наименьшему радиусу инерции:

$$h = i \cdot \lambda, \quad (4)$$

где i – минимальный радиус инерции, мм;

λ – коэффициент гибкости.

Коэффициент гибкости образца должен быть равным 10, в нашем случае образец в процессе испытания теряет устойчивость, поэтому коэффициент гибкости уменьшали до 6.

Минимальный радиус инерции вычисляли по формуле:

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}}, \quad (5)$$

где A – площадь поперечного сечения, мм^2;

I – основной минимальный момент инерции поперечного сечения, мм^4, который определяли по формуле:

$$I = \frac{\pi d^4}{64}.$$

Испытания проводили на машине сжатия ИМ-4Р с максимальным напряжением в 40 кН (*рис. 2*). Для автоматического вычерчивания диаграммы растяжения в большом масштабе использовали специальное приспособление. После проведения испытаний снимали показания с диаграммы и вычисляли нормальное напряжение при сжатии σ, МПа и относительную деформацию сжатия ε. Полученные данные заносили в протокол:

$$\sigma = \frac{F}{A}, \quad (6)$$

где F – нагрузка, H;

A – площадь начального сечения образца, мм^2.

Относительную деформацию при сжатии определяли по формуле:

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h_o}, \quad (7)$$

где Δh – уменьшение высоты образца в момент разрушения или при пределе текучести, мм;

h_0 – начальная высота образца, мм.

Результаты испытаний записывали в протокол.

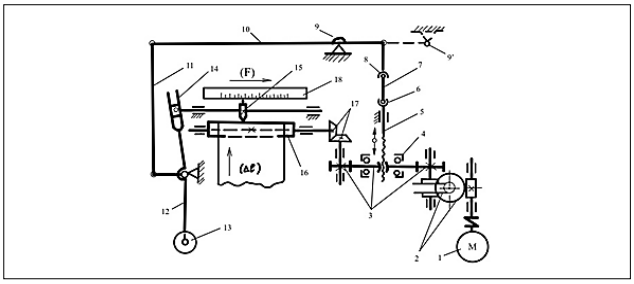


Рис. 2. Схема испытательной установки на базе машины для сжатия ИМ-4Р, предназначенной для термомеханических испытаний формообразующего клеевого состава: 1 – электродвигатель; 2 – червячные передачи; 3 – цилиндрическая зубчатая передача; 4 – шарикоподшипник; 5 – тяговый винт; 6 – захват; 7 – образец; 8 – верхний захват; 9 – опора; 10 – рычаг первого рода; 11 – тяга; 12 – маятник; 13 – груз; 14 – кулиса; 15 – каретка; 16 – барабан; 17 – конические зубчатые колеса; 18 – шкала

Для проведения исследований использовали модифицированную смолу ЦМИД-СМ5, а также эпоксидную смолу ЭД-22. Отвердители, такие как И-5М, ПЭПА, ДТБ-2, Этал-45Т7 и ДЭТА также применили для испытаний. Результаты экспериментов отобразили на *рисунке 3*.

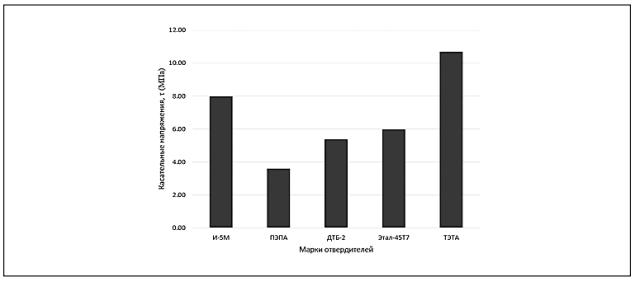


Рис 3. Касательные напряжения клеевого состава при различных отвердителях (эпоксидная смола ЭД-22)

Провели испытания состава, основанного на эпоксидной смоле ЭД-22, с использованием аналогичных со смолой ЦМИД-5СМ отвердителей. Полученные экспериментальные данные привели на *рисунке 4*.

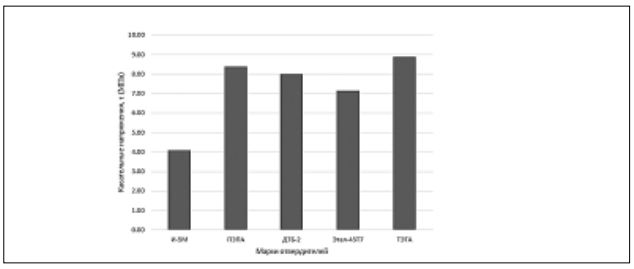


Рис. 4. Касательные напряжения клеевого состава при различных отвердителях (модифицированная смола ЦМИД-5СМ)

Проведенный анализ показал, что максимальные разрушающие касательные напряжения 10,7 МПа достигаются при использовании отвердителя диэтилентетрамин (ДЭТА).

Графический анализ для смол ЭД-22 и ЦМИД-5СМ демонстрирует, что лучшие свойства адгезии обнаруживаются у состава, основанного на смоле ЭД-22 с отвердителем ДЭТА [7-10].

Выводы. В результате эксперимента с модифицированной смолой ЦМИД-5СМ определили, что все составы показали небольшие значения нормальных напряжений, менее 40 МПа, что не дает гарантий его работоспособности (*рис.* 5).

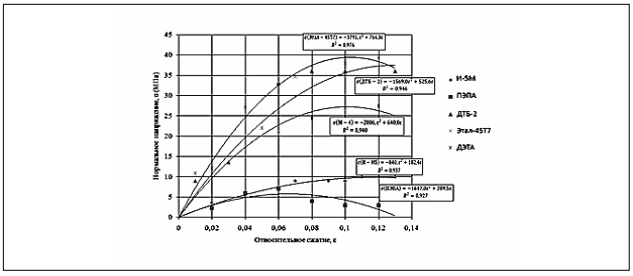


Рис. 5. Зависимость напряжений при сжатии эпоксидной смолы ЦМИД-5СМ после отверждения различными отвердителями

Анализируя данные эксперимента с эпоксидной смолой ЭД-22, видно, что наибольшим нормальным напряжением сжатия обладает состав с отвердителями Этал-45Т7 и ДЭТА (*рис.* 6).

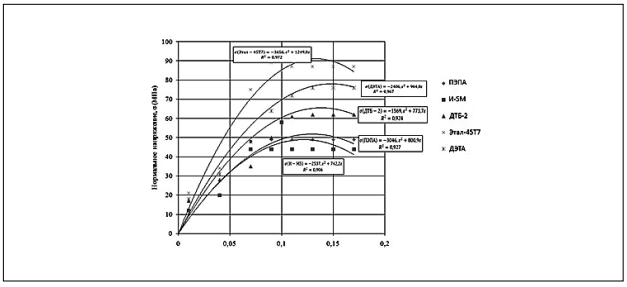


Рис. 6. Зависимость напряжения при сжатии эпоксидной смолы ЭД-22 после отверждения различными отвердителями

Из приведенных графиков видно, что график с Этал-45Т7 идет более круче, чем у ДЭТА, это говорит о том, что состав с отвердителем ДЭТА более эластичный, что улучшает его работоспособность. По результатам проведенных исследований был выбран состав на основе эпоксидной смолы ЭД-22 с отвердителем ДЭТА.

Полученный состав можно применять для ремонта деталей системы охлаждения ДВС, некоторых деталей системы выпуска отработанных газов, различных трубопроводов, бензобаков и других деталей машин и оборудования.

Из результатов эксперимента с эпоксидной смолой ЭД-22 следует, что состав, содержащий отвердители Этал-45Т7 и ДЭТА, обладает наибольшим

нормальным напряжением сжатия. Сравнивая два графика, можно сделать вывод, что градиент крутизны у состава с отвердителем Этал-45Т7 больше, чем с отвердителем ДЭТА, что говорит о более упругой структуре последнего, а это в свою очередь повышает его работоспособность.

Библиографический список

1. Голубев И.Г., Башкирцев Ю.В., Корнеев Н.В., Голубев М.И., Апатенко А.С. Современные технологии восстановления деталей машин. М.: РИАМА. 2019. 42 с.

2. Башкирцев Ю.В., Рогачев Д.И. Разработка полимерного состава для ремонта машин и оборудования // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: материалы XI Международной научно-практической интернет-конференции. М.: Росинформагротех. 2019. С. 349-354.

3. Башкирцев Ю.В., Рогачев Д.И. Оптимизация концентрации клеевого состава с использованием компьютерной программы STATGRAPHICS Plus для восстановления машин и оборудования // Грузовик. 2019. N4. С. 24-26.

4. Башкирцев Ю.В., Корнеев Н.В. Адгезивы при техническом сервисе машин и оборудования. М.: РИАМА. 2018. 104 с.

5. Темников В.Н., Башкирцев В.И., Башкирцев Ю.В. Применение полимерных материалов при техническом обслуживании и ремонте машин. М.: РИАМА. 2011. 229 с.

6. Петрова А.П., Донской А.А., Чехлых А.Е., Щербина А.А. Клеящие материалы. Герметики. СПб.: НПО «Профессионал». 2008. 592 с.

7. Кочнова З.А., Жаворонок Е.С., Чалых А.Е. Эпоксидные смолы и отвердители: промышленные продукты. М.: Пэйнт-Медиа. 2006. 199 с.

8. Комаров Г.В. Соединения деталей из полимерных материалов. СПб.: Профессия. 2006. 592 с.

9. Еселев А.Д. Эпоксидные связующие для полимерных клеев // Клеи. Герметики. Технологии. 2005. N3. С. 11-14.

10. Склеивание в машиностроении. В 2 т. / под общ. ред. Г.В. Малышевой. М.: Наука и технологии. 2005. 544 с.

References

1. Golubev I.G., Bashkirtsev Yu.V., Korneyev N.V., Golubev M.I., Apatenko A.S. Sovremennyye tekhnologii vosstanovleniya detaley mashin [Modern technologies for the restoration of machine parts]. Moscow: RIAMA. 2019. 42 (In Russian).

2. Bashkirtsev Yu.V., Rogachev D.I. Razrabotka polimernogo sostava dlya remonta mashin i oborudovaniya [Development of polymer composition for the repair of machinery and equipment]. Nauchno-informatsionnoye obespecheniye innovatsionnogo razvitiya APK: materialy XI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy internet-konferentsii. Moscow: Rosinformagrotekh. 2019. 349-354 (In Russian).

3. Bashkirtsev Yu.V., Rogachev D.I. Optimizatsiya kontsentratsii kleyevogo sostava s ispol'zovaniyem komp'yuternoy programmy STATGRAPHICS Plus dlya vosstanovleniya mashin i oborudovaniya [Optimization of the concentration of adhesive composition using the STATGRAPHICS Plus computer program for the restoration of machinery and equipment]. Gruzovik. 2019. N4. 24-26 (In Russian).

4. Bashkirtsev Yu.V., Korneyev N.V. Adgezivy pri tekhnicheskom servise mashin i oborudovaniya [Adhesives for technical service of machinery and equipment]. Moscow: RIAMA. 2018. 104 (In Russian).

5. Temnikov V.N., Bashkirtsev V.I., Bashkirtsev Yu.V. Primeneniye polimernykh materialov pri tekhnicheskom obsluzhivanii i remonte mashin [The use of polymer materials in the maintenance and repair of machines]. Moscow: RIAMA. 2011. 229 (In Russian).

6. Petrova A.P., Donskoy A.A., Chekhlykh A.E., Shcherbina A.A. Kleyashchiye materialy. Germetiki [Adhesive materials. Sealants]. Saint-Petersburg: NPO «Professional». 2008. 592 (In Russian).

7. Kochnova Z.A., Zhavoronok E.S., Chalykh A.E. Epoksidnyye smoly i otverditeli: promyshlennyye produkty [Epoxy resins and hardeners: industrial products]. Moscow: Peynt-Media. 2006. 199 (In Russian).

8. Komarov G.V. Soyedineniya detaley iz polimernykh materialov [Connections of parts made of polymer materials]. Saint-Petersburg: Professiya. 2006. 592 (In Russian).

9. Eselev A.D. Epoksidnyye svyazuyushchiye dlya polimernykh kleyev [Epoxy binders for polymer adhesives]. Klei. Germetiki. Tekhnologii. 2005. N3. 11-14 (In Russian).

10. Skleivaniye v mashinostroyenii. V 2 t. [Bonding in mechanical engineering. In 2 vols] / Gen ed. by G.V. Malysheva. Moscow: Nauka i tekhnologii. 2005. 544 (In Russian).

Заявленный вклад соавторов

Башкирцев Ю.В. – подготовка текста, анализ данных, научное редактирование, проведение испытаний клеевых составов на сдвиг, изготовление клеевых составов;
Иванюк И.В. – доработка текста статьи, проведение испытаний клеевых составов на сжатие, изготовление клеевых составов.
Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Contributions of the coauthors

Bashkirtsev Yu.V. – preparation of the manuscript, data analysis, scientific editing, testing of adhesive compositions for shear, production of adhesive compositions;
Ivanyuk I.V. – revision of the manuscript, testing of adhesive compositions for compression, production of adhesive compositions.
All the authors have read and approved the final manuscript.

DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-87-93 CC BY УДК 621.9.048.4

Влияние режимов электроискровой обработки на износостойкость закаленных лезвий ножей

Ринат Назирович Сайфуллин, доктор технических наук, профессор, e-mail: bashagregat@mail.ru;
Роман Федорович Арбузов, студент-исследователь;
Алексей Леонидович Бирюков, студент-исследователь
Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа, Российская Федерация

Реферат. *Дополнительное упрочнение закаленных лезвий ножей косилок и пильных ножей может существенно повысить их ресурс, что положительно повлияет на их качество и востребованность. Поэтому исследование влияния разных режимов электроискровой обработки на износостойкость уже закаленных (упрочненных) лезвий представляется актуальной задачей. (Цель исследования) Определить влияние различных режимов электроискровой обработки на износостойкость закаленных лезвий ножей. (Материалы и методы) Использовали лезвия строительных ножей в качестве объекта исследования, что обусловлено их невысокой стоимостью и возможностью применить результаты исследований при упрочнении дорогостоящих закаленных ножей косилок и пильных ножей, так как в обоих случаях применяются соизмеримые марки инструментальных сталей. Используемые электроды были сделаны из сплава ВК20, а также из графита. (Результаты и обсуждение) Выявили, что режимы электроискровой обработки влияют на износостойкость закаленных лезвий как в большую, так и в меньшую сторону. Получили максимальную износостойкость при электроискровой обработке лезвия ножа электродом из сплава ВК20 на режиме 6 с удлиненным вылетом электрода на частоте вращения электрода n 910 оборотов в минуту (по сравнению с контрольным образцом износ лезвия уменьшился на 38 процентов). Установили, что повышение нагрева кромки лезвия при электроискровой обработке, в частности, путем увеличения частоты тока с 50 до 200 герц приводит к перегреву зоны обработки и разупрочнению кромки лезвия. (Выводы) При уменьшении нагрева зоны электроискровой обработки, например, снижением частоты и увеличением сопротивления электрода упрочненная кромка лезвия не только не подвергается разупрочнению, но и повышает свою износостойкость.*

Ключевые слова*: электроискровая обработка, истирание, упрочнение, электрод, лезвие, износостойкость.*

Для цитирования: *Сайфуллин Р.Н., Арбузов Р.Ф., Бирюков А.Л. Влияние режимов электроискровой обработки на износостойкость закаленных лезвий ножей // Технический сервис машин. 2023. Т. 61. N3(152). С. 87-93. DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-87-93. XSQZEM.*

Influence of electric spark treatment modes on the wear resistance of hardened knives blades

Rinat N. Sayfullin, Dr.Sc.(Eng.), professor;
Roman F. Arbuzov, student-researcher;
Aleks L. Biryukov, student-researcher
Bashkortostan State Agrarian University, Ufa, Russian Federation

Abstract. *Additional hardening of the hardened blades of mower knives and saw blades can significantly increase their resource, which will positively affect their quality and demand. Therefore, the study of the influence of different modes of electric spark processing on the wear resistance of already hardened (hardened) blades seems to be an urgent task. (Research purpose) The research purpose is determining the impact of various of electric spark processing on the wear resistance of hardened knife blades. (Materials and methods) Used the blades of construction knives as the object of research, which is due to their low cost and the ability to apply the results of research in the hardening of expensive hardened knives of mowers and saw blades, since in both cases comparable grades of tool steels are used. The electrodes used were made of VK20 alloy, as well as graphite. (Results and discussion) It was revealed that the modes of electric spark processing affect*

the wear resistance of hardened blades both up and down. We obtained maximum wear resistance during electric spark treatment of the knife blade with a VK20 alloy electrode in mode 6 with an elongated electrode departure at an electrode rotation speed of 910 rpm (compared with the control sample, blade wear decreased by 38 percent). It was found that increasing the heating of the blade edge during electric spark processing, for example, by increasing the current frequency from 50 to 200 hertz, leads to overheating of the processing zone and softening of the blade edge. (Conclusions) With a decrease in the heating of the electric spark treatment zone, for example, by reducing the frequency and increasing the resistance of the electrode, the hardened edge of the blade not only does not undergo softening, but also increases its wear resistance.

Keywords: *electric spark treatment, abrasion, hardening, electrode, knives blades, wear resistance.*

For citation: *Sayfullin R.N., Arbuzov R.F., Biryukov A.L. Vliyaniye rezhimov elektroiskrovoy obrabotki na iznosostoykost' zakalennykh lezviy nozhey [Influence of electric spark treatment modes on the wear resistance of hardened knives blades]. Tekhnicheskiy servis mashin. 2023. Vol. 61. N3(152). 87-93 (In Russian). DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-87-93. XSQZEM.*

Одним из наиболее перспективных направлений повышения надежности и долговечности изнашивающихся деталей машин служит упрочнение или модифицирование рабочих поверхностей, обеспечивающих создание поверхностных слоев с более высокими механическими и триботехническими показателями.

Упрочняющая электроискровая обработка (ЭИО) основана на протекании импульсного разряда между электродом (анодом) и деталью (катодом). Сущность электроискровой обработки заключается в полярном переносе материала электрода на деталь при одновременном термическом воздействии тока и легировании поверхности детали элементами упрочняющего электрода и азота воздуха [1].

Оборудование для электроискрового наращивания состоит из двух основных компонентов: источника питания на основе конденсатора, и вибрирующего или вращающегося электрододержателя. Для разрядки конденсаторов в блоке питания используется резисторно-конденсаторная или управляемая микропроцессором схема разрядки. Электрод подключается к положительному полюсу, а заготовка – к отрицательному [2].

Электроискровая обработка поверхности широко применяется в ремонтном производстве. Ее высокая универсальность обеспечивается широким диапазоном электрических режимов и возможностью использования всех проводящих материалов в качестве электродов [3].

Исследования показали рациональность использования вторичных твердосплавных порошковых материалов, например, в технологиях плазменно-порошковой наплавки при восстановлении и упрочнении деталей. Твердость получаемых покрытий существенно выше первоначальной твердости изношенных деталей [4]. Карбиды намного тверже сталей и сплавов, поэтому они значительно повышают износостойкость. Например, в металлургии шлицевые соединения на приводных валах (неупрочненная сталь марки 45, масса > 2 т) изнашиваются на 70-80% после одного года эксплуатации. После электроискрового покрытия поверхностей соединений твердым сплавом ВК-6 их износ составил всего 5-7% за тот же срок службы [5].

Исследованиями установлено, что с увеличением частоты разрядных импульсов в диапазоне 1600 > f > 20 Гц наблюдается тенденция к увеличению толщины, а с увеличением энергии 1,8 > E > 0,11 Дж, наоборот, – тенденция ее уменьшения; последнее связано с уменьшением частоты импульсов при увеличении энергии. Полученные ряды эффективности процесса электроискровой обработки позволяют прогнозировать достижение требуемых параметров легированного слоя с использованием *Re* в качестве материала анода [6]. Изменение содержания элементов в легированном слое по глубине показало высокое содержание *Re* вблизи внешней поверхности легированного слоя и на глубине до 10-15 мкм, которое быстро снижалось с увеличением глубины до 27-30 мкм в фазе, противоположной Fe. Образование полученных фаз в микрованне расплава сопровождалось высокими температурами при электрическом массопереносе [7].

Возможность применения метода электроискрового легирования поверхностных слоев стали марки 40Х электродами из твердых сплавов Т15К6 и ВК8 для целей упрочнения рабочих поверхностей элементов бурового оборудования обоснована в работе [8].

Показано, что в результате локальных электрических разрядов между катодом и анодом поверхностные слои могут быть легированы *Co, W* и *Ti* на глубину 10-20 мкм. Структура и свойства твердого сплава ВК10КС после электроискровой обработки с использованием сплава ВК6-ОМ в качестве электрода в технологических режимах *Turbo* и *Norma* 3 изучены в работе [9].

Исследование выявило изменение фазового состава сплава, связанное с образованием карбида

вольфрама W_2C, что способствовало увеличению нанотвердости поверхностного слоя толщиной 20- 25 мкм до 22000 МПа. Это изменение также улучшило износостойкость сплава. Установлено, что модифицирование твердого сплава ВК8 введением самофлюсующейся составляющей *Ni-Cr-B-Si*, позволяет повысить кинетические показатели формирования легированного слоя при ЭИЛ, его износостойкость [10]. В настоящее время продолжает быть актуальной тема электроискрового наращивания и упрочнения деталей методом электроискровой обработки. Ученые из разных стран проводят теоретические и экспериментальные исследования, чтобы усовершенствовать эту технологию [11-14].

Одним из примеров применения ЭИО служит упрочнение режущих кромок ножей косилок и пильных цепей. Такие изделия уже имеют некоторую степень упрочнения благодаря закалке, поэтому дополнительное применение метода ЭИО может влиять на их износостойкость по-разному в зависимости от условий ЭИО и материала электрода.

Цель исследования – оценить влияние материала электрода и режимов ЭИО на износостойкость закаленных лезвий.

Материалы и методы. Для электроискрового упрочнения использовали установку SZ-8100 (*рис. 1*).

Рис. 1. Электроискровой аппарат SZ-8100

Для проверки износостойкости закаленных изделий и исследования воздействия режимов ЭИО, а также материала электрода на них было решено использовать лезвия строительных ножей (*рис.* 2).

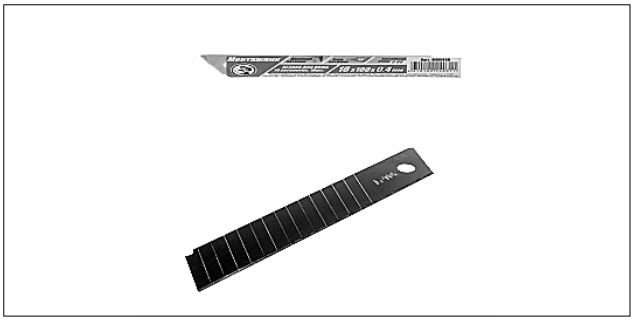


Рис. 2. Лезвия строительных ножей

Этот выбор обоснован тем, что ножи косилок, пильные цепи и диски являются дорогими по сравнению с закаленными лезвиями ножей и поэтому решили выявить закономерности изнашивания на более доступных изделиях. Последующее использование ЭИО на дорогостоящих изделиях позволит проверить достоверность полученных результатов.

Для износных испытаний закаленных изделий использовали установку, приведенную на *рисунке* 3. В качестве износной среды применяли песок.

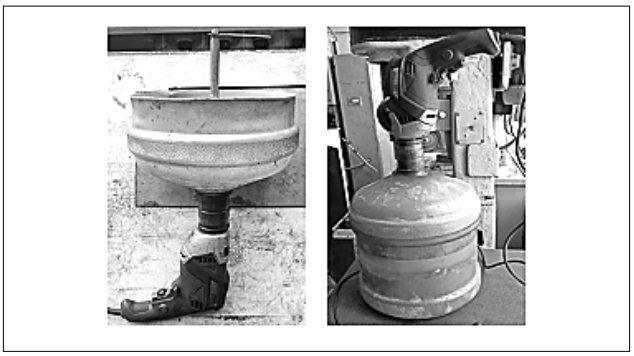


Рис. 3. Установка для испытаний износостойкости

Частоту вращения электрода замеряли прибором ТЧ10-Р (*рис.* 4).

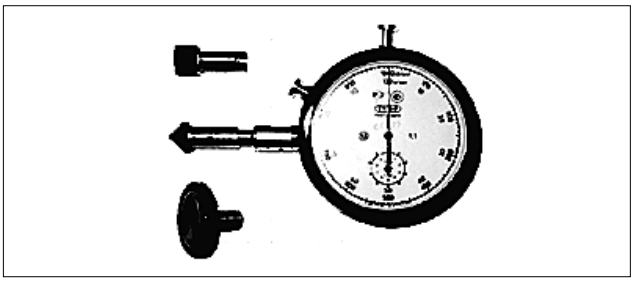


Рис. 4. Часовой тахометр ТЧ10-Р

Замер частоты вращения дрели составил $n = 1500$ *об/мин*$^{-1}$, а частота вращения электрода на электроискровом аппарате составила $n = 500$ *об/мин*$^{-1}$ и $n = 910$ *об/мин*$^{-1}$.

Для расчета пройденного пути каждой точки на лезвии ножа можно разделить его длину на одинаковые участки и использовать формулу (1), так как пройденный путь зависит от радиуса при вращении лезвия относительно одного из концов:

$$S = \frac{2 \cdot \pi \cdot r \cdot n}{60} \cdot t, \qquad (1)$$

где r – радиус окружности, лезвия, м;

n – частота оборотов в *мин*, *мин*$^{-1}$;

t – время испытаний, *с*.

Данные об износе, ширине и расстоянии, пройденном каждой контрольной точкой на лезвии эталонного образца строительного ножа, представили в *таблице* 1. Контрольная точка находилась на конце сегмента, так как нож был разделен на равные сегменты. Время испытаний, т. е. время вращения лезвия в песке, составило 150 с. В качестве эталонного образца использовали закаленное не

Таблица 1

Пройденный путь эталонного образца и значения его износа на контрольных точках

№ сегмента	Пройденный путь *S*, м	Ширина лезвия, мм	Износ, мм
1	695	17,50	0
2	812	17,48	0,02
3	930	17,46	0,04
4	1048	17,44	0,06
5	1166	17,42	0,08
6	1283	17,41	0,09
7	1401	17,40	0,10
8	1519	17,38	0,12
9	1637	17,34	0,16
10	1754	17,30	0,20
11	1872	17,26	0,24
12	1990	17,21	0,29

упрочненное ЭИО лезвие строительного ножа.

В качестве исследования влияния ЭИО на лезвия были выбраны шесть режимов работы устройства *SZ*-8100, представленные в *таблице* 2.

Таблица 2

Режимы ЭИО лезвий

№ режима	Материал электрода	Диаметр электрода, мм	Частота тока f, Гц	Напряжение U, В	Время импульса тока $t_{имп}$, мкс
1	Графит	2	100	40	40
2	ВК20	2	100	20	30
3	ВК20	2	200	20	30
4	ВК20	2	50	20	30
5	Графит	2	500	60	30
6*	ВК20	2	50	20	30

*Примечание: * для снижения энергии импульсов при электроискровой обработке было принято решение увеличить значения вылета электрода ВК20 до 70 мм, тем самым повысив сопротивление цепи, используя минимальные параметры остальных элементов аппарата SZ-8100.*

Таким образом мы добились увеличения сопротивления цепи и уменьшения энергии импульсов.

Химический состав электродов, использованных для ЭИО лезвий, показали в *таблице* 3.

Таблица 3

Химический состав электродов

Материал электрода	Химический состав
Графит	*C* 100%
ВК20	*Co* 20%, *WC* 80%

Все замеры повторяли по пять раз. Результаты заносили и обрабатывали в программе *Microsoft Excel*.

Результаты и обсуждение. Исходные размеры контрольного образца представили в *таблице* 4.

Таблица 4

Исходные размеры контрольного лезвия

Длина, мм	Ширина, мм	Толщина, мм	Ширина кромки, мм	Угол заточки	Средняя твердость, *HRC*
97	17,5	0,35	1	20	57,7

Результаты экспериментов по влиянию режимов ЭИО на износостойкость закаленных лезвий ножей показали на *рисунке* 5.

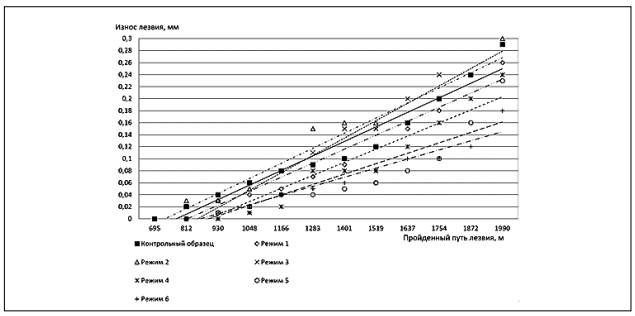


Рис. 5. График износа неупрочненного и упрочненных закаленных лезвий ножей

Из *рисунка* 5 видно, что лезвия, упрочненные на режимах 2, 3, 4, а также контрольный образец, имеют примерно одинаковую износостойкость. В некоторых случаях лезвия, упрочненные на режимах 2, 3, 4, могут даже демонстрировать меньшую износостойкость, чем контрольный образец. Это можно обосновать тем, что при ЭИО нагреве кромки лезвия на режимах 2, 3, 4 доходят до очень высоких температур, иногда даже до температуры плавления, как показано на *рисунке 6*. При таких температурах закаленные лезвия теряют свою твердость и эффект упрочнения на режимах 2, 3 не проявляется. В то же время на данных режимах электрод и зона обработки лезвия более сильно нагреваются.

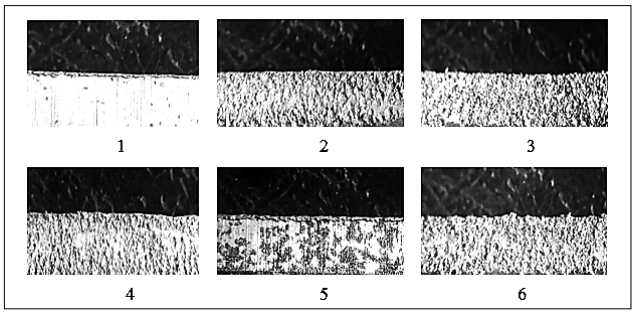
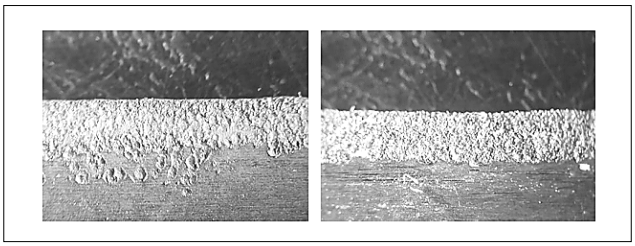


Рис. 6. Фотографии режущих кромок лезвий, которые оплавлялись на различных режимах ЭИО

При некоторых использованных режимах заметили, что при ЭИО, которая достигала температуры обработки эквивалентной температуре плавления, имела высокую частоту тока: режимы

1 – f = 100 Гц; 2 – f = 100 Гц; 3 – f = 200 Гц. В результате это увеличивало количество импульсов, что приводило к возникновению проблем с перегревом кромки лезвия. Поэтому было решено уменьшить перегрев путем изменения режимов ЭИО. На режимах 2, 3 были использованы минимально возможные значения времени импульса $t_{имп}$ и напряжения U, поэтому для уменьшения нагрева была уменьшена частота тока f. Для режима 6 было решено увеличить сопротивление электрода, увеличив длину вылета электрода (стандартный вылет электрода ВК20 диаметром 2 мм составлял 15 мм, а при увеличенном вылете составил 70 мм). Из графиков на *рисунке* 5 видно, что на режимах 5, 6 есть тенденция к уменьшению износа лезвия, а на *рисунке 6* можно увидеть, что оплавление кромки лезвия практически отсутствует при режиме 6 обработки.

В результате экспериментов выявили, что оптимальное упрочнение лезвия ЭИО достигается при использовании режима 4 и частоты тока равной 50 Гц, а также при более высоком сопротивлении электрода. Эти параметры позволяют как формировать упрочняющий слой из сплава ВК20, так и достигать высокой сплошности поверхности упрочнения. Однако при этом необходимо увеличивать время упрочнения. Также при исследовании определили, что для предотвращения оплавления и разупрочнения лезвия температура в зоне обработки должна быть достаточно низкой. Низкую и высокую сплошность поверхности упрочнения можно увидеть на *рисунке* 7.



а *б*

Рис. 7. Сплошность поверхности упрочнения на режимах ЭИО 2, 3: а – низкая сплошность; б – высокая сплошность

Эксперимент с нанесением слоя графита на режиме 5 ($f = 500$ *Гц*, $U = 60$ *В*, $t_{имп} = 30$ *мкс*) и на частоте вращения электрода $n = 500$ *об/мин*$^{-1}$ показал, что износ сравним с режимом 6, хотя частота тока и напряжение различаются. Это объясняется тем, что электрод, сделанный из графита, имеет большее сопротивление, чем аналогичный из ВК20, что приводит к примерно равному нагреву зоны обработки и не вызывает тем самым разупрочнение лезвия. В то же время на режиме 1 ($f = 100$ *Гц*, $U = 40$ *В*, $t_{имп} = 40$ *мкс*) при той же частоте вращения и использовании графитового электрода, как на режиме 5, износ лезвия значительно больше, чем на режиме 5, что противоречит идее о том, что уменьшение нагрева зоны обработки позволяет повысить износостойкость закаленного лезвия. Можно сделать предположение, что на данном режиме толщина упрочненного слоя была крайне мала из-за большого сопротивления графита, что привело к быстрому износу упрочненного слоя во время испытаний.

Выводы. В результате эксперимента выявили зависимости между степенью нагрева зоны ЭИО и стойкостью к истиранию закаленных лезвий, упрочненных сплавом ВК20 или графитом при разных параметрах обработки лезвий. Максимальное сопротивление к истиранию получили при ЭИО лезвия электродом из сплава ВК20 на режиме 6 ($f = 50$ *Гц*, $U = 20$ *В*, $t_{имп} = 30$ *мкс*) с использованием электрода с удлиненным вылетом на частоте вращения $n = 910$ *об/мин*$^{-1}$ (уменьшение истирания на 38% по сравнению с контрольным образцом или же на 0,11 мм). Также при экспериментах определили, что повышенный нагрев лезвия путем увеличения частоты тока с 50 до 200 Гц может привести к перегреву зоны обработки и разупрочнению кромки лезвия. С другой стороны, снижение нагрева зоны обработки, например, посредством увеличения сопротивления электрода и снижения частоты тока, увеличивает стойкость к истиранию. Данные исследования на примере лезвий строительных ножей могут быть применены для повышения стойкости к истиранию дорогостоящих закаленных ножей косилок и пильных ножей.

Библиографический список

1. *Бодиловский А.В., Анискович Г.И., Василевский П.Н. Перспективы применения электроискровой обработки для упрочнения деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК: материалы Международной научно-практической конференции. Минск: БГАТУ. 2016. С. 192-198.*

2. *Barile C., Casavoia C., Pappalettera G., Renna G. Advancements in electrospark deposition (ESD) technique: a short review. Coatings. 2022. Vol. 12. N10.*

3. *Романов И.В. Экспериментальный подбор режимов электроискровой обработки для электродов, полученных различными методами // Технический сервис машин. 2021. Т. 59. N3(144). С. 84-93.*

4. *Задорожний Р.Н., Романов И.В., Зуевский В.А., Сидоркин О.А. Применение вторичных твердосплавных порошков для восстановления и упрочнения деталей // Упрочняющие технологии и покрытия. 2023. Т. 19. N2. С. 77-80.*

5. *Коротков В.А., Бурумкулов Ф.К., Лельчук Л.М. Электроискровое упрочнение поверхностей скольже-*

ния//ResearchGate: [сайт]. URL: https://www.researchgate.net/publication/294635353_Electric_spark_strengthening_of_sliding_surfaces.

6. Иванов В.И., Коневцов Л.А., Аулов В.Ф. Предпосылки использования рения в качестве анодного материала для электроискрового легирования // Упрочняющие технологии и покрытия. 2019. Т. 15. N10. С. 461-466.

7. Иванов В.И., Гордиенко П.С., Коневцов Л.А., Панин Е.С., Карабцов А.А. Исследование состава и структуры легированного поверхностного слоя при ЭИЛ стали 35 рением // Технический сервис машин. 2023. Т. 61. N1(150). С. 110-121.

8. Криштопа С.И., Петрина Д.Ю., Богатчук И.В. [и др]. Поверхностное упрочнение стали 40Х электроискровым легированием // Journal of Materials Science. 2017. Т. 53. С. 351-358.

9. Осколкова Т.Н. Исследование структуры и свойств поверхности твердого сплава ВК10КС после двухкомпонентной электровзрывной обработки с синтетическими алмазами // Вестник Сибирского государственного индустриального университета 2023. Т. 43. N1. С. 76-82.

10. Коваленко С.В., Козырь А.В., Коневцов Л.А., Коновалов С.В., Крюкова Е.Д. Исследование формирования легированного слоя и его свойств при электроискровом легирование сталей 35 и Х12Ф1 твердым и модифицированным твердым сплавом // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. 2019. Т. 16. N1. С. 84-90.

11. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Сидоров С.А., Хорошенков В.К., Лужнова Е.С., Миронов Д.А., Зайцев А.И., Родионова И.Г., Павлов А.А., Амежнов А.В. Использование биметаллических сталей для повышения ресурса рабочих органов сельскохозяйственных машин // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2013. N2. С. 80-81.

12. Лобачевский Я.П., Сидоров С.А., Миронов Д.А. [и др]. Новые износостойкие наплавочные материалы в сельскохозяйственном машиностроении // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2014. Т. 8. N6. С. 27-31.

13. Sidorov S.A., Khoroshenkov V.K., Lobachevsky Ya.P., Akhmedova T.S. Improving wear resistance of agricultural machine components by applying hard-alloy thick-laver coatings using plasma surfacing. Metallurgist. 2017. Vol. 60. N11-12. 1290-1294.

14. Сидоров С.А., Миронов Д.А., Ценч Ю.С., Миронова А.В. Оценка износостойкости и ресурса двухслойных упрочненных почворежущих рабочих органов в различных почвенных условиях // Инженерные технологии и системы. 2020. Т. 30. N4. С. 699-710.

References

1. Bodilovskiy A.V., Aniskovich G.I., Vasilevskiy P.N. Perspektivy primeneniya elektroiskrovoy obrabotki dlya uprochneniya detaley rabochikh organov sel'skokhozyaystvennykh mashin [Prospects for the use of electric spark processing for hardening parts of working bodies of agricultural machines]. Sovremennyye problemy osvoyeniya novoy tekhniki, tekhnologiy, organizatsii tekhnicheskogo servisa v APK: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Minsk: BGATU. 2016. 192-198 (In Russian).

2. Barile C., Casavoia C., Pappalettera G., Renna G. Advancements in electrospark deposition (ESD) technique: a short review. Coatings. 2022. Vol. 12. N10.

3. Romanov I.V. Eksperimental'nyy podbor rezhimov elektroiskrovoy obrabotki dlya elektrodov, poluchennykh razlichnymi metodami [Experimental selection of electric spark processing modes for electrodes obtained by various methods]. Tekhnicheskiy servis mashin. 2021. Vol. 59. N3(144). 84-93 (In Russian).

4. Zadorozhniy R.N., Romanov I.V., Zuyevskiy V.A., Sidorkin O.A. Primeneniye vtorichnykh tverdosplavnykh poroshkov dlya vosstanovleniya i uprochneniya detaley [The use of secondary carbide powders for the restoration and hardening of parts]. Uprochnyayushchiye tekhnologii i pokrytiya. 2023. Vol. 19. N2. 77-80 (In Russian).

5. Korotkov V.A., Burumkulov F.K., Lel'chuk L.M. Elektroiskrovoye uprochneniye poverkhnostey skol'zheniya [Electric spark hardening of sliding surfaces] // ResearchGate. URL: https://www.researchgate.net/publication/294635353_Electric_spark_strengthening_of_sliding_surfaces (In Russian).

6. Ivanov V.I., Konevtsov L.A., Aulov V.F. Predposylki ispol'zovaniya reniya v kachestve anodnogo materiala dlya elektroiskrovogo legirovaniya [Prerequisites for the use of rhenium as an anode material for electric spark alloying]. Uprochnyayushchiye tekhnologii i pokrytiya. 2019. Vol. 15. N10. 461-466 (In Russian).

7. Ivanov V.I., Gordiyenko P.S., Konevtsov L.A., Panin E.S., Karabtsov A.A. Issledovaniye sostava i struktury legirovannogo poverkhnostnogo sloya pri EIL stali 35 reniyem [Composition and structure of the doped surface layer at EST steel 35 by rhenium]. Tekhnicheskiy servis mashin. 2023. Vol. 61. N1(150). 110-121 (In Russian).

8. Krishtopa S.I., Petrina D.Yu., Bogatchuk I.V. [et al.]. Poverkhnostnoye uprochneniye stali 40Kh elektroiskrovym legirovaniyem [Surface hardening of 40X steel by electric spark alloying]. Journal of Materials Science. 2017. Vol. 53. 351-358 (In Russian).

9. Oskolkova T.N. Issledovaniye struktury i svoystv poverkhnosti tverdogo splava VK10KS posle dvukhkomponentnoy elektrovzryvnoy obrabotki s sinteticheskimi almazami [Structure and surface properties of the VK10KS hard alloy after two-component electroexplosion treatment with synthetic diamonds]. Vestnik Cibirskogo gosudarstvennogo industrial'nogo universiteta 2023. Vol. 43. N1. 76-82 (In Russian).

10. Kovalenko S.V., Kozyr' A.V., Konevtsov L.A., Konovalov S.V., Kryukova E.D. Issledovaniye formirovaniya legirovannogo sloya i ego svoystv pri

elektroiskrovom legirovaniye staley 35 i Kh12F1 tverdym i modifitsirovannym tverdym splavom [Formation of the alloyed layer and its properties during electric spark alloying of steels 35 and X12F1 with a hard and modified hard alloy]. Fundamental'nyye problemy sovremennogo materialovedeniya. 2019. Vol. 16. N1. 84-90 (In Russian).

11. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Sidorov S.A., Khoroshenkov V.K., Luzhnova E.S., Mironov D.A., Zaytsev A.I., Rodionova I.G., Pavlov A.A., Amezhnov A.V. Ispol'zovaniye bimetallicheskikh staley dlya povysheniya resursa rabochikh organov sel'skokhozyaystvennykh mashin [The use of bimetallic steels to increase the resource of working bodies of agricultural machines]. Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk. 2013. N2. 80-81 (In Russian).

12. Lobachevskiy Ya.P., Sidorov S.A., Mironov D.A. [et al.]. Novyye iznosostoykiye naplavochnyye materialy v sel'skokhozyaystvennom mashinostroyenii [New wear-resistant surfacing materials in agricultural engineering]. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. 2014. Vol. 8. N6. 27-31 (In Russian).

13. Sidorov S.A., Khoroshenkov V.K., Lobachevsky Ya.P., Akhmedova T.S. Improving wear resistance of agricultural machine components by applying hard-alloy thick-laver coatings using plasma surfacing. Metallurgist. 2017. Vol. 60. N11-12. 1290-1294.

14. Sidorov C.A., Mironov D.A., Tsench Yu.S., Mironova A.V. Otsenka iznosostoykosti i resursa dvukhsloynykh uprochnennykh pochvorezhushchikh rabochikh organov v razlichnykh pochvennykh usloviyakh [Assessment of wear resistance and resource of two-layer reinforced soil-cutting working bodies in various soil conditions]. Inzhenernyye tekhnologii i sistemy. 2020. Vol. 30. N4. 699-710 (In Russian).

Заявленный вклад соавторов

Сайфуллин Р.Н. – научное руководство, анализ и доработка текста;
Арбузов Р.Ф. – анализ литературных данных, подготовка практической части, редактирование текста;
Бирюков А.Л. – подготовка научной части, анализ литературных данных.
Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Contributions of the coauthors

Sayfullin R.N. – scientific guidance, analysis and revision of the manuscript;
Arbuzov R.F. – analysis of literary data, preparation of the practical part, editing the manuscript;
Biryukov A.L. – preparation of the scientific part, analysis of literary data.
All the authors have read and approved the final manuscript.

DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-94-99 CC BY УДК 621.793.72

Использование сверхзвуковой электродуговой металлизации для получения коррозионностойких покрытий деталей сельскохозяйственной техники

[1]Дмитрий Александрович Добрин, младший научный сотрудник, e-mail: baks245@mail.ru;
[1]Вячеслав Александрович Денисов, доктор технических наук, главный научный сотрудник;
[2]Ольга Александровна Волкова, ассистент;
[2]Степан Андреевич Катков, студент

[1]Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация
[2]Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

Реферат. *В течение сезонных работ, как показывает практика, лакокрасочное покрытие подвержено повреждениям, что приводит к возникновению очагов коррозии на стальных конструкциях, удаление которых требует значительных трудозатрат. Применяемые лакокрасочные покрытия сельскохозяйственной техники недолговечны, поэтому разработка и внедрение новых прогрессивных методов защиты деталей машин сельскохозяйственного назначения от коррозии имеет важное значение. (Цель исследования) Продлить срок службы сельскохозяйственной техники путем создания антикоррозионного покрытия методом сверхзвуковой электродуговой металлизации с последующим нанесением лакокрасочного покрытия. (Материалы и методы) Выполнили абразивоструйную обработку корундом для предварительной подготовки поверхности деталей перед нанесением покрытий методом электродуговой металлизации. Использовали для нанесения покрытия специализированную установку для электродуговой сверхзвуковой металлизации «Дракон», в качестве наносимого материала применяли цинк-алюминиевую проволоку Zn85/Al15. (Результаты и обсуждение) Подобрали оборудование для подготовки деталей и узлов и нанесения антикоррозионного покрытия сверхзвуковой электродуговой металлизацией. Выполнили планировку участка для нанесения покрытий. Установили режимы сверхзвуковой электродуговой металлизации. Отрабатывали режимы получения высококачественного и долговечного покрытия изделий на базе государственного предприятия Калужской области «Калужская машинно-технологическая станция». (Выводы) Антикоррозионная обработка изделий, работающих в агрессивных средах, наиболее эффективна при последовательном нанесении двух покрытий: антикоррозионного слоя электродуговой металлизацией и последующего нанесения слоя лакокрасочного покрытия. Применение технологии абразивоструйной обработки и антикоррозионной защиты корпусных и рамных конструкций сельскохозяйственной техники методом сверхзвуковой электродуговой металлизации позволяет продлить срок эксплуатации данных конструкций на 12 лет.*

Ключевые слова: *антикоррозионная обработка, лакокрасочное покрытие, абразивоструйная обработка, цинк-алюминиевая проволока, сверхзвуковая электродуговая металлизация.*

Для цитирования: *Добрин Д.А., Денисов В.А., Волкова О.А., Катков С.А. Использование сверхзвуковой электродуговой металлизации для получения коррозионностойких покрытий деталей сельскохозяйственной техники // Технический сервис машин. 2023. Т. 61. N3(152). С. 94-99. DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-94-99. YQGIMW.*

The use of supersonic electric arc metallization to produce corrosion-resistant coatings of agricultural machinery parts

[1]Dmitriy A. Dobrin, junior researcher;
[1]Vyacheslav A. Denisov, Dr.Sc.(Eng.), chief researcher;
[2]Olga A. Volkova, assistant;
[2]Stepan A. Katkov, student

[1]Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation
[2]Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract. *During seasonal work, as practice shows, the paintwork is subject to damage, which leads to the appearance of corrosion foci on steel structures, the removal of which requires considerable labor. The applied paint coatings of agricultural machinery are short-lived, therefore, the development and implementation of new progressive methods of protecting parts of agricultural machinery from corrosion is important. (Research purpose) The research purpose is to extend the service life of agricultural machinery by creating an anticorrosive coating by supersonic electric arc metallization with subsequent application of paint and varnish coating. (Materials and methods) Abrasive blasting with corundum was performed for preliminary preparation of the surface of the parts before coating by electric arc metallization. A specialized installation for electric arc supersonic metallization «Dragon» was used for coating, zinc-aluminum wire Zn85/Al15 was used as the applied material. (Results and discussion) Selected equipment for the preparation of parts and assemblies and the application of anticorrosive coating by supersonic electric arc metallization. We have completed the layout of the site for coating. The modes of supersonic electric arc metallization were established. The modes of obtaining high-quality and durable coating of products were worked out on the basis of the Kaluga Region state enterprise «Kaluga Machine-Technological Station». (Conclusions) Anticorrosive treatment of products operating in aggressive environments is most effective when two coatings are applied sequentially: anti-corrosion layer by electric arc metallization and subsequent application of a layer of paint and varnish coating. The use of the technology of abrasive blasting and anticorrosive protection of housing and frame structures of agricultural machinery by the method of supersonic electric arc metallization allows extending the service life of these structures for 12 years.*

Keywords*: anti-corrosion treatment, paint coating, abrasive blasting, zinc-aluminum wire, supersonic arc plating.*

For citation: *Dobrin D.A., Denisov V.A., Volkova O.A., Katkov C.A. Ispol'zovaniye sverkhzvukovoy elektrodugovoy metallizatsii dlya polucheniya korrozionnostoykikh pokrytiy detaley sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [The use of supersonic electric arc metallization to produce corrosion-resistant coatings of agricultural machinery parts]. Tekhnicheskiy servis mashin. 2023. Vol. 61. N3(152). 94-99 (In Russian). DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-94-99. YQGIMW.*

При производстве сельскохозяйственной техники и оборудования широко применяются различные марки углеродистых сталей. Эти материалы обладают универсальным набором механических свойств при сравнительно невысокой стоимости, что позволяет применять их в изделиях, работающих в различных условиях. Однако один из основных недостатков таких сталей заключается в их низкой коррозионной стойкости, что для сельскохозяйственной техники и оборудования представляет одну из наиболее актуальных проблем по причине работы их в условиях интенсивного воздействия абразива, ударных и изгибающих нагрузок. Данные условия, в первую очередь, нарушают лакокрасочное покрытие, вызывая очаги коррозии.

Для предотвращения возникновения коррозии детали машин, металлоконструкции и арматуру из углеродистых сталей в процессе их изготовления перед операцией нанесения лакокрасочного покрытия необходимо подвергать дополнительной антикоррозионной обработке. Однако большинство производителей ограничиваются нанесением лакокрасочного покрытия. При выполнении сезонных ремонтных работ для подготовки техники к сезону эксплуатирующие организации вынуждены устранять очаги коррозии. Трудоемкость выполнения антикоррозионной обработки на этом этапе значительно возрастает по сравнению с проведением ее на этапе изготовления [1].

Один из наиболее распространенных видов коррозионного разрушения – атмосферная коррозия, при которой электрохимические процессы протекают в тонких слоях влаги, конденсирующихся на поверхности металла, а скорость коррозионного разрушения металла определяется как метеорологическими факторами, так и загрязненностью воздуха газовыми и солевыми примесями [2, 3].

Применяемые способы защиты металлоизделий от коррозии путем нанесения гальванических и, главным образом, лакокрасочных покрытий имеют существенные недостатки. В частности, недостатками гальванопокрытий служат их высокая стоимость, невозможность осаждения покрытий на поверхности крупногабаритных деталей и необходимость создания сложных очистных сооружений [4].

К недостаткам лакокрасочных покрытий относятся их недолговечность, быстрое разрушение под

влиянием механических повреждений, света, тепловых и химических воздействий, необходимость создания устройств для вытяжки и очистки воздуха, а также значительные затраты электроэнергии, связанные с сушкой покрытий. Как следствие, объемы ремонтных работ и прямых потерь из-за коррозии в общих затратах на капитальные ремонты составляют в зависимости от условий от 20 до 90% [5].

Поэтому разработка и внедрение новых прогрессивных методов защиты деталей машин сельскохозяйственного назначения от коррозии имеет важное значение.

Цель исследования – продлить срок службы сельскохозяйственной техники путем создания антикоррозионного покрытия методом сверхзвуковой электродуговой металлизации с последующим нанесением лакокрасочного покрытия.

Материалы и методы. Анализ номенклатуры деталей проводили на территории государственного предприятия Калужской области «Калужская машинно-технологическая станция» (далее – Калужская МТС), в ходе которого были определены основные детали, подверженные разрушению в процессе эксплуатации и требующие восстановления лакокрасочного покрытия. Среди таких деталей корпусные элементы жаток, кожухи пресс-подборщиков, элементы кабин тракторов, элементы кабин самосвалов и т. д.

Антикоррозионная обработка предполагает нанесение защитного покрытия в один или несколько слоев. Для обеспечения наилучшего сцепления покрытия с деталью перед его нанесением требуется провести тщательную предварительную обработку поверхности, так как в большинстве случаев причиной преждевременного выхода из строя защитных покрытий становится их недостаточная или несоответствующая требованиям предварительная подготовка.

Для предварительной подготовки деталей перед нанесением покрытий методом электродуговой металлизации использовали метод абразивоструйной обработки с применением в качестве абразивного материала корунда зернистостью 32.

Для нанесения покрытия использовали специализированную установку для электродуговой сверхзвуковой металлизации, при этом в качестве наносимого материала применяли цинк-алюминиевую проволоку *Zn85/Al15* диаметром 1,6 мм.

Результаты и обсуждение. Для предварительной подготовки деталей с учетом различной номенклатуры, представленной на предприятии, использовали два вида абразивоструйной очистки поверхности.

Для малогабаритных деталей с тонкостенными элементами корпуса применяли пескоструйную установку эжекторного типа «ИМ-30», предназначенную для очистки мало- и среднегабаритных деталей от ржавчины, старой краски и других наслоений различными абразивными материалами. Для работы установки использовали сжатый воздух, очищенный от влаги и масла, давлением 3-6 кгс/см^2 и расходом 0,2-1,2 м^3 в минуту в зависимости от диаметра струйного и воздушного сопла [6].

Для обработки крупногабаритных рамных конструкций и кузовных элементов, выполненных из толстостенного металла, применяли установку напорного типа *PST PS*-25-2, в которой, в отличие от установки эжекторного типа «ИМ-30», подача абразивных материалов и сжатого воздуха в сопло осуществляется под более высоким давлением по одному рукаву. При этом установка напорного типа *PST PS*-25-2 обладает значительно большей мощностью, нежели установка эжекторного типа «ИМ-30».

В качестве абразива применяли электрокорунд зернистостью 32, но можно использовать следующие альтернативные материалы:

- стальную или чугунную дробь грануляцией 0,1-2,0 мм;
- стальной песок марки СП-17 с размером фракции зерна от 0,4 до 1,6 мм;
- карбид кремния зернистостью 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125 по ГОСТ 3647 с размером частиц от 0,4 до 1,6 мм.

Для получения антикоррозионного покрытия применяли полнокомплектную установку для электродуговой металлизации с использованием сверхзвукового электродугового металлизатора «Дракон», разработанного в ФНАЦ ВИМ (*рис. 1*) (Электродуговой металлизатор «Дракон»: пат. на изобретение RU 2687905 C1 / Чавдаров А.В., Матюшкин Б.А., Крюковская Н.С., Мосолов М.М.; опубл. 16.05.2019).

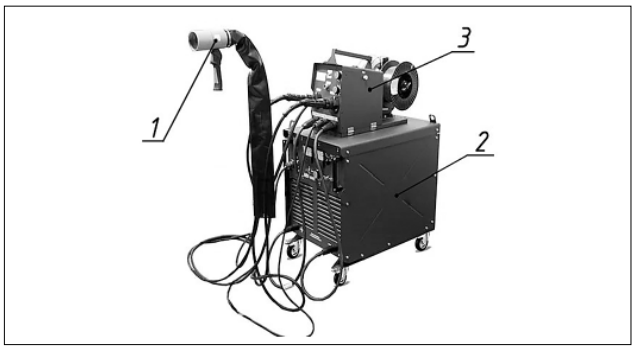


Рис. 1. Полнокомплектная установка для сверхзвуковой электродуговой металлизации: 1 – электродуговой сверхзвуковой металлизатор «Дракон»; 2 – сварочный выпрямитель марки ВДУ-506; 3 – модернизированный механизм подачи проволоки марки ПДГО-601

Установка для сверхзвуковой электродуговой металлизации по сравнению с моделями других

марок обладает следующими конструктивными и технологическими особенностями:

- уменьшенный вес металлизатора;
- использование оригинальной конструкции распылительной головки металлизатора;
- применение четырехроликового подающего механизма для равномерной подачи проволоки;
- использование толкающего принципа подачи проволоки;
- уменьшение температуры наконечников и передней части металлизатора за счет дополнительного охлаждения их сжатым воздухом.

Основной отличительной чертой металлизатора «Дракон» служит использование в конструкции распылительной головки сверхзвукового сопла (*рис. 2*) [7].

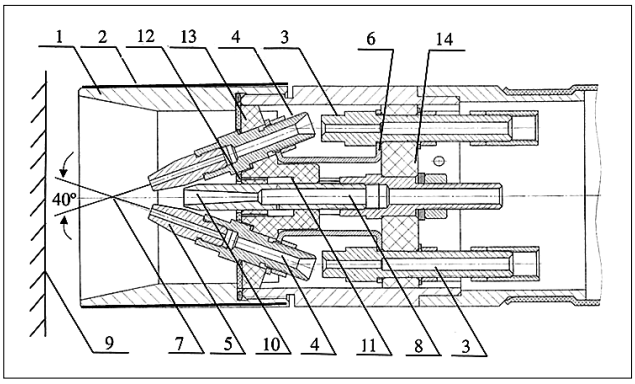


Рис. 2. Конструкция распылительной головки металлизатора «Дракон»: 1 – корпус металлизатора; 2 – керамическое покрытие; 3 – направляющие трубки; 4 – канал; 5 – наконечники; 6 – соединяющая перемычка; 7 – дуга; 8 – цилиндрическая часть сопла; 9 – подложка; 10 – коническая часть сопла; 11 – канал; 12 – охлаждающее отверстие; 13 – передняя электроизолирующая опорная стенка; 14 – задняя электроизолирующая опорная стенка

В качестве сварочного источника питания применяли серийный сварочный выпрямитель марки ВДУ-506 с ПВ 60%, который обеспечивает возможность продолжительного процесса металлизации и высокую надежность установки.

Модернизированный механизм подачи проволоки выполнен на базе серийно выпускаемого подающего механизма ПДГО-601. Модернизация ПДГО-601 предусматривает установку в нем второго комплекта подающих роликов и евроразъема. Между механизмом подачи проволоки и распылительной головкой устанавливаются стандартные пакеты кабелей для горелки сварочного полуавтомата. Использование стандартных компонентов промышленного оборудования в составе установки и серийно выпускаемых промышленных источника питания и подающего механизма с минимальными доработками позволяет значительно повысить ее ремонтопригодность и надежность.

Для проведения работ по абразивоструйной очистке и нанесению антикоррозионных покрытий оборудования для Калужской МТС была разработана планировка ремонтного участка (рис. 3). При этом компрессорную станцию и сопутствующее оборудование для подготовки воздуха вынесли в отдельное помещение для его защиты от высокой запыленности. Ремонтный участок был разграничен на две зоны: зону размещения оборудования и зону пескоструйной обработки и металлизации, разделенные между собой шторкой, которая позволяет снизить запыленность зоны размещения оборудования.

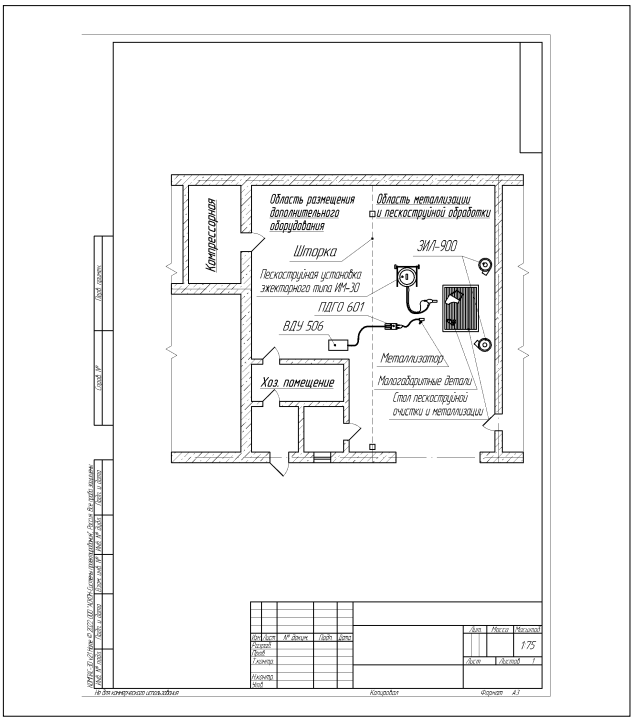


Рис. 3. Планировка ремонтного участка

Для создания коррозионно-стойких покрытий использовали различные проволоки из цветных металлов и их сплавов, в частности, из сплава цинка и алюминия (*Zn85/Al15, Zn95/Al5*), так как скорость коррозии цинка меньше, чем у стали в 10 раз, а алюминия – в 50 раз [8, 9].

Полученные покрытия обеспечивают высокую коррозионную стойкость, что объясняется быстрым заполнением пор продуктами коррозии цинка [10-12].

Работы по нанесению антикоррозионных покрытий производили на деталях, предоставленных Калужской МТС. Наносили коррозионностойкие покрытия с использованием цинк-алюминиевой проволоки *Zn85/Al15* диаметром 1,6 мм на следующих режимах:

- сила тока: 160-180 А,
- напряжение: 20-22 В,
- давление сжатого воздуха: 0,5-0,55 МПа,

- дистанция металлизации при напылении: 150-170 мм. Толщину нанесенного слоя покрытия обеспечивали в диапазоне 0,15-0,25 мм. Качество покрытия оценивали визуально с использованием лупы с 4-х кратным увеличением, при этом на всех изделиях отсутствовали растрескивания и отслоения покрытия.

Выводы. Антикоррозионная обработка изделий, работающих в агрессивных средах наиболее эффективна при использовании двух методов одновременно: нанесение антикоррозионного слоя и последующего слоя лакокрасочного покрытия. Для получения высококачественного и долговечного покрытия изделий на базе Калужской МТС проводили абразивоструйную обработку с последующим нанесением антикоррозионного покрытия с использованием сверхзвукового электродугового металлизатора «Дракон», разработанного в ФНАЦ ВИМ. Применение технологии абразивоструйной обработки и антикоррозионной защиты корпусных и рамных конструкций сельскохозяйственной техники методом сверхзвуковой электродуговой металлизации позволяет продлить срок эксплуатации данных конструкций на 12 лет.

Библиографический список

1. Литовченко Н.Н., Логачёв В.Н. Пути совершенствования оборудования и технологии электродуговой металлизации // Тракторы и сельхозмашины. 2013. N11. С. 52-54.

2. Матюшкин Б.А., Чавдаров А.В., Денисов В.И. [и др.] Роль электродуговой металлизации в технологии восстановления деталей АПК // Сварочное производство. 2018. N5. С. 48-52.

3. Матюшкин Б.А., Денисов В.И., Толкачев А.А. Технологические особенности электродуговой металлизации в отрасли АПК // Сварочное производство. 2016. N12. С. 46-50.

4. Бурякин А.В., Гусев В.М. Создание оборудования для нанесения защитных покрытий электродуговой металлизацией // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. 2014. N1. С. 21-23.

5. Зырянова Ю.Б. К вопросу о финансово-экономическом обосновании оценки коррозионных потерь в нефтехимической отрасли // Проблемы современной экономики: материалы IV Международной научной конференции. Челябинск: Два комсомольца. 2015. С. 33-36.

6. Медведев Р.А., Александров О.И. Анализ устройств для пескоструйной обработки поверхности // Научные труды студентов Ижевской ГСХА: сборник. Ижевск. 2020. С. 1350-1354.

7. Чавдаров А.В. Современное оборудование для сварки, наплавки и напыления // Заготовительные производства в машиностроении. 2022. Т. 20. N9. С. 427-432.

8. Веселы В., Вагнер Я. Электродуговое напыление алюминиевых покрытий на стальные конструкции // Получение покрытий высокотемпературным распылением. М.: Атомиздат. 1973. С. 226-232.

9. Федотов С.Д., Улыбин А.В., Шабров Н.Н. О методике определения коррозионного износа стальных конструкций // Инженерно-строительный журнал. N1. 2013. С. 12-20.

10. Лобачевский Я.П., Сидоров С.А., Миронов Д.А. [и др]. Новые износостойкие наплавочные материалы в сельскохозяйственном машиностроении // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2014. Т. 8. N6. С. 27-31.

11. Sidorov S.A., Khoroshenkov V.K., Lobachevsky Ya.P., Akhmedova T.S. Improving wear resistance of agricultural machine components by applying hard-alloy thick-laver coatings using plasma surfacing. Metallurgist. 2017. Vol. 60. N11-12. 1290-1294.

12. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Сидоров С.А., Хорошенков В.К., Лужнова Е.С., Миронов Д.А., Зайцев А.И., Родионова И.Г., Павлов А.А., Амежнов А.В. Использование биметаллических сталей для повышения ресурса рабочих органов селскохозяйственных машин // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2013. N2. С. 80-81.

References

1. Litovchenko N.N., Logachëv V.N. Puti sovershenstvovaniya oborudovaniya i tekhnologii elektrodugovoy metallizatsii [Ways to improve the equipment and technology of electric arc metallization]. Traktory i sel'khozmashiny. 2013. N11. 52-54 (In Russian).

2. Matyushkin B.A., Chavdarov A.V., Denisov V.I. et al. Rol' elektrodugovoy metallizatsii v tekhnologii vosstanovleniya detaley APK [Ways to improve the equipment and technology of electric arc metallization]. Svarochnoye proizvodstvo. 2018. N5. 48-52 (In Russian).

3. Matyushkin B.A., Denisov V.I., Tolkachev A.A. Tekhnologicheskiye osobennosti elektrodugovoy metallizatsii v otrasli APK [Technological features of electric arc metallization in the agricultural industry]. Svarochnoye proizvodstvo. 2016. N12. 46-50 (In Russian).

4. Buryakin A.V., Gusev V.M. Sozdaniye oborudovaniya dlya naneseniya zashchitnykh pokrytiy elektrodugovoy metallizatsiyey [Creation of equipment for the application of protective coatings by electric arc metallization]. Upravleniye kachestvom v neftegazovom komplekse. 2014. N1. 21-23 (In Russian).

5. Zyryanova Yu.B. K voprosu o finansovo-ekonomicheskom obosnovanii otsenki korrozionnykh poter' v neftekhimicheskoy otrasli [Financial and economic justification for the assessment of corrosion losses in the petrochemical industry]. Problemy sovremennoy ekonomiki: materialy IV Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. Chelyabinsk: Dva komsomol'tsa. 2015. 33-36 (In Russian).

6. Medvedev R.A., Aleksandrov O.I. Analiz ustroystv dlya peskostruynoy obrabotki poverkhnosti [Analysis of devices for surface sandblasting]. Nauchnyye trudy studentov Izhevskoy

GSKhA: sbornik. Izhevsk. 2020. 1350-1354 (In Russian).

7. Chavdarov A.V. Sovremennoye oborudovaniye dlya svarki, naplavki i napyleniya [Modern equipment for welding, surfacing and spraying]. Zagotovitel'nyye proizvodstva v mashinostroyenii. 2022. Vol. 20. N9. 427-432 (In Russian).

8. Vesely V., Vagner Ya. Elektrodugovoye napyleniye alyuminiyevykh pokrytiy na stal'nyye konstruktsii [Electric arc spraying of aluminum coatings on steel structures]. Polucheniye pokrytiy vysokotemperaturnym raspyleniyem. Moscow: Atomizdat. 1973. 226-232 (In Russian).

9. Fedotov S.D., Ulybin A.V., Shabrov N.N. O metodike opredeleniya korrozionnogo iznosa stal'nykh konstruktsiy [The methodology for determining the corrosion wear of steel structures]. Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal. N1. 2013. 12-20 (In Russian).

10. Lobachevskiy Ya.P., Sidorov S.A., Mironov D.A. et al. Novyye iznosostoykiye naplavochnyye materialy v sel'skokhozyaystvennom mashinostroyenii [New wear-resistant surfacing materials in agricultural engineering]. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. 2014. Vol. 8. N6. 27-31 (In Russian).

11. Sidorov S.A., Khoroshenkov V.K., Lobachevsky Ya.P., Akhmedova T.S. Improving wear resistance of agricultural machine components by applying hard-alloy thick-laver coatings using plasma surfacing. Metallurgist. 2017. Vol. 60. N11-12. 1290-1294.

12. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Sidorov S.A., Khoroshenkov V.K., Luzhnova E.S., Mironov D.A., Zaytsev A.I., Rodionova I.G., Pavlov A.A., Amezhnov A.V. Ispol'zovaniye bimetallicheskikh staley dlya povysheniya resursa rabochikh organov selskokhozyaystvennykh mashin [The use of bimetallic steels to increase the resource of working bodies of agricultural machines]. Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk. 2013. N2. 80-81 (In Russian).

Заявленный вклад соавторов

Добрин Д.А. – подготовка текста, анализ литературных данных, проведение экспериментальных работ;
Денисов В.А. – научное руководство, анализ и доработка текста;
Волкова О.А. – анализ литературных данных и доработка текста;
Катков С.А. – подготовка иллюстрационного материала, проведение экспериментальных работ.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Contributions of the coauthors

Dobrin D.A. – preparation of the manuscript, analysis of literary data, carrying out experiments;
Denisov V.A. – scientific guidance, analysis and revision of the manuscript;
Volkova O.A. – analysis of literary data and revision of the manuscript;
Katkov C.A. – preparation of illustrative material, carrying out experiments.

All the authors have read and approved the final manuscript.

DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-100-104 CC BY УДК 621.785.539

Методы восстановления сошников для внесения удобрений в почву

Валентин Павлович Лялякин, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, e-mail: valpal-1938@mail.ru;
Вячеслав Федорович Аулов, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник;
Юрий Николаевич Рожков, младший научный сотрудник;
Алексей Алексеевич Евсюков, инженер
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *Одним из важнейших рабочих органов зерновой сеялки, обеспечивающих качество посева, служит сошник для внесения удобрений в почву. Износ анкерных сошников представляет собой общую проблему для всех современных почвообрабатывающих и посевных машин. В настоящее время целесообразно восстанавливать изношенные сошники и подвергать их упрочнению, чтобы уменьшить затраты на приобретение запасных частей, в том числе зарубежных. Наиболее рациональным методом восстановления сошников служит ТВЧ-борирование. (Цель исследования) Провести анализ характера изнашивания сошников для внесения удобрений в почву, а также методов их восстановления. (Материалы и методы) Исследовали анкерные сошники из стали 20ГЛ. Отметили, что формы износа в разных частях рабочего органа имеют клиновидную и серповидную формы; износ происходит на передней поверхности и на боковых утолщениях, которые необходимы для заделки семян. Анализировали различные способы восстановления сошников, такие как электроискровое легирование, химико-термическая обработка, электромеханическая обработка, ТВЧ-борирование, напыление, наплавка, диффузионное насыщение, электроконтактная приварка. (Результаты и обсуждение) Определили, что наиболее перспективным методом восстановления сошников служит ТВЧ-борирование из-за высокой производительности, малых затрат и высокой износостойкости покрытия. Относительная износостойкость образца после ТВЧ-борирования в шесть раз больше эталонного образца. Благодаря этому сошники с таким покрытием меньше подвергаются абразивному износу и дольше сохраняют свою работоспособность. (Выводы) Проанализировали виды сошников, а также их преимущества и недостатки. Выявили, что наиболее часто сошники подвергаются абразивному износу. Установили, что ТВЧ-борирование представляет собой наиболее рациональный метод восстановления анкерных сошников.*

Ключевые слова: *сошник, износ, упрочняющее покрытие, методы восстановления, химико-термическая обработка, электроискровое легирование, ТВЧ-борирование.*

Для цитирования: *Лялякин В.П., Аулов В.Ф., Рожков Ю.Н., Евсюков А.А. Методы восстановоения сошников для внесения удобрений в почву // Технический сервис машин. 2023. Т. 61. N3(152). С. 100-104. DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-100-104. ZIGAAG.*

Methods of restoration of coulters for applying fertilizers to soil

Valentin P. Lyalyakin, Dr.Sc.(Eng.), professor, chief specialist;
Vyacheslav F. Aulov, Ph.D.(Eng.), leading researcher;
Yuriy N. Rozhkov, junior researcher;
Aleksey A. Evsyukov, engineer
Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. *One of the most important working bodies of a grain planter, ensuring the quality of sowing, is a coulter for applying fertilizers to the soil. The wear of anchor coulters is a common problem for all modern tillage and sowing machines. Currently, it is advisable to restore worn-out coulters and subject them to hardening in order to reduce the cost of purchasing spare parts, including foreign ones. The most rational method of restoring coulters is HDPE boration. (Research purpose) The research purpose is analyzing the wear of coulters for applying fertilizers to the soil, as well as methods of their restoration. (Materials and methods) Anchor coulters made of 20GL steel were investigated. It was noted that the forms of wear in different parts of the working body have wedge-shaped and sickle-shaped forms; wear occurs on the front surface and*

on the lateral thickenings, which are necessary for sealing seeds. Various methods of restoring coulters were analyzed, such as electric spark alloying, chemical-thermal treatment, electromechanical treatment, HDPE boration, sputtering, surfacing, diffusion saturation, electrocontact welding. (Results and discussion) It was determined that the most promising method of restoring coulters is HDPE boration due to high productivity, low costs and high wear resistance of the coating. The relative wear resistance of the sample after HDPE boration is six times greater than the reference sample. Due to this, coulters with such a coating are less exposed to abrasive wear and retain their performance longer. (Conclusions) We analyzed the types of coulters, as well as their advantages and disadvantages. It was revealed that the coulters are most often subjected to abrasive wear. It was established that HDPE boration is the most rational method of restoring anchor coulters.

Keywords: *coulter, wear, hardening coating, recovery methods, chemical-thermal treatment, electrospark alloying, high-frequency boriding.*

For citation: *Lyalyakin V.P., Aulov V.F., Rozhkov Yu.N., Evsyukov A.A. Metody vosstanovoyeniya soshnikov dlya vneseniya udobreniy v pochvu [Methods of restoration of coulters for applying fertilizers to soil]. Tekhnicheskiy servis mashin. 2023. Vol. 61. N3(152). 100-104 (In Russian). DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-100-104. ZIGA AG.*

Один из основных элементов зерновой сеялки, который отвечает за качество посева, - это сошник. Его функция заключается в создании бороздки в почве, распределении семян и удобрений, а также внесении удобрений в почву. [1].

Существуют разные типы сошников, включая дисковые, анкерные с острым или тупым углом вхождения в почву, трубчатые с наральником или культиваторной лапой [2].

Это разнообразие сошников необходимо для работы сеялок в различных почвенных и климатических условиях. Различные анкерные сошники с тупым и острым углами вхождения в почву используются для вскрытия бороздки для посева семян или удобрений [3, 4].

Например, анкерный сошник с тупым углом вхождения предпочтительнее на легкой почве, но требует хорошей разделки. Трубчатые сошники применяются для зерновых культур на почвах, которые подвержены ветровой эрозии, после предварительной обработки стерни.

Лаповый сошник имеет стрельчатую лапу, которая помогает рыхлить почву и уничтожать сорняки. Он подходит для рядового и разбросного посевов зерновых культур на почвах, подверженных ветровой эрозии.

Двухдисковые сошники получили наибольшее распространение с конца XIX века. Это связано с тем, что они менее склонны к залипанию влажной почвой, а также могут выполнять работы на грубо обработанной, комковатой и глыбистой почве, содержащей корневые остатки сорняков.

Однако у двухдисковых сошников есть недостатки. При увеличении скорости движения сеялки увеличивается отброс почвы в сторону, что приводит к оголению дна бороздки.

Кроме того, вращающиеся диски могут распространять удобрения на поверхность и верхние горизонты почвы.

В некоторых случаях использование анкерных сошников наиболее предпочтительно, так как они создают борозды для внесения удобрений без разбрасывания почвы и эффективнее работают в засушливых условиях и в почвах с высокой твердостью (*рис. 1*) [5].

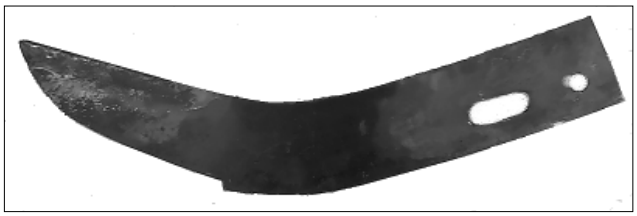


Рис. 1. Анкерный сошник

Сошники могут быть изготовлены из различных материалов, в том числе из углеродистой стали, например, 20ГЛ.

В современных сошниках обычно не используется термообработка, а вместо этого устанавливают твердосплавные пластины. Также существуют методы изготовления сошников из биметаллов [6].

Цель исследования – провести анализ характера изнашивания сошников для внесения удобрений в почву, а также методов их восстановления.

Материалы и методы. Износ анкерных сошников представляет собой общую проблему для всех современных почвообрабатывающих и посевных машин. Учитывая значительную – до 10000 га – сезонную наработку на один почвообрабатывающий агрегат, вопрос о повышении долговечности долот сошника является актуальным.

Износ происходит по передней поверхности долота на границе почвенного слоя, в том месте, где нет твердосплавной пластины (*рис. 2*).

Формы износа в разных частях рабочего органа имеют клиновидную и серповидную формы.

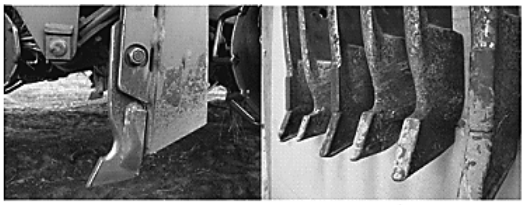


Рис. 2. Форма фигур износа долота при достижении предельной наработки: а – вид сбоку на изношенное долото, б – вид спереди на изношенные долота, упрочненные производителем установкой дополнительных твердосплавных пластин

Износ происходит как на передней поверхности, так и на боковых утолщениях, которые необходимы для заделки семян (*рис. 3*). Изнашиванию подлежат следующие элементы его тела:

- передняя часть на участке границы с почвой в пределах, реализуемых на практике заглублений органа (фас);
- поверхности левого и правого утолщений долота, расположенные под углом к нормали траектории движения органа в почве, осуществляющие оттеснение и формирующие левую и правую границы борозды.

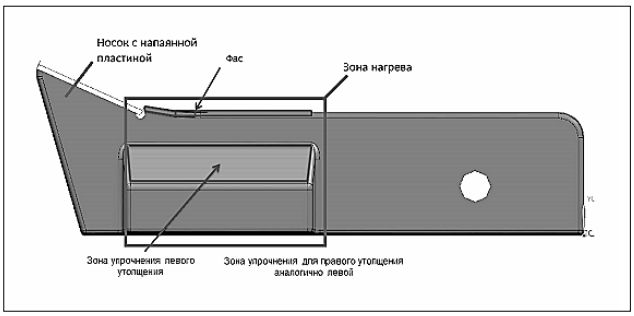


Рис. 3. Зоны износа сошника

В настоящее время целесообразно восстанавливать изношенные сошники и подвергать их упрочнению, чтобы уменьшить затраты на приобретение запасных частей, в том числе зарубежных.

Для сохранения оптимальной формы и состояния кромки сошника, формирующей почвенный клин, она упрочняется фирмой-производителем путем напайки твердосплавной пластины из сплава типа ВК толщиной 1-1,5 мм. Для уменьшения износа такие же пластины могут устанавливаться и на другие части долота, однако, это сильно его удорожает, а применение дополнительных пластин в условиях России оказалось не эффективным. Поэтому актуальной становится разработка нового упрочняющего покрытия на долота, сочетающего в себе положительные качества упрочнения его кромки твердосплавной пластиной с упрочнением других элементов его поверхности современными высокотехнологическими способами.

Есть несколько способов восстановления и упрочнения сошников. При выборе метода важно учитывать, какой слой можно нанести и насколько его можно упрочнить [7].

Существуют методы восстановления, такие как напыление износостойких соединений (плазменное напыление порошковых материалов, электродуговое напыление, лазерное напыление) [8-10]. Используют также наплавку легированного металла (наплавка газовым пламенем, электрической дугой, плазмой, лазерным лучом, пучком ионов, электроискровая наплавка), диффузионное насыщение (химико-термическая нитроцементация, цементация, карбонитрация, азотирование, боротитанирование, борохромирование, борирование) и электромеханическую обработку.

Применение электроконтактной приварки (ЭКП) порошков износостойких сплавов находит широкое применение в восстановлении и упрочнении рабочих органов сельскохозяйственных машин. Этот метод отличается меньшей энергоемкостью и высокой производительностью, возможностью получения покрытий из различных материалов и сплавов, незначительным термическим влиянием на материал детали, высокими механическими свойствами соединений, отсутствием выгорания легирующих элементов и благоприятными санитарно-производственными условиями работы оператора.

В качестве способа упрочнения сошников можно применять метод электроискрового легирования с последующей ТВЧ-закалкой. Метод электроискрового легирования заключается в обработке поверхности металлических изделий с помощью электроискровых разрядов, сопровождающейся переносом вещества со специально используемого электрода на обрабатываемую поверхность. Процесс ЭИЛ традиционно применяется для упрочнения поверхностей деталей, подвергающихся изнашиванию при трении без смазочного материала с большими удельными давлениями, а также в условиях активной эрозии. К недостаткам способа относится низкая производительность, а удельные затраты на 1 мм^3 упрочняющего материала в несколько раз больше, чем, например, при ТВЧ-наплавке. Однако учитывая сложную форму элементов сошника и технологическую труднодоступность его поверхности, данный способ упрочнения характеризуется как рациональный.

Электроконтактный нагрев может быть использован для упрочнения режущих элементов рабочих органов почвообрабатывающих машин без использования присадочных материалов благодаря имеющимся преимуществам. Одним из наиболее распространенных способов упрочнения сошников служит наплавка на них различных твердых сплавов и других материалов токами высокой часто-

ты (ТВЧ), а также методы, связанные с химико-термической обработкой (ХТО). В процессе ХТО основной металл насыщается различными неметаллами или легирующими металлами, что позволяет образовывать на поверхности детали износостойкий слой наплавляемого материала или различные бинарные или более сложные соединения железа.

Особое место среди процессов ХТО занимают технологии насыщения поверхностного слоя конструкционных и легированных сталей бором – борирование. При борировании на поверхности стальной детали удается получать слои толщиной 300- 800 мкм, отличающиеся высокой твердостью и прочностью, абразивной и коррозионной стойкостью, а также высоким сопротивлением к изнашиванию.

Наиболее предпочтительный метод восстановления – скоростное ТВЧ борирование. Этот метод включает изготовление специальной шихты, нанесение ее на восстанавливаемые участки и нагрев этих участков с помощью ТВЧ установки до получения покрытия, что занимает около двух минут.

При скоростном ТВЧ-борировании образуется покрытие, которое представляет собой композиционный металлокерамический материал. Оно состоит из двух слоев: измененного по химическому составу стального подслоя и упрочняющего слоя. Упрочняющий слой состоит из матрицы железоборидной эвтектики, в которой находятся частицы цементита, боридов железа, карбоборидов железа и легирующих сталь элементов. Эти элементы обеспечивают дополнительное дисперсное упрочнение покрытия. Диффузионная граница разделяет оба слоя.

Результаты и обсуждение. Гистограмму с относительной износостойкостью двух образцов представили на *рисунке* 4. Первый образец – 20ГЛ после закалки (принят в качестве эталона). Второй образец – 20ГЛ с нанесенным покрытием с помощью ТВЧ-борирования.

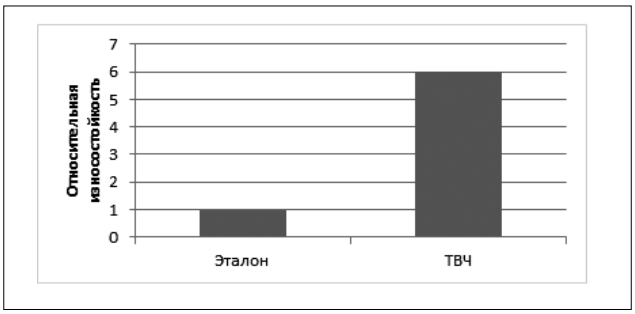


Рис. 4. Относительная износостойкость образцов

По данным гистограммы видно, что относительная износостойкость образца после ТВЧ-борирования в 6 раз больше эталонного образца. Благодаря этому сошники с таким покрытием меньше подвергаются абразивному износу и дольше сохраняют свою работоспособность.

По разработанной лабораторией технологии было проведено упрочнение партии сошников (9 штук) и поставлены на эксплуатационные испытания в ООО «Техсервис» (г. Пенза).

Сошники, упрочненные по технологии, разработанной в ФНАЦ ВИМ, разместили на пахотном агрегате вместе с сошниками, упрочненными по действующей технологии ООО «Техсервис». Согласовали методику сравнительных испытаний. Результаты испытаний будут получены в октябре 2023 г. после завершения полевых работ.

Выводы. Один из наиболее применяемых сошников – анкерный, так как такой вид сошников может применяться при недостаточном увлажнении почвы, а также при его работе происходит меньшее разбрасывание почвы. В основном механизм износа анкерных сошников – абразивный. Наиболее изнашиваемый участок – передняя поверхность. Самым рациональным методом восстановления является скоростное ТВЧ- борирование, так как оно обладает высокой производительностью и позволяет повысить износостойкость сошника в шесть раз. В дальнейшем планируются полевые испытания и внедрение технологии ТВЧ-борирования в предприятия по ремонту сельхозтехники.

Библиографический список

1. Булавко И.А. Анализ конструкций сошников для зерновых сеялок // Современные научные исследования и инновации. 2020. N8(112). С. 3.

2. Милюткин В.А., Bixmann V. Преимущество зерновых сеялок с долотовидными (анкерными) сошниками в засушливых условиях // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: материалы XIII Международной научно-практической интернет-конференции, п. Правдинский, Московская обл., 8-10 июня 2021 года. М.: Росинформагротех. 2021. С. 412-420.

3. Плаксин А.М., Водясов Е.В. Пути повышения долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. 2014. Т. 68. С. 60-63.

4. Задорожный Р.Н., Антонцев Н.М., Гритчин В.В., Толкачев М.Н. Технологии упрочнения долота сеялки Primera DMC 9000 фирмы Amazone // Труды ГОСНИТИ. 2015. Т. 121. С. 219-222.

5. Соловьев С.А., Лялякин В.П., Аулов В.Ф. [и др.] Комбинированные упрочняющие покрытия для долот анкерных сошников сеялки Amazone // Вестник АПК Ставрополья. 2015. N1(17). С. 73-79.

6. Лялякин В.П., Соловьев С.А., Аулов В.Ф. Состояние и перспектива упрочнения и восстановления деталей почвообрабатывающих машин сварочно-наплавочными методами // Труды ГОСНИТИ. 2014. Т. 115. С. 96-104.

7. Лялякин В.П., Титов Н.В., Литовченко Н.Н., Ничипоренко Р.С. Карбовибродуговой метод упрочнения

деталей машин, работающих в условиях абразивного износа, наплавкой металлокерамики (КВДНМК) // Труды ГОСНИТИ. 2014. Т. 114. С. 144-149.

8. Пантелеенко Ф.И., Лялякин В.П., Иванов В.П., Константинов В.М. Восстановление деталей машин. М.: Машиностроение. 2003. 672 с.

9. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Сидоров С.А., Хорошенков В.К., Лужнова Е.С., Миронов Д.А., Зайцев А.И., Родионова И.Г., Павлов А.А., Амежнов А.В. Использование биметаллических сталей для повышения ресурса рабочих органов сельскохозяйственных машин // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2013. N2. С. 80-81.

10. Измайлов А.Ю., Сидоров С.А., Лобачевский Я.П., Хорошенков В.К., Кузнецов П.А., Юрков М.А., Голосиенко С.А. Научные принципы повышения износостойкости рабочих органов почвообрабатывающей техники // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2012. N3. С. 5-7.

References

1. Bulavko I.A. Analiz konstruktsiy soshnikov dlya zernovykh seyalok [Analysis of coulter designs for grain seeders]. Sovremennyye nauchnyye issledovaniya i innovatsii. 2020. N8(112). 3 (In Russian).

2. Milyutkin V.A., Buxmann V. Preimushchestvo zernovykh seyalok s dolotovidnymi (ankernymi) soshnikami v zasushlivykh usloviyakh [The advantage of grain seeders with chisel-shaped (anchor) coulters in arid conditions]. Nauchno-informatsionnoye obespecheniye innovatsionnogo razvitiya APK: materialy XIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy internet-konferentsii, p. Pravdinskiy, Moskovskaya obl., 8-10 iyunya 2021 goda. Moscow: Rosinformagrotekh. 2021. 412-420 (In Russian).

3. Plaksin A.M., Vodyasov E.V. Puti povysheniya dolgovechnosti rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh mashin [Ways to increase the durability of working bodies of tillage machines]. Vestnik Chelyabinskoy gosudarstvennoy agroinzhenernoy akademii. 2014. Vol. 68. 60-63 (In Russian).

4. Zadorozhnyy R.N., Antontsev N.M., Gritchin V.V., Tolkachev M.N. Tekhnologii uprochneniya dolota seyalki Primera DMC 9000 firmy Amazone [Technologies of hardening of the drill bit Primera DMC 9000 by Amazone]. Trudy GOSNITI. 2015. Vol. 121. 219-222 (In Russian).

5. Solov'yev S.A., Lyalyakin V.P., Aulov V.F. et al. Kombinirovannyye uprochnyayushchiye pokrytiya dlya dolot ankernykh soshnikov seyalki Amazone [Combined reinforcing coatings for bits of anchor coulters of the Amazone seeder]. Vestnik APK Stavropol'ya. 2015. N1(17). 73-79 (In Russian).

6. Lyalyakin V.P., Solov'yev S.A., Aulov V.F. Sostoyaniye i perspektiva uprochneniya i vosstanovleniya detaley pochvoobrabatyvayushchikh mashin svarochno-naplavochnymi metodami [The state and prospects of hardening and restoration of parts of tillage machines by welding and surfacing methods]. Trudy GOSNITI. 2014. Vol. 115. 96-104 (In Russian).

7. Lyalyakin V.P., Titov N.V., Litovchenko N.N., Nichiporenko R.S. Karbovibrodugovoy metod uprochneniya detaley mashin, rabotayushchikh v usloviyakh abrazivnogo iznosa, naplavkoy metallokeramiki (KVDNMK) [Carbine vibro-arc method of hardening of machine parts operating under conditions of abrasive wear by surfacing of cermets]. Trudy GOSNITI. 2014. Vol. 114. 144-149 (In Russian).

8. Panteleyenko F.I., Lyalyakin V.P., Ivanov V.P., Konstantinov V.M. Vosstanovleniye detaley mashin [Restoration of machine parts]. Moscow: Mashinostroyeniye. 2003. 672 (In Russian).

9. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Sidorov S.A., Khoroshenkov V.K., Luzhnova E.S., Mironov D.A., Zaytsev A.I., Rodionova I.G., Pavlov A.A., Amezhnov A.V. Ispol'zovaniye bimetallicheskikh staley dlya povysheniya resursa rabochikh organov sel'skokhozyaystvennykh mashin [The use of bimetallic steels to increase the resource of working bodies of agricultural machines]. Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk. 2013. N2. 80-81 (In Russian).

10. Izmaylov A.Yu., Sidorov S.A., Lobachevskiy Ya.P., Khoroshenkov V.K., Kuznetsov P.A., Yurkov M.A., Golosiyenko S.A. Nauchnyye printsipy povysheniya iznosostoykosti rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchey tekhniki [Scientific principles of increasing the wear resistance of working bodies of tillage machinery]. Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk. 2012. N3. 5-7 (In Russian).

Заявленный вклад соавторов

Лялякин В.П. – научное руководство, анализ и доработка текста;
Аулов В.Ф. – редактирование текста, анализ литературных данных;
Рожков Ю.Н. – анализ литературных данных;
Евсюков А.А. – подготовка и анализ литературных данных, подготовка текста.
Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Contributions of the coauthors

Lyalyakin V.P. – scientific guidance, analysis and revision of the manuscript;
Aulov V.F. – text editing, analysis of literary data;
Rozhkov Yu.N. – analysis of literary data;
Evsyukov A.A. – preparation and analysis of literary data, preparation of the manuscript.
All the authors have read and approved the final manuscript.

DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-105-115 CC BY УДК 631.1(091)

Опыт технико-технологического обеспечения сельского хозяйства Южного Урала: от машинно-тракторных станций к научно-производственным мощностям

[1]Юлия Сергеевна Ценч, доктор технических наук, главный научный сотрудник;
[2]Елена Владимировна Годлевская, кандидат педагогических наук, доцент, заместитель директора по научно-методической работе

[1]Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация
[2]Челябинский государственный промышленно-гуманитарный техникум имени А.В. Яковлева, г. Челябинск, Российская Федерация

Реферат. *Эффективность использования машинно-тракторного парка в сельском хозяйстве зависит от степени развития образования, науки и производства в стране. Именно эти три структуры получили бурное развитие в начале 30-х годов XX века в аграрном регионе, которым был Южный Урал. (Цель исследования) Провести анализ технико-технологического обеспечения сельского хозяйства Южного Урала, используя опыт функционирования машинно-тракторных станций. (Материалы и методы) Осуществили анализ документов Российского государственного архива социально-политической истории, статистических ежегодников Челябинского областного управления народно-хозяйственного учета, летописей районов и городов Челябинской области. (Результаты и обсуждение) Выявили на каждом историческом этапе развития сельского хозяйства Южного Урала основные задачи, которые стояли перед машинно-тракторными станциями. Показали, что причины низкой эффективности работы тракторных колонн заключались в несогласованности планов работы отрядов с планами колхозов; многообразии моделей тракторов отечественного и импортного производства, использующихся на полях; недостатке квалифицированной рабочей силы по обслуживанию и эксплуатации сельскохозяйственной техники. Выявили задачи, поставленные агропромышленным комплексом перед образованием, наукой и производством, которые заключались в разработке новых агротехнических приемов обработки почвы, создании системы периодичности плановых и капитальных ремонтов, повышении количества и номенклатуры выпускаемых заводами запасных частей для сельскохозяйственной техники, внедрении системы подготовки и переподготовки кадров для сельскохозяйственного производства, улучшении организации труда. (Выводы) Машинно-тракторные станции не только сыграли важную роль в технико-технологическом обеспечении сельского хозяйства Южного Урала, но и смогли развить свой потенциал до уровня научно-технических производств, выпускающих автоматизированные линии для восстановления изношенных деталей сельскохозяйственной техники.*

Ключевые слова: *тракторные колонны, машинно-тракторные станции, организация технического обслуживания тракторов, квалифицированные кадры, интеграция науки с производством.*

Для цитирования: *Ценч Ю.С., Годлевская Е.В. Опыт технико-технологического обеспечения сельского хозяйства Южного Урала: от машинно-тракторных станций к научно-производственным мощностям // Технический сервис машин. 2023. Т. 61. N3(152). С. 105-115. DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-105-115. WPOATC.*

Experience of technical and technological support of agriculture in the Southern Urals: from machine and tractor stations to scientific and production facilities

[1]Yuliya S. Tsench, Dr.Sc.(Eng.), chief researcher;
[2]Elena V. Godlevskaya, Ph.D.(Ped.), associate professor, Deputy Director for Scientific and methodological work

[1] Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation
[2] Chelyabinsk State Industrial and Humanitarian College named after A.V. Yakovlev, Chelyabinsk, Russian Federation

Abstract. *The efficiency of the use of the machine and tractor fleet in agriculture depends on the degree of development of education, science and production in the country. It was these three structures that were rapidly developed in the early 30s of the XX century in the agrarian region, which was the Southern Urals. (Research purpose) The research purpose is analyzing the technical and technological support of agriculture in the Southern Urals, using the experience of operating machine and tractor stations. (Materials and methods) Analyzed the documents of the Russian State Archive of Socio-Political History, statistical yearbooks of the Chelyabinsk Regional Department of National Economic Accounting, chronicles of districts and cities of the Chelyabinsk region. (Results and discussion) We have identified at each historical stage of the development of agriculture in the Southern Urals the main tasks that faced the machine and tractor stations. It was shown that the reasons for the low efficiency of the tractor columns were the inconsistency of the work plans of the detachments with the plans of the collective farms; the variety of models of tractors of domestic and imported production used in the fields; the lack of qualified labor for the maintenance and operation of agricultural machinery. The tasks set by the agro-industrial complex for education, science and production were identified, which consisted in the development of new agrotechnical methods of tillage, the creation of a system of frequency of planned and major repairs, increasing the number and nomenclature of spare parts for agricultural machinery produced by factories, the introduction of a system of training and retraining of personnel for agricultural production, improving labor organization. (Conclusions) Machine and tractor stations not only played an important role in the technical and technological support of agriculture in the Southern Urals, but also were able to develop their potential to the level of scientific and technical productions that produce automated lines for the restoration of worn-out parts of agricultural machinery.*

Keywords: *tractor group, machine-tractor stations, organization of tractor maintenance, qualified personnel, integration of science and production.*

For citation: *Tsench Yu.S., Godlevskaya E.V. Opyt tekhniko-tekhnologicheskogo obespecheniya sel'skogo khozyaystva Yuzhnogo Urala: ot mashinno-traktornykh stantsiy k nauchno-proizvodstvennym moshchnostyam [Experience of technical and technological support of agriculture in the Southern Urals: from machine and tractor stations to scientific and production facilities]. Tekhnicheskiy servis mashin. 2023. Vol. 61. N3(152). 105-115 (In Russian). DOI 10.22314/2618-8287-2023-61-3-105-115 WPOATC.*

Механизация сельского хозяйства в середине XIX в. положила начало производственно-техническому обслуживанию аграрной отрасли России.

В этот период в поместьях и крестьянских подворьях стали появляться достаточно сложные сельскохозяйственные орудия, что привело к зарождению первых ремонтных мастерских. Органы местного самоуправления организовывали уездные склады, прокатные станции сельскохозяйственных машин и инвентаря, инвентарную службу, показательные станции.

В Челябинске одним из первых появился склад машин «Столль», торговавший техникой собственного производства и американской фирмы «Мак-Кормик». А в 1899 году Столль Вильгельм Германович построил механический завод «Столль и Ко», на котором двести рабочих изготавливали и ремонтировали плуги и другую сельскохозяйственную технику, снабжающую районы Казахстана, Сибири, Средней Азии (*рис. 1*).

Созданные в Челябинской области кооперативные склады техники и других материальных ресурсов через агентов-посредников торговали оборудованием чикагской фирмы уборочных машин «Диринг» и заводов И. Гена из Одессы [1].

Рис. 1. Предприятие «Столль и Ко» по производству сельскохозяйственных механизмов в Челябинске

Также многочисленные частные кустарные мастерские наладили изготовление плугов и сабанов (*рис. 2*).

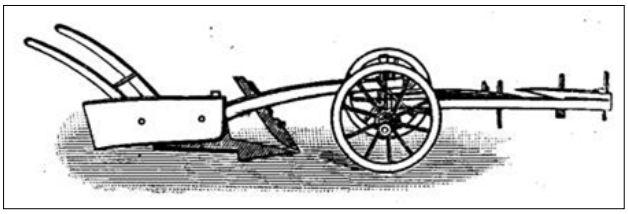


Рис. 2. Сабан с двумя лемехами и деревянным отвалом

Начало коллективизации во второй половине 20-х годов XX в. положило начало новым формам технической поддержки сельского хозяйства со стороны государства. Ускоренное развитие сельскохозяйственного машиностроения стало актуально сразу после принятия Декрета о земле.

Цель исследования – провести анализ технико-технологического обеспечения сельского хозяйства Южного Урала, используя опыт функционирования машинно-тракторных станций.

Материалы и методы. В сельском хозяйстве Южного Урала первый массовый опыт использования тракторов связан с инициативой Акционерного общества помощи сельскому хозяйству и промышленности, которое в 1923 г. организовало отряд из 37 тракторов, в его распоряжении было также 16 комплектов трехлемешных плугов, 9 двадцатирядных сеялок, полевая электростанция и прожектор для ночных работ [2].

Основные функции тракторных отрядов заключались в обработке полей совхозов и колхозов и выдаче в прокат инвентаря. Данные по обеспечению посевных площадей Южного Урала тракторами и сельскохозяйственными орудиями за 1925 г. представлены в *таблице 1* [3].

Таблица 1

Показатели обеспеченности техникой посевных площадей Южного Урала за 1925 год

1	**Число хозяйств**	87044
2	Всего десятин посева Из них: в пересчете на га	463464,46 505176,26
	Тракторы и сельскохозяйственные орудия	
3	Тракторы	63
4	Однолемешные плуги	11182
5	Двухлемешные плуги	5269
6	Многолемешные плуги	127
7	Бороны	1433
8	Культиваторы	247
9	Разбросные сеялки	1820
10	Рядовые сеялки	1081
11	Соломотрясы	2808

Весной 1929 г. Челябинск встретил организованную зерносовхозом «Гигант» Сальского района Ростовской области тракторную колонну, в состав которой входило 106 машин с необходимым инвентарем и транспортными средствами (*рис. 3*).

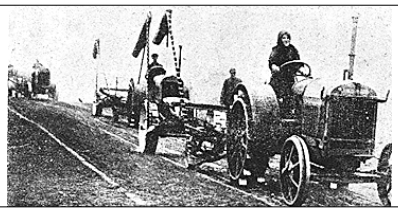


Рис. 3. Командированная на Южный Урал тракторная колонна зерносовхоза «Гигант»

За три недели мая колонна вспахала и засеяла 30 тыс. га земли в 17 колхозах и в 300-х единоличных бедняцких хозяйствах Курганского и Троицкого районов.

Анализ исторических источников показал, что обработка полей совхозов и колхозов тракторными отрядами выполнялась на низком уровне [4-7]. Это происходило из-за:

- несогласованности планов работы отрядов с планами колхозов, что приводило к неэффективной работе тракторов. При этом затраты на обслуживание техники были значительными;
- многообразия использования моделей тракторов отечественного и импортного производства, которое приводило к дефициту запасных деталей из-за их малой унификации;
- недостатка квалифицированной рабочей силы по обслуживанию и эксплуатации сельскохозяйственной техники.

Эти проблемы предполагалось решить с помощью организации машинно-тракторных станций (МТС).

Массовое создание МТС началось с принятия Постановления Совета труда и обороны СССР «Об организации машинно-тракторных станций» от 5 июня 1929 г. Во исполнение данного Постановления решением смешанного акционерного общества «Всезоюзный центр машинно-тракторных станций» («Тракторoцентр») в 1929-1930 гг. в Челябинском и Курганском округах были учреждены четыре первые МТС – Лебяжьевская, Петуховская, Шумихинская и Щучанская [8].

Организованные машинно-тракторные станции стали технической базой сельскохозяйственного производства. В среднем каждая МТС на Южном Урале насчитывала 7-10 производственных звеньев (бригад), за которыми закреплялись тракторы, комбайны и другая почвообрабатывающая и посевная сельхозтехника. Производственные фонды МТС состояли из механических мастерских, нефтебазы, складских помещений, грузового автотранспорта, общежития для механизаторов-ремонтников. Вокруг МТС создавались обустроенные поселки с клубными зданиями, больницами, аптеками, жилыми домами (*рис. 4*).

Рис. 4. Капитальное здание и работники ремонтных мастерских Нагайбакской МТС, 1931 г.

Основные формы хозяйствования – государственная, государственно-кооперативная зачастую с привлечением денежных средств населения (не менее 25% стоимости МТС) [9].

Весной 1929 г. сразу несколько округов (Троицкий, Челябинский, Уральский, Аргаяшский) на свободных земельных площадях организовали зерносовхозы, которые получили 327 тракторов общей мощностью около 3,8 тыс. л. с. [10].

В 1932 г. в Нагайбакском районе открылась МТС, которая обслуживала 12 колхозов: «Новая жизнь», «Красный партизан», «Кзыл Яман», «Колхоз им. Сталина», «Кзыл-Казах», «Колхоз им. Молотова», «Большевистский сев», «1 Мая», «Красноармеец», «Буранный», «Гумбейский», «Нагайбакский». К 1939 г. машинно-тракторные станции Нагайбакского района обслуживали 98,14% хозяйств района; в 26 колхозах насчитывалось 211 тракторов, 173 комбайна. В состав сельскохозяйственной техники Нагайбакской МТС входили тракторы Сталинградского тракторного завода СХТЗ 15/30 (разработанные на основе «Интернешнл», Мак-Кормик-Диринг 15-30), «Универсал-2», С-60 (*рис. 5*).

Рис. 5. Нагайбакская МТС получила новый трактор

В 1930 г. была организована Есаульская МТС, к весне 1931 г. в нее поступило первых 20 тракторов (8 – «Кейс» и 12 – «Интернешнл»). Было организовано 7 тракторных отрядов, которые обслуживали Кременкульский, Харлушевский, Баландинский, Есаульский, Долгодеревенский сельсоветы, коммуну «Новое Поле».

Материальная база Есаульской МТС приведена в *таблице 2*.

Таблица 2

Оснащение техникой Есаульской МТС

Годы	1931	1934	1938	1941
Тракторы	20	51	63	66
Комбайны	0	23	38	37
Грузовые автомобили	0	7	4	5
Легковые автомобили	0	1	1	3

Постановлением №3 Президиума Челябинского Горсовета РКК и КД от 27 июля 1932 г. была создана Челябинская МТС (будущее предприятие по производству сельхозтехники «Агромаш»), расположенная в поселке Смолино. Техническое оснащение станции составляло 37 тракторов (25 – СТЗ, 7 – ХТЗ, 5 – ФП), 34 тракторных четырехкорпусных плуга, 5 трехкорпусных культиваторов, 8 борон. Общая численность работающих – 61 человек, из них 42 – малограмотных. Для ремонта тракторов привлекались трактористы Челябинского тракторного завода. На основе анализа цифровых материалов, характеризующих экономику Челябинской области в начале 30-х гг., представлена динамика формирования машинно-тракторных станций на Южном Урале и обеспеченность их тракторами (*рис. 6*) [11].

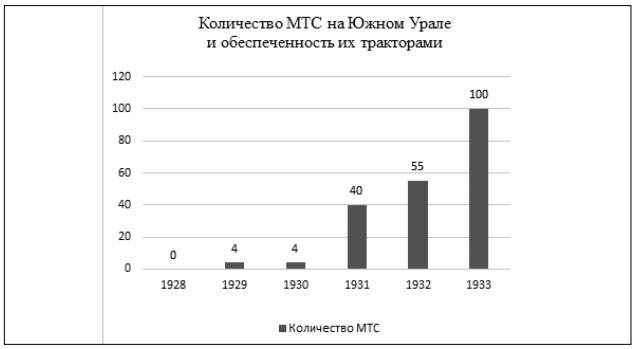


Рис. 6. Динамика развития машинно-тракторных станций на южном Урале за период первой пятилетки

Переход на общественную собственность в период коллективизации проходил сложно, так как государство не было готово поддержать материально в необходимой мере колхозы и совхозы. Не был заранее подготовлен штат организаторов и руководителей производственного процесса (агрономов, техников, бухгалтеров) [12].

Анализ архивных документов показывает, что определенной системы ремонта тракторов и сельскохозяйственной техники во вновь образованных МТС не было [13-16].

Ремонты не планировались, а проводились в случае выхода тракторов из строя. Наиболее передовые МТС организовывали ежедневный опрос (через диспетчерскую связь) полевых бригадиров, которые сообщали о конкретных проблемах с техникой. На следующий день к ним выезжали авторемонтные бригады и производили ремонт. Примерная схема ежедневного графика диспетчера МТС представлена на *рисунке 7.*

Во многих МТС графики ремонта, составленные старшими механиками, не учитывали периоды работы тракторов, поэтому большое количество горючего тратилось на необоснованный выезд передвижных мастерских. Анализ работы машинно-тракторных станций Уральского региона, проведенный в 1932 г., показал большой процент простоев тракторов [17, 18].

Наименование работ и простоев	Номера тракторов													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
На пахоте	X	X	X											
На боронованиии						X	X		X	X	X	X	X	
На севе								X						
Неисправн. прицеп														X
Аварии				X	X									
Плановый ремонт				X										
Другие показатели														
	Бригада № 1				Бригада № 2				Бригада № 3			Бригада № 4		

Рис. 7. Примерная схема ежедневного графика диспетчера МТС

Так, в Щучанской МТС – 61,1%, в Шумихинской – 45%. За этот же период перерасход горючего составил 30-40%, а смазочных материалов – до 1,8%. Отмечена недостаточно качественная обработка почв, особенно из-за слабого применения дискования, лущения, культивации. Вследствие слабой подготовки кадров количество техники, вышедшей на уборочную кампанию, было недостаточно. Квалифицированные трактористы, бригадиры тракторных бригад, комбайнеры, шоферы, ремонтные рабочие составляли всего 0,7% от общего количества работников МТС.

В 1933 г. Совет Труда и Обороны СССР принимает Постановление от 21 сентября 1933 г. № 827 «Об организации использования тракторного парка», в приложениях которого приводятся примерная классификация текущего, среднего и капитального ремонта; положение о трактористе МТС с его обязанностями по управлению и уходу за трактором и прицепными орудиями [19].

В том же году выходит Постановление коллегии Наркомсовхозов СССР «О нормах расходования запчастей к тракторам». В нем указывается: «Установить, что применявшееся до сего времени для определения сроков износа и потребности запчастей нормативы являются случайными и не основанными на серьезной научно-исследовательской проработке вопроса и использования данных хозяйственного опыта» [20].

Результаты и обсуждение. Проведенный анализ позволил выделить круг задач, которые стояли перед предприятиями, производившими сельскохозяйственную технику, научной школой ЧИМИЭСХ, системой профессионального образования региона. Необходимо было:

- разработать новые агротехнические приемы обработки почвы;
- создать систему периодичности плановых и капитальных ремонтов;
- повысить количество и номенклатуру выпускаемых заводами запасных частей для сельскохозяйственной техники;
- внедрить систему подготовки и переподготовки кадров для сельскохозяйственного производства;
- улучшить организацию труда.

После ввода в действие в 1933 г. Челябинского тракторного завода МТС стали обеспечиваться мощными гусеничными тракторами. По состоянию на 1940 г. в составе тракторного парка Южного Урала имелись все машины отечественного производства: СХТЗ, «Универсал-1», «Универсал-2», СХТЗ-НАТИ, ХТЗ-Т2Г, С-60, С-65, СГ-65. Вопросы технического обслуживания и ремонта тракторов отчасти были решены поставкой запасных частей с ЧТЗ.

Решением коллегии Наркомзема СССР от 29 июня 1933 г. «О районных колхозных школах» в Челябинской области были организованы 47 районных колхозных школ (РКШ), к 1935 г. их количество увеличилось до 85. Районные колхозные школы стали основной формой подготовки квалифицированных руководящих кадров. Срок обучения в них составлял 3-4 месяца, позднее – до 6 месяцев. В РКШ направлялись для обучения члены правлений колхозов, заведующие фермами, бригадиры, рядовые колхозники [21].

Однако создание большого количества районных колхозных школ не решало всей проблемы подготовки сельскохозяйственных кадров для села. Поэтому в предвоенные годы и годы войны многие МТС стали кузницей кадров. Так, при Варненской машинно-тракторной станции были организованы курсы подготовки трактористов-комбайнеров для ближайших районов. При Пышминской МТС было проведено обучение председателей колхозов, бригадиров, счетоводов, механизаторов, трактористов-комбайнеров. Всего в Пышминской МТС в 1933 г. прошли стажировку 345 человек [22].

О своей работе в Варламовской МТС написал в своих воспоминания бывший заместитель Министра сельского хозяйства СССР А.В. Кардапольцев. С 1942 по 1952 г. он работал бригадиром, а затем главным инженером Варламовской МТС Чебаркульского района Челябинской области. В период его работы был решен вопрос об организации подготовки трактористов на шестимесячных курсах при станции. Еженедельно он вел занятия о проведении технических уходов за тракторами СХТЗ, ХТЗ, С-65, СГ-65, НАТИ. Особое внимание уделялось газораспределению, регулировкам магнето, строгому соблюдению зазоров между штангами и клапанами у тракторов, регулировке подшипников. С участковыми агрономами еженедельно проводил соответствующую учебу старший агроном МТС.

Открытый в 1930 г. в Челябинске Уральский институт индустриального земледелия (позднее ЧИМЭСХ) обеспечивал обучение не только руководящих колхозных кадров, но и работников массовых специальностей – звеньевых, доярок, конюхов, сеяльщиков, инспекторов по качеству обработки полей. Специалисты института организовали в районах чтение лекций, на которых колхозники без отрыва от производства получали знания по агрономии, механизации, животноводству, принимали участие в работе агротехнических конференций, проведении агротехэкзаменов [23].

Накануне Великой Отечественной войны в колхозах были в основном механизированы наиболее трудоемкие процессы – пахота, междурядная обработка посевов, уборка урожая, обмолот зерновых культур. Хорошо функционировала система обслуживания колхозов МТС, для которых устанавливали плановые задания по объему механизированных работ, выделяли государственные капитальные вложения, а также тракторы, сельскохозяйственные машины, оборудование. В 1940 г. Челябинская МТС как подшефная ЧТЗ, обладая хорошим станочным парком и специалистами-ремонтниками, начала производить ремонт не только тракторов, но и автомобилей и комбайнов.

30 августа 1941 г. приказом Челябинского облисполкома Челябинская МТС была преобразована в Челябинский моторемонтный завод, оснащенный современным оборудованием для выполнения спецзаданий для обороны страны, в том числе в литейном цехе отливались корпуса мин.

В годы Великой Отечественной войны подготовленные в МТС кадры механизаторов пополняли ряды армии, укрепляя обороноспособность страны. Большую помощь машинно-тракторным станциям Южного Урала в организации эксплуатации и технического обслуживания тракторов оказали выпущенные в 1943 г. «Правила технического ухода за трактором Челябинского тракторного завода СГ-65» (*рис. 8*).

Рис. 8. Выпущенные ЧТЗ в 1943 г. «Правила технического ухода за трактором СГ-65»

Четко определенные в Правилах указания периодичности сроков проведения технического ухода, требования к помещениям, в которых производится технический уход за тракторами, распределение функций организации, образцы документации для сопровождения технического ухода и контроля позволили выстроить в МТС системную работу по поддержанию работоспособности тракторов в период Великой Отечественной войны (*рис. 9*).

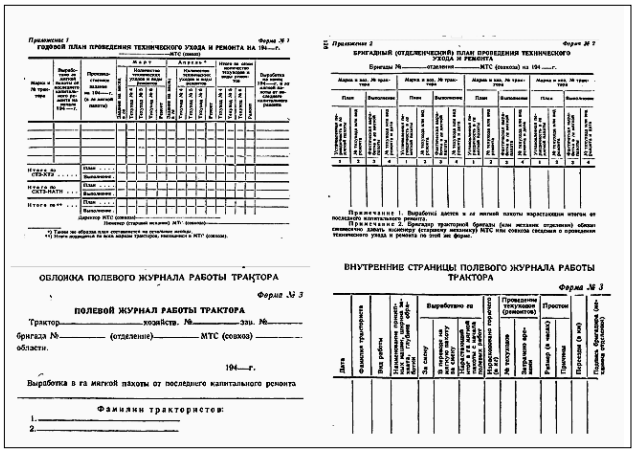


Рис. 9. Образцы технической документации, связанной с практическим уходом за трактором СГ-65

В 1947 г. была принята государственная программа механизации сельского хозяйства. Она предусматривала завершение механизации полевых работ в овощеводстве и садоводстве, животноводстве, на транспортных и погрузочно-разгрузочных работах и при освоении земель.

График развития мощностей тракторного парка СССР и Уральского региона в послевоенный период представлен на *рисунке 10* [24].

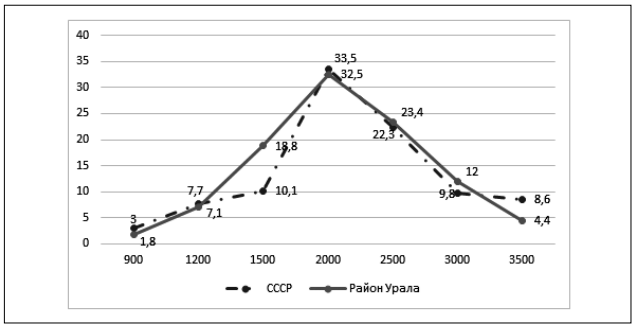


Рис. 10. График развития мощностей тракторного парка СССР и Уральского региона в послевоенный период

С 1950 г. в развитии МТС начинается новый этап. Государство финансирует организацию мастерских текущего ремонта, создание широкой сети машинно-тракторных мастерских (МТМ) для капитального ремонта техники, форсированное строительство хорошо оснащенных моторемонтных заводов. Качественно обновляется техника, осуществляется механизация современных произ-

водственных процессов сельского хозяйства.

Многие МТС Челябинской области претерпевают трансформацию. Так, Челябинская МТС реорганизуется в Челябинский моторoремонтный завод, который передается в подчинение совнархозу, а в дальнейшем это Челябинский завод автозапчастей. Организованная в 1931 г. Варненская машинно-тракторная станция реорганизуется в ремонтно-техническое предприятие, которое занимается ремонтом тракторов и комбайнов.

В 1953 г. руководство ставит новые задачи перед сельским хозяйством: повышение урожайности всех культур, увеличение общественного поголовья скота, рост валовой и товарной продукции в обслуживаемых МТС колхозах. Одним из основных показателей работы МТС становится себестоимость сектора механизированных работ.

Поставленные задачи предполагалось решить за счет совместного (колхозов и МТС) осуществления комплекса агротехнических мероприятий по возделыванию сельскохозяйственных культур с учетом почвенных и других особенностей; грамотного применения системы обработки почвы; повышения качества тракторных работ и проведения их в лучшие агротехнические сроки [25].

Для решения поставленных задач требовались совместные усилия работников сельского хозяйства, промышленности и науки.

Челябинский тракторный завод стал обеспечивать ежегодную поставку народному хозяйству страны более 10 тыс. тракторов С-80. Первая конверсионная модель имела дизельный двигатель в 80 л. с. и номинальное тяговое усилие 6 т. Данный трактор и его модернизированная модель трактор С-100 (номинальное тяговое усилие 6 т, двигатель дизельный 100 л. с.) отличались высоким качеством и надежностью. Сельскохозяйственные машины совершенствовались путем конструктивного улучшения рабочих органов, отдельных узлов и деталей, снижения металлоемкости, повышения прочности и более качественной внешней отделки. Тракторы предназначались для глубокого рыхления, посева, пахоты, транспортировки грузов, а также для работы с прицепным и навесным оборудованием.

При эксплуатации высокотехнологичных машин в сельском хозяйстве остро встал вопрос обеспечения эксплуатационной жизнестойкости машин и эффективности их применения. Возникает потребность в научно обоснованной эксплуатации машин.

Ученые ЧИМЭСХ принимали активное участие в развитии и совершенствовании МТС. Так, с 1953 по 1957 г. должность директора Есаульской МТС занимает И.Е. Ульман. За время его руководства возрастает количество разработанных новых, более эффективных технологических процессов, происходит освоение современных методов ремонта и внедрение в сельскохозяйственное производство новой техники. В Челябинском институте механизации и электрификации сельского хозяйства вся изобретательская и рационализаторская работа базируется на данных, полученных на Есаульской МТС. Тесная связь с инженерами и конструкторами Челябинского тракторного завода позволила Есаульской МТС одной из первых на Южном Урале внедрить поточно-узловой метод ремонта.

Ученые ЧИМЭСХ проводят совместные разработки с ЧТЗ по вопросам совершенствования двигателей М-17, КДМ-46 с предкамерным смесеобразованием.

В то же время коллектив кафедры ремонта машин совместно с конструкторами Челябинского тракторного завода трудился над разработкой типовой технологии ремонта мощных гусеничных тракторов С-80, в результате был выпущен альбом технической документации, состоящий из технологических карт, описывающих способы ремонта.

Февральский (1958 г.) Пленум ЦК КПСС принимает решение о реорганизации машинно-тракторных станций. В постановлении указывалось, что в текущий период времени большинство колхозов и совхозов в состоянии сами приобретать и правильно эксплуатировать сельскохозяйственную технику. Машинно-тракторные станции предложено было реорганизовать в ремонтно-технические (РТС) для обеспечения ремонта колхозной техники, снабжения колхозов запасными частями (путем продаж), новой техникой, горючим, удобрениями.

На Южном Урале участники III пленума Челябинского обкома партии на основе проведенного анализа констатировали, что большинство колхозов имеют возможность рассчитаться за технику в течение трех лет.

Из 139 МТС области было решено оставить пять для выполнения производственно-технического обслуживания восьми колхозов, а остальные реорганизовать в РТС. Оказались не востребованными производственные и культурно-бытовые помещения реорганизованных машинно-тракторных станций, которые также распродавались колхозам.

Разработчики процесса реорганизации МТС, ошибочно предположив, что колхозы более качественно справятся с вопросами эффективной эксплуатации машинно-тракторного парка и его обслуживанием, заложили в плановые показатели производства пониженные показатели выпуска сельскохозяйственной техники (тракторов). Такое решение привело к резкому скачку цен на запасные части (в 2-2,2 раза), сокращению парка сельскохозяйственных машин в колхозах и удорожанию самой выпускаемой техники.

Последствием проведенной реформы стала лик-

видация системы производственно-технического обслуживания колхозов, которая создавалась годами.

В этот же период Минсельхоз СССР решением Совмина СССР создает Государственный союзный научно-исследовательский технологический институт ремонта и эксплуатации тракторов и сельскохозяйственных машин (ГОСНИТИ).

Ученые ГОСНИТИ совместно с учеными Челябинского института механизации и электрификации сельского хозяйства Г.П. Клековкиным и И.Е. Ульманом изобретают новый способ нанесения металла на изношенные поверхности деталей машин, получивший название «вибродуговая наплавка». Для реализации этого способа было разработано несколько конструкций наплавочных головок: КУМА-5, КМ-5, ОКС-1252, ГМВК-2М и другие. Головка наплавочная вибродуговая универсальная ОКС-6569М-ГОСНИТИ начинает выпускаться серийно на Челябинском ремонтном заводе «Сельхозтехника» (до 1961 г. – Челябинская МТС) [26, 27].

В 1971 г. это предприятие было преобразовано в Опытный завод по изготовлению новых машин и оборудования для села. В 1980 г. приказом по Министерству было создано Производственное объединение заводов «Ремдеталь» на базе Челябинского опытного завода с возложением на него функций головного предприятия с передачей в подчинение ему девяти российских заводов, в том числе: Тавровского ремонтного завода Белгородской области, Сычевского электродного завода Смоленской области, Дугненского механического завода Калужской области, Кулицкого электромеханического завода Калининской области, Пензенского ремонтно-механического завода, Свердловского завода «Резинотехника», Красноуфимского опытного завода Свердловской области, Курского станкостроительного завода, Ачинского электроремонтного завода Красноярского края.

Начался интенсивный процесс интеграции науки с производством. Челябинские ученые – представители конструкторских бюро заводов – организовали разработку сельскохозяйственной техники и внедрение в производство ремонтно-технологического оборудования, поточных и автоматических линий для восстановления узлов и деталей.

Согласно постановлению Совета Министров СССР от 4 октября 1984 г. № 1035 производственному объединению заводов «Ремдеталь» было поручено изготовить станки для наплавки под слоем флюса и в среде углекислого газа порошковой проволокой марок У-651, У-652, У-653, У-654, УД-143, УД-144, УД-209.

При непосредственном участии профессорско-преподавательского состава ЧИМЭСХ разработано и изготовлено 50 автоматических линий по восстановлению лемехов, 620 двенадцатикорпусных плугов-рыхлителей, 10 трубных станков для изготовления спирально-шовных труб РТ-180 для орошения в засушливых регионах.

Автоматизированный комплекс оборудования для восстановления плужных лемехов (производительностью 150 тыс. лемехов) изготавливался не только для регионов СССР, но и поставлялся в Болгарию (*рис. 11*).

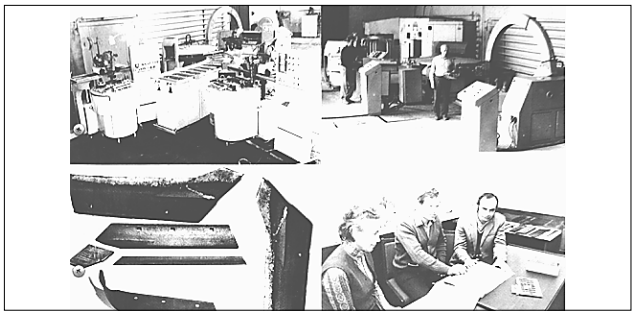


Рис. 11. Работники завода «Ремдеталь» и автоматизированный комплекс оборудования для восстановления плужных лемехов

По разработанной институтом электросварки им. Е.О. Патона технической документации на заводе было произведено несколько серий наплавочных станков, за изготовление и внедрение которых завод был удостоен Диплома промышленной палаты СССР (*рис. 12*).

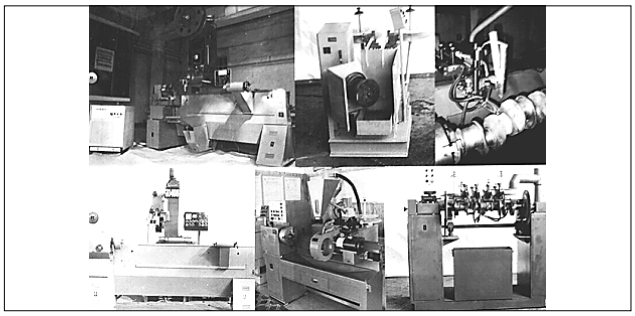


Рис. 12. Выпускаемые заводом «Ремдеталь» станки для восстановления наплавкой изношенных деталей сельскохозяйственных машин

В 1990 году на Южном Урале начался процесс создания крестьянских (фермерских) хозяйств (КФХ), пик которого пришелся на 1993 год; к 1994 г. их было зарегистрировано 7022. Для их обслуживания в 1997 г. на Южном Урале по инициативе Главного управления сельского хозяйства области создаются две МТС: Тюбукская и Теренкульская. Через год открылось еще пять машинно-тракторных станций: Чесменская, Увельская, Сосновская, «Восток» (Кунашакского района) и Верхнеуральская. Для поддержки МТС Главное управление сельского хозяйства области выделило 24 зерноуборочных комбайна «Енисей-1200», в том числе 19 – по лизингу и

5 агрегатов – по товарному кредиту. Созданные МТС имели разные формы собственности: частную («Восток»), коллективную (Сосновская – учредители 15 хозяйств), смешанную с участием, кроме хозяйств, и ремонтно-транспортных предприятий (Чесменская, Верхнеуральская). Научно-практические рекомендации для каждой МТС были разработаны Челябинским государственным агроинженерным университетом и включали в себя функциональный состав машинно-тракторного парка, документацию по восстановлению изношенных деталей и ремонту машин, рациональный состав ремонтно-технологического оборудования.

Выводы. Проведенный анализ показал, что МТС не только сыграли важную роль в технико-технологическом обеспечении сельского хозяйства Южного Урала, но и смогли развить свой потенциал до уровня научно-технических производств, выпускающих автоматизированные линии для восстановления изношенных деталей сельскохозяйственной техники.

Библиографический список

1. Алтайский В. Судьбы переселенческих складов в Сибири // Сибирские вопросы. 1907. N31.

2. Немчинов В.С. Народное хозяйство Урала: его состояние и развитие. Екатеринбург: Уралкнига. 1923. 104 с.

3. Сельское хозяйство Челябинского округа и районов: 1920-1925 // Челябинское окружное статистическое бюро. 1925. 34 с.

4. Данилов В.П. Создание материально-технических предпосылок коллективизации сельского хозяйства в СССР. М.: изд-во Академии наук СССР. 1957. 451 с.

5. Краев М.А. Победа колхозного строя в СССР. М.: Госполитиздат. 1954. 720 с.

6. Вылцан М.А. Техническая реконструкция сельского хозяйства в годы второй пятилетки // Вопросы истории. 1955. N9. С. 13-25.

7. Зуйков В.Н. Коммунисты Урала – организаторы массового колхозного движения (1927-1931 гг.) // Ученые записки кафедры истории КПСС Уральского государственного университета. 1957. Вып. 17. С. 121-159.

8. Ефременков Н.В. Из истории организации тракторных колонн и первых МТС на Урале // Вопросы истории Урала. Свердловск. 1961. Вып. 2. С. 55-67.

9. Колхозники колхоза «Новый путь» // Газета Челябинский рабочий. 1930. 20 декабря.

10. Челябинская область. Золотые страницы Южного Урала: справочник. Екатеринбург: УРСИБ. 2000. 415 с.

11. Челябинская область в цифрах. Челябинск: издание Челябинского областного управления народно-хозяйственного учета. 1934. 155 с.

12. Каминский Ф.А. Опыт создания и развития коллективных форм ведения хозяйства в казачьих районах Южного Урала и Западной Сибири в первые годы НЭПа // Вестник ЮУрГУ. Серия: Социально-гуманитарные науки. 2005. N7(47). С. 52-55.

13. Российский государственный архив социально-политической истории. Ф. 17. Оп. 3. Д. 924. Л. 56-58.

14. Материалы краевого совещания ударников-рационализаторов, колхозников, работников МТС, совхозов и научных учреждений, проведенного в Энгельсе 20-22 мая 1935 г. Саратов: Саратовское государственное издательство. 1935.

15. Положение по полевому ремонту тракторов и сельскохозяйственных машин. Челябинское областное земельное управление. Челябинск. 1935. 12 с.

16. Шулбаев О.Н. К вопросу о техническом обслуживании и ремонте техники в машинно-тракторных станциях Восточной Сибири в 1930-е годы // Вестник ХГУ им. Н.Ф. Катанова. 2015. N11. С. 27-30.

17. Материалы об организации труда на производственных участках и тракторных отрядах Щучанской и Шумихинской МТС // Российский государственный архив экономики. Ф. 260. Оп. 1. Д. 175. Л. 1-23.

18. Баранов Е.Ю. Аграрное развитие и продовольственное обеспечение населения Урала. 1928-1934 гг. М.: Торговая корпорация «Дашков и К°». 2009. 629 с.

19. Об организации использования тракторного парка: постановление Совета Труда и Обороны N827 от 21 сентября 1933 г.

20. Об организации ремонта тракторов и об укреплении ремонтной базы Наркомзема СССР и Наркомсовхозов: постановление СТО от 7 июня 1933 г. N 500

21. Филатов В.В. Формирование системы обучения руководящих колхозных кадров в Уральском регионе в конце 1920-х-1930-х годов // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. 2018. N3(27). С.187-203.

22. Трактор: орган политотдела Пышминской МТС. Камышлов [Свердловская область]. 1933.

23. Бакунин А.В. Борьба большевиков за индустриализацию Урала во второй пятилетке (1933-1937 гг.). Свердловск: Средне-Уральское книжное издательство. 1968. 443 с.

24. Народное хозяйство СССР // Статистический ежегодник. М.: Госстандарт. 1957.

25. Хробостов С.Н., Канторович С.Н. Машинно-тракторные станции – ведущая сила колхозного производства. Минск: Гос. изд-во БССР. 1952. 59 с.

26. Сервис технических систем – основа безопасного функционирования машин и оборудования предприятий АПК // Материалы международной научно-практической конференции института агроинженерии. Челябинск: Южно-Уральский ГАУ. 2018. 356 с.

27. Ценч Ю.С., Годлевская Е.В. Вклад научной школы И.Е Ульмана в создание научных основ технического сервиса машин // Технический сервис машин. 2022. Т. 60. N4(149). С. 137-148.

References

1. Altayskiy V. Sud'by pereselencheskikh skladov v Sibiri

[The fate of migrant warehouses in Siberia]. Sibirskiye voprosy. 1907. N31 (In Russian).

2. Nemchinov V.S. Narodnoye khozyaystvo Urala: ego sostoyaniye i razvitiye [The national economy of the Urals: its state and development]. Ekaterinburg: Uralkniga. 1923. 104 (In Russian).

3. Sel'skoye khozyaystvo Chelyabinskogo okruga i rayonov: 1920-1925 [Agriculture of the Chelyabinsk district and districts: 1920-1925]. Chelyabinskoye okruzhnoye statisticheskoye byuro. 1925. 34 (In Russian).

4. Danilov V.P. Sozdaniye material'no-tekhnicheskikh predposylok kollektivizatsii sel'skogo khozyaystva v SSSR [Creation of material and technical prerequisites for collectivization of agriculture in the USSR]. Moscow: izd-vo Akademii nauk SSSR. 1957. 451 (In Russian).

5. Krayev M.A. Pobeda kolkhoznogo stroya v SSSR [The victory of the collective farm system in the USSR]. Moscow: Gospolitizdat. 1954. 720 (In Russian).

6. Vyltsan M.A. Tekhnicheskaya rekonstruktsiya sel'skogo khozyaystva v gody vtoroy pyatiletki [Technical reconstruction of agriculture during the second five-year plan]. Voprosy istorii. 1955. N9. 13-25 (In Russian).

7. Zuykov V.N. Kommunisty Urala – organizatory massovogo kolkhoznogo dvizheniya (1927-1931 gg.) [Communists of the Urals as organizers of the mass collective farm movement (1927-1931)]. Uchenyye zapiski kafedry istorii KPSS Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. 1957. Iss. 17. 121-159 (In Russian).

8. Efremenkov N.V. Iz istorii organizatsii traktornykh kolonn i pervykh MTS na Urale [History of the organization of tractor columns and the first MTS in the Urals]. Voprosy istorii Urala. Sverdlovsk. 1961. Iss. 2. 55-67 (In Russian).

9. Kolkhozniki kolkhoza «Novyy put'» [Collective farmers of the collective farm «New Way»]. Gazeta Chelyabinskiy rabochiy. 1930. December 20 (In Russian).

10. Chelyabinskaya oblast'. Zolotyye stranitsy Yuzhnogo Urala: spravochnik [Chelyabinsk region. Golden Pages of the Southern Urals: a reference book]. Ekaterinburg: URSIB. 2000. 415 (In Russian).

11. Chelyabinskaya oblast' v tsifrakh [Chelyabinsk region in numbers]. Chelyabinsk: izdaniye Chelyabinskogo oblastnogo upravleniya narodno-khozyaystvennogo ucheta. 1934. 155 (In Russian).

12. Kaminskiy F.A. Opyt sozdaniya i razvitiya kollektivnykh form vedeniya khozyaystva v kazach'ikh rayonakh Yuzhnogo Urala i Zapadnoy Sibiri v pervyye gody NEPa [The experience of creating and developing collective forms of farming in the Cossack regions of the Southern Urals and Western Siberia in the early years of the NEP]. Vestnik YuUrGU. Seriya: Sotsial'no-gumanitarnyye nauki. 2005. N7(47). 52-55 (In Russian).

13. Russian State Archive of Socio-Political History. F. 17. L. 3. C. 924. Sh. 56-58 (In Russian).

14. Materialy krayevogo soveshchaniya udarnikov-ratsionalizatorov, kolkhoznikov, rabotnikov MTS, sovkhozov i nauchnykh uchrezhdeniy, provedennogo v Engel'se 20-22 maya 1935 g [Materials of the regional meeting of shock-innovators, collective farmers, employees of MTS, state farms and scientific institutions, held in Engels on May 20-22, 1935]. Saratov: Saratovskoye gosudarstvennoye izdatel'stvo. 1935 (In Russian).

15. Polozheniye po polevomu remontu traktorov i sel'skokhozyaystvennykh mashin [Regulations on field repair of tractors and agricultural machinery. Chelyabinsk Regional Land Administration]. Chelyabinskoye oblastnoye zemel'noye upravleniye. Chelyabinsk. 1935. 12 (In Russian).

16. Shulbayev O.N. K voprosu o tekhnicheskom obsluzhivanii i remonte tekhniki v mashinno-traktornykh stantsiyakh Vostochnoy Sibiri v 1930-e gody [Maintenance and repair of machinery in machine and tractor stations in Eastern Siberia in the 1930s]. Vestnik KhGU im. N.F. Katanova. 2015. N11. 27-30 (In Russian).

17. Materialy ob organizatsii truda na proizvodstvennykh uchastkakh i traktornykh otryadakh Shchuchanskoy i Shumikhinskoy MTS [Materials on the organization of labor at production sites and tractor detachments of Shchuchanskaya and Shumikhinskaya MTS]. Russian State Archive of Economics. F. 260. L. 1. C. 175. Sh. 1-23 (In Russian).

18. Baranov E.Yu. Agrarnoye razvitiye i prodovol'stvennoye obespecheniye naseleniya Urala. 1928-1934 gg [Agrarian development and food supply of the population of the Urals. 1928-1934]. Moscow: Torgovaya korporatsiya «Dashkov i K°». 2009. 629 (In Russian).

19. Ob organizatsii ispol'zovaniya traktornogo parka: postanovleniye Soveta Truda i Oborony N827 ot 21 sentyabrya 1933 g [Organization of the use of the tractor fleet: Resolution of the Council of Labor and Defense N 827 of September 21, 1933] (In Russian).

20. Ob organizatsii remonta traktorov i ob ukreplenii remontnoy bazy Narkomzema SSSR i Narkomsovkhozov: postanovleniye STO ot 7 iyunya 1933 g. N 500 [Organization of tractor repair and strengthening of the repair base of the People's Commissariat of the USSR and the People's Commissariat of Agriculture: Resolution of the SRT of June 7, 1933 N 500] (In Russian).

21. Filatov V.V. Formirovaniye sistemy obucheniya rukovodyashchikh kolkhoznykh kadrov v Ural'skom regione v kontse 1920-kh-1930-kh godov [Formation of a system of training of collective farm management personnel in the Ural region in the late 1920s-1930s]. Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. 2018. N3(27). 187-203 (In Russian).

22. Traktor: organ politotdela Pyshminskoy MTS [Tractor: the tool of the political department of Pyshminskaya MTS]. Kamyshlov [Sverdlovskaya oblast']. 1933 (In Russian).

23. Bakunin A.V. Bor'ba bol'shevikov za industrializatsiyu Urala vo vtoroy pyatiletke (1933-1937 gg.) [The Bolsheviks' struggle for the industrialization of the Urals in the second Five-year Plan (1933-1937)]. Sverdlovsk: Sredne-Ural'skoye knizhnoye izdatel'stvo. 1968. 443 (In Russian).

24. Narodnoye khozyaystvo SSSR [National Economy of the USSR]. Statisticheskiy ezhegodnik. Moscow: Gosstandart. 1957 (In Russian).

25. Khrobostov S.N., Kantorovich S.N. Mashinno-traktornyye stantsii – vedushchaya sila kolkhoznogo proizvodstva [Machine and tractor stations are the leading force of collective farm production]. Minsk: Gos. izd-vo BSSR. 1952. 59 (In Russian).

26. Servis tekhnicheskikh sistem – osnova bezopasnogo funktsionirovaniya mashin i oborudovaniya predpriyatiy APK [Service of technical systems is the basis for the safe operation of machinery and equipment of agricultural enterprises]. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii instituta agroinzhenerii. Chelyabinsk: Yuzhno-Ural'skiy GAU. 2018. 356 (In Russian).

27. Tsench Yu.S., Godlevskaya E.V. Vklad nauchnoy shkoly I.E Ul'mana v sozdaniye nauchnykh osnov tekhnicheskogo servisa mashin [Contribution of the I.E. Ulman scientific school to the creation of the scientific foundations of the technical service of machines]. Tekhnicheskiy servis mashin. 2022. Vol. 60. N4(149). 137-148 (In Russian).

Заявленный вклад соавторов

Ценч Ю.С. – общее руководство, постановка задач исследования, научное редактирование текста статьи;
Годлевская Е.В. – анализ предметной области, написание текста и формирование выводов.
Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Contributions of the coauthors

Tsench Yu.S. – general guidance, formulation of research tasks, scientific editing of the manuscript;
Godlevskaya E.V. – analysis of the subject area, writing the manuscript and forming conclusions.
All the authors have read and approved the final manuscript.