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

ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС МАШИН

№3 (136) 2019

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.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

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

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

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

Дорохов А.С. – д.т.н., чл.-корр. РАН – зам. директора ФНАЦ ВИМ – член совета (dorokhov@rgau-msha.ru).

Денисов В.А. – д.т.н. – зав.отделом ФНАЦ ВИМ – член совета (va.denisov@mail.ru).

Иванов В.П. – д.т.н., профессор Полоцкого государственного университета Республики Беларусь, член совета (ivprem@tut.bu).

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

Шарифуллин С.Н. – д.т.н., профессор филиала Казанского федерального университета, член совета (saidchist@mail.ru).

Кешуов С.А. – д.т.н., профессор, Казахский НИИМЭСХ Республики Казахстан, член совета (kazniimesh@yandex.kz).

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

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

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

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

Несмиян А.Ю. – д.т.н., профессор кафедры «Технологии и средства механизации агропромышленного комплекса» Азово-Черноморского инженерного института Донского Государственного аграрного университета (nesmiyan.andrei@yandex.ru).

Елизаров В.П. – д.т.н., профессор, главный научный сотрудник ФНАЦ ВИМ (elizarov-vp@yandex.ru).

Жалнин Э.В. – д.т.н., профессор, главный научный сотрудник ФНАЦ ВИМ (zhalnin@yandex.ru).

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

Свидетельство о регистрации:

ПИ №ФС77-72932 от 25.05.2018 года.

Выходит 4 раза в год.
Подписано в печать 19.08.2019 г., Формат 60 х 84/8. Объем 26,25 п.л., Тираж 100 экз., заказ 950.
Отпечатано в типографии ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

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

Полный перечень статей размещен на сайте научной библиотеки elibrary.ru

© ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, 2019

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.

EDITORIAL COUNCIL

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

Lyalyakin V.P. – Doctor of Technical Sciences, Professor – Deputy Chairman, FSAC VIM , chief researcher (valpal-1938@mail.ru).

Soloviev S.A. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Member of corr. RAS (serg_solovev_56@mail.ru).

Dorokhov A.S. – Doctor of Technical Sciences, member of the corr.RAS – deputy director of FNAC VIM (dorokhov@rgau-msha.ru).

Denisov V.A. – Doctor of Technical Sciences – Head of the Department of the FSAC VIM (va.denisov@mail.ru) .

Ivanov V.P. – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Polotsk State University of the Republic of Belarus (ivprem@tut.by).

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

Sharifullin S.N. – Doctor of Technical Sciences, Professor of the branch of Kazan federal university (saidchist@mail.ru).

Keshuov S.A. – Doctor of Technical Sciences, Professor, gene. Director of the Association Kazakh Scientific Research Institute of Mineral Resources of the Republic of Kazakhstan (kazniimesh@yandex.kz).

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

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

Spitsyn I.A. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Penza State Agrarian University (penz_gau@mail.ru).

Senin P.V. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-rector for scientific work of the Mordovian State University Named After N.P. Ogarev (vice-rector-innov@adm.mrsu.ru).

Nesmiyan A.Y. – Doctor of Technical Sciences, Professor, of the Department of «Technologies and means of mechanization of agro-industrial complex» of Azov-Black Sea Engineering Institute of the Don State Agrarian University (nesmiyan.andrei@yandex.ru).

Elizarov V.P. – Doctor of Technical Sciences, Professor, chief researcher of FSAC VIM (elizarov-vp@yandex.ru).

Zhalnin E.V. – Doctor of Technical Sciences, Professor,chief researcher of FSAC VIM (zhalnin@yandex.ru).

Actual address of the editorial office: 109428, Moscow, 1 st Institutsky pr., 5.
Phone: 8 (495) 371-21-44; 8 (499) 174-88-11; e-mail: valpal-1938@mail.ru
Certificate of registration:
ПИ №ФС77-72932 from 25.05.2018.
It turns out 4 times a year.
The format is 60x84 / 8. Circulation 100 copies.
Printed in the printing house of the FSBSI FSAC VIM.
Certificate of registration at the National Center.

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

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

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ.
РЕМОНТ

Мишина З.Н., Черноиванов В.И.
Решение экономических и социальных задач в АПК инженерно-техническими службами 12
Грэнтхэм К.Н., Остриков В.В., Костюков А.Ю., Шор Б.И.
Опыт применения активаторов дизельного топлива 21
Арютов Б.А., Багрова М.В., Жолобов Л.А., Пасин А.В.
Оценка расхода воздуха через впускную систему ДВС 27
Лебедев А.Т., Павлюк Р.В., Захарин А.В., Лебедев П.А.
Исследование возникающих отказов между основными системами зерноуборочных комбайнов и времени их устранения 33
Лопатина Ю.А.
Применение 3d-печати методом FDM при ремонте машин и оборудования 40
Раков Н.В., Смольянов А.В.
Влияние угла опережения впрыскивания топлива на показатели работы двигателя 46
Пьянзов С.В., Ионов П.А.
Обоснование принципиальной схемы стенда для оценки технического состояния объемных гидроприводов. 51
Игнатов В.И., Герасимов В.С, Буряков С.А.
Стратегия развития промышленности отходов – важный шаг к решению задач ресурсосбережения и экологии 58
Свиридов А.С., Краснящих К.А.
Топологическая оптимизация деталей сельскохозяйственной техники 68
Чепурина Е.Л., Севостьянова Д.Л.
Основы методики проектирования систем технического сервиса 73
Докин Б.Д., Мартынова В.Л., Елкин О.В., Никифорова А.А.
Методические подходы обоснования технологического и технического обеспечения производства продукции растениеводства лесостепной зоны новосибирской области 81

ВОССТАНОВЛЕНИЕ И УПРОЧНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ

Жачкин С.Ю., Пеньков Н.А., Цысоренко П.В., Доценко В.О.
Формирование качеств хромовых покрытий при гальваноконтактной обработке. . . 92
Башкирцев Ю.В., Рогачев Д.И.
Оптимизация концентрации клеевого состава с использованием компьютерной программы statgraphicsplus для восстановления машин и оборудования 99
Назаркин А.С., Сахаров А.Ю., Земсков А.М., Ионов П.А.
Поиск рациональных технологических режимов холодного газодинамического напыления 106
Рещиков Е.О., Павлов В.А., Слинко Д.Б.
Износостойкость восстановленных наплавкой балансиров гусеничных машин . . . 114
Шарифуллин С.Н., Адигамов Н.Р., Кудряшова Е.Ю., Романов И.В., Рещиков Е.О., Колокольников В.Н.
Трибологические исследования поверхностей деталей из стали 65Г, упрочненных плазменными методами 120
Квас С.А.
Результаты исследований рабочих органов почвообрабатывающих машин из сверхвысокомолекулярного полиэтилена на износостойкость. 128
Герасимов В.С., Игнатов В.И., Буряков С.А.
Вопросы восстановления деталей техники, выведенной из эксплуатации. 135
Дорохов А.С., Ишков А.В., Иванайский В.В., Кривочуров Н.Т., Аулов В.Ф., Иванов В.И.
Применение интерметаллидов для повышения износостойкости покрытий, при скоростном ТВЧ-борировании 143
Дунаев А. В., Соломашкин А.А.
Обоснование нормативных значений давления моторного масла тракторных дизелей семейства Д-240 для их технического сервиса в АПК 156

ИСТОРИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ

Лялякин В.П., Огородник И.А.
История развития ремонтного производства 170
Карасев А.В.
Автомобильная фабрикация – промышленная революция в тракторостроении . . . 187
Косенко В.В., Шаров В.В., Ценч Ю.С.
70 лет легендарному трактору ДТ-54 196

CONTENTS

MAINTENANCE. REPAIR

Mishina Z.N., Chernoivanov V.I.
The decision of the economic and social challenges in agriculture engineering and technical services 12
Grentham K.N., Ostrikov V.V., Kostyukov A.Yu., Shore B.I.
Experience with diesel activators 21
Aryutov B.A., Bagrova M.V., Zholobov L.A., Pasin A.V.
Air consumption assessment through the DVS inlet system 27
Lebedev A.T., Pavlyuk R.V., Zakharin A.V., Lebedev P.A.
Research of the emerging failures and the time of their elimination between the main systems of grain harvesting combines 33
Lopatina Yu.A.
Application of 3D-printing by FDM method for repairing machinery and equipment. . . 40
Rakov N.V., Smolyanov A.V.
Influence of the fuel injection advance angle on the engine performance.. 46
Pyanzov S.V., Ionov P.A.
Substantiation schematic diagram test bench for assessment technical condition of volumetric hydraulic drives 51
Ignatov V.I., Gerasimov V.S., Buryakov S.A.
The strategy for the development of industry waste is an important step to the solution of problems of resource saving and ecology 58
Sviridov A.S., Krasnyashchikh K.A.
Topological optimization of details agricultural machinery 68
Chepurina E.L., Sevostyanova D.L.
The basic methodology of systems design technical service 73
Dokin B.D., Martynova V.L., Elkin O.V., Nikiforova A.A.
Development of a soil-cultivating sowing complex with the sowing system combined pneumomechanical. 81

RESTORATION AND HARDENING OF DETAILS

Zhachkin S. Yu., Penkov N.A., Tsysorenko P.V., Dotsenko V.O.
Formation of qualities of chromium coatings during galvanocontact treatment 92
Bashkirtsev Y.V., Rogachev D.I.
Optimization of concentration of glutinous structure with use of computer program statgraphics plus for restoration of cars and the equipment 99
Nazarkin A.S., Sakharov A.Yu., Zemskov A.M., Ionov P.A.
Search for rational technological modes of cold gas dynamic dusting. 106
Reshchikov E.O., Pavlov V.A., Slinko D.B.
Tracked machines balancers recovered by surfacing wear resistance. 114
Sharifullin S.N., Adigamov N.R., Kudryashova E.Yu., Romanov I.V., Reshchikov E.O., Kolokolnikov V.N.
Tribological studies of the surfaces of 65G steel parts reinforced by plasma methods . . 120
Kvass S.A.
The research results on the wear resistance of working authorities of soil treatment machines from ultra high-molecular polyethylene 128
Gerasimov V.S., Ignatov V.I., Buryakov S.A.
Questions of restoration of details of equipment, decommissioned 135
Dorokhov A.S., Ishkov A.V., Ivanayskiy V.V., Krivotulov N.T., Aulov V.F., Ivanov V.I.
The use of intermetallic compounds to improve the wear resistance of coatings with high-speed high-frequency borotion 143
Dunaev A.V., Solomashkin A.A.
The justification for normative values engine oil pressure tractor diesel engines of the family D-240 for technical service in agriculture.. 156

THE HISTORY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

Lyalyakin V.P., Gardener I.A.
The history of the development of repair production 170
Karasyov A.V.
Automotive fabrication – the industrial revolution in tractor construction 187
Kosenko V.V., Sharov V.V., Tsench Yu.S.
70 let legendarnomu traktoru DT-54 196

Требования к оформлению материалов для опубликования

Журнал **«ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС МАШИН»** входит в Перечень изданий, рекомендованных ***ВАК РФ*** для публикации трудов соискателей ученых степеней кандидата и доктора наук.

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 (объем 200-250 слов);
- 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!

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(495) 371-21-44

Requirements for the design of materials for publication

The journal "**Technical Service of Machines"** is included in the List of Periodicals recommended by the Higher Attestation Commission of the Russian Federation for the publication of works of competitors for scientific degrees of Candidate and Doctor of Sciences.

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 (200-250 words);
- keyword;
- bibliographic list.

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

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!

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 (495) 371-21-44.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ. РЕМОНТ

УДК 631.3:005.934.4

РЕШЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ И СОЦИАЛЬНЫХ ЗАДАЧ В АПК ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИМИ СЛУЖБАМИ

Зоя Николаевна Мишина, старший научный сотрудник,
e-mail: zoy4538@mail.ru;
Вячеслав Иванович Черноиванов, академик РАН,
доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,
Москва, Российская Федерация

Реферат. *Машинно-технологический комплекс сельского хозяйства как инновационная база аграрного производства становится важнейшей производственной системой, которая определяет объемы, качество и экономические характеристики конечной сельскохозяйственной продукции. (Цель исследования) Проанализировать цели и задачи, решаемые инженерно-технической службой аграрного предприятия, а также их выполнение в интеграции с другими сферами сельскохозяйственного производства. Определили, что инженерно-техническая служба сельскохозяйственного предприятия представляет собой стержень системы управления производством, а уровень ее организации во многом определяет эффективность применяемой в производстве техники и технологий. (Материалы и методы) Оценили уровень использования машинно-тракторного и автомобильного парков предприятия, чтобы оценить эффективность работы инженерных продразделений. Установили, что повышение надежности машинно-тракторного парка на сегодняшний день становится приоритетной задачей, и ее решение большинство специалистов представляет в виде комплекса мер, которые практически не затрагивают вопрос совершенствования инженерных служб предприятия и системы их инженерно-технического обеспечения. Без решения данной проблемы невозможно повысить надежность машинно-тракторного парка, так как новая техника будет поступать в среду, условия которой не позволят реализовать потенциальные возможности машин и рационально управлять их эксплуатацией. (Результаты и обсуждение) Выявили, что развитие инновационных процессов в сфере машиностроения способствует поступлению новой техники и технологий в производство и вызывает необходимость у инженеров хозяйств заниматься изучением новинок и способов их эффективного применения. Предложили перспективный вариант структуры и материального обеспечения инженерной службы, при которых специалисты смогут постоянно анализировать технологические процессы, искать их резервы с применением современных информационных технологий. Отметили необходимость формирования внутрихозяйственных баз данных и специализированных компьютерных программ для работы с ними. (Выводы) Ожидаемая эффективность внедрения результатов исследований позволит снизит затраты на содержание технологических машин и оборудования.*

Ключевые слова: *ресурсосбережение, автоматизация, агрозоотехнические сроки, энергообеспеченность, инновационное развитие.*

Для цитирования: *Мишина З.Н., Черноиванов В.И. Решение экономических и социальных задач в АПК инженерно-техническими службами // Технический сервис машин. 2019. N3(136). С. 12-20.*

THE DECISION OF THE ECONOMIC AND SOCIAL CHALLENGES IN AGRICULTURE ENGINEERING AND TECHNICAL SERVICES

Zoya N. Mishina, senior researcher;
Vyacheslav I. Chernoivanov, academician of RAS, Dr.Sc.(Eng.),
professor, chief researcher
Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. *Machine-technological complex of agriculture as an innovative base of agricultural production becomes the most important production system that determines the volume, quality and economic characteristics of the final agricultural products. (Purpose of research) To Analyze the goals and objectives of the engineering and technical service of the agricultural enterprise, as well as their implementation in integration with other areas of agricultural production. It was determined that the engineering and technical service of the agricultural enterprise is the core of the production management system, and the level of its organization largely determines the effectiveness of the equipment and technologies used in the production. (Materials and methods) Evaluated the level of use of machine-tractor and automobile fleets of the enterprise to assess the efficiency of engineering divisions. It was found that improving the reliability of the machine and tractor fleet today is becoming a priority, and its solution is the majority of specialists in the form of a set of measures that practically do not affect the issue of improving the engineering services of the enterprise and the system of their engineering support. Without a solution to this problem it is impossible to improve the reliability of the machine and tractor fleet, as the new equipment will come into the environment, the conditions of which will not allow to realize the potential of machines and manage their operation rationally. (Results and discussion) Revealed that the development of innovative processes in the field of mechanical engineering contributes to the entry of new equipment and technologies into production and causes the need for farm engineers to study new products and ways of their effective application. Proposed a promising option for the structure and material support of the engineering service, in which experts will be able to constantly analyze the processes, to look for their reserves with the use of modern information technology. Noted the need for the formation of on-farm databases and specialized computer programs to work with them. (Conclusions) the Expected efficiency of implementation of the research results will reduce the cost of maintenance of technological machines and equipment.*

Keywords: *resource saving, automation, agro-technical terms, energy supply, innovative development.*

For citation: *Mishina Z.N., Chernoivanov V.I. The decision of the economic and social challenges in agriculture engineering and technical services. Tekhnicheskiy servis mashin. 2019. N3(136). 12-20.*

Введение. Важнейшим условием роста производительности сельскохозяйственной продукции служит машинно-технологическая обеспеченность сельскохозяйственного производства.

Именно машинно-технологический комплекс сельского хозяйства как инновационная база аграрного производства становится важнейшей производственной системой, которая определяет объемы, качество и экономические характеристики конечной сельскохозяйственной продукции.

Цель исследования – проанализировать цели и задачи, решаемые инженерно-технической службой аграрного предприятия, а также их выполнение в интеграции с другими сферами сельскохозяйственного производства.

Учитывая важную роль инженерно-технической службы сельхозпредприятия в решении экономических и социальных вопросов в АПК, сформулировать стоящие перед ней цели и задачи:

- всемерное увеличение производства сельхозпродукции, повышение продуктивности полей и ферм;
- повышение качества продукции и сокращение до минимума ее потерь на всех этапах производства;
- повышение производительности труда в 3-4 раза с меньшими затратами;
- ресурсосбережение (сокращение затрат на топливо, посевной материал, корма, энергию и др.) в 1,5-2,5 раза;
- повышение экономической эффективности за счет внедрения прогрессивных, ресурсосберегающих технологий;
- увеличение энергонасыщенности, энергообеспеченности пашни на 1 гектар до оптимальных величин;
- повышение технического уровня, качества и надежности техники и оборудования;
- высокопроизводительное использование и поддержание машинно-тракторного парка, оборудования животноводческих ферм и другой техники на высоком уровне работоспособности (доведение коэффициента технической готовности машинно-технического парка (МТП) до 0,95-0,98, вместо 0,80-0,82);
- формирование интегрированной инженерной инфраструктуры услуг агропромышленного производства;
- совершенствование информационного обслуживания, создание службы инновационного развития сельского хозяйства для внедрения достижений науки и передового опыта – «Extension Serves»;
- подготовка и переподготовка кадров;
- обеспечение экологической безопасности (защита почв и окружающей среды), создание комфортных и безопасных условий труда.

Мировой и отечественный опыт показывает, что высокая продуктивность полей и ферм достигается в результате внедрения в сельскохозяйственное производство новых высокоэффективных, ресурсосберегающих, высокоточных технологий на базе высокопроизводительной интеллектуальной техники и эффективного использования ее.

Материалы и методы. Развитие систем автоматизации для мобильной сельскохозяйственной техники находится сейчас на своей третьей стадии. На первой стадии использовали простейшие автоматические датчики для контроля за функционированием отдельных узлов и деталей, на второй – появились электронные контрольно-управляющие системы для оптимиза-

ции параметров работы основных агрегатов, третья стадия характеризуется созданием машин, оборудованных системами автовождения, и полностью автоматизированных (машины-роботы или беспилотные машины).

На сегодняшний день степень оснащенности средствами автоматизации и электронизации становится одним из главных показателей технического уровня выпускаемых для сельскохозяйственного производства машин.

Использование современных средств автоматизации в оснащении сельскохозяйственной техники позволяет существенно улучшить эксплуатационные характеристики машин – повысить производительность, экономичность, качество выполнения технологических процессов, облегчить труд механизаторов.

Сельское хозяйство становится «Разумным с электронной головой», появились интеллектуальные мощности (двигателей), начата гармонизация (синхронизация) работы машинно-тракторных агрегатов (машина – орудие – трактор) на основе процессного подхода (ISOBUS – МТА – сошник – форсунка, растение – качества – корма) (рис. 1).

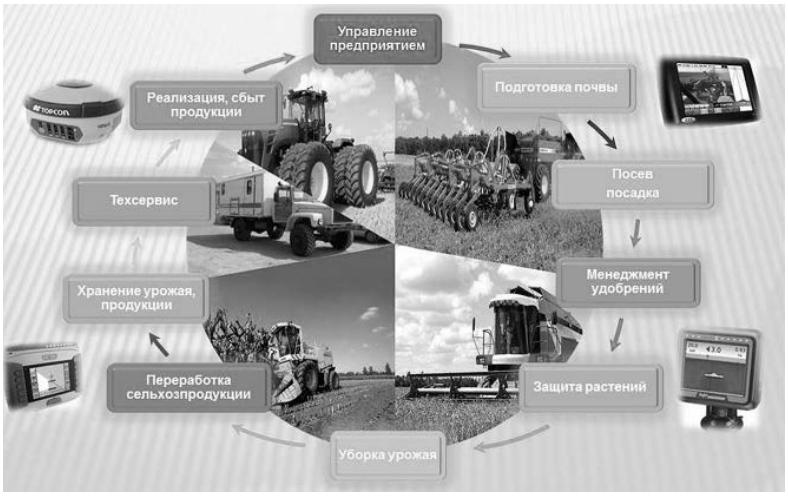


Рис. 1. Современная интеллектуальная система управления сельскохозяйственным производством

Повышение производительности труда находится в центре внимания при производстве сельхозтехники (мощности, ширина захвата, многофункциональные машины, повышение надежности); Ресурсосбережение за счет точности выполнения технологических процессов, автоматизации управления и контроля за распределяющими элементами сельскохозяйственных машин становится главной задачей.

Опыт стран с развитой рыночной экономикой свидетельствует о том, что, прежде всего, наука, наукоемкие технологии, активная инновационная деятельность служат исходной движущей силой всей хозяйственной жизни, и преимущественный прирост сельскохозяйственного производства обеспечивается благодаря реализации научно-технических достижений. Стратегия сельского хозяйства – инновационный путь развития. Одним из важнейших факторов увеличения выпуска сельхозпродукции, сокращения ее потерь на всех этапах производства является энергообеспеченность, выполнение работ в оптимальные агрозоотехнические сроки (таблица).

Таблица

Недобор и потери урожайности сельхозкультур при нарушении агросроков (в среднем по РФ), %

Культура	Операция	Нарушение агросроков, дни									
		на 1	на 2	на 3 ~~дня~~	на 4	на 5	на 6	на 7	на 8	на 9	на 10
Озимая пшеница	Посев	0,2-28,2	1,2-30,1	1,6-32,0	2,0-34,0	2,4-36,7	4,4-38,6	5,1-40,5	5,9-42,9	6,6-44,6	7,3-47,6
Озимая пшеница	Уборка (прям. комбайн.)	0,6-7,5	1,2-11,3	2,5-15,1	3,8-18,1	5,0-19,6	6,3-20,8	7,6-21,9	6,0-23,4	6,5-24,2	7,0-26,0
Яровая пшеница	Посев	0,9-38,0	1,7-41,5	3,1-44,0	4,0-48,8						
Яровая пшеница (Сибирь)	Прямое комбайни-рование	9,8-12,0	10,7-16,0	11,8-20,0	12,8-25,0	13,3-29,0	13,8-34,3	14,4-39,1	15,0-45,4		
Зерновые культуры	Вспашка зяби	1,2-24,0	2,3-25,0	4,2-25,2							
	Закрытие влаги	9,3-16,4	9,5-18,1	9,7-19,0	10,1-20,3						

Несмотря на достигнутые высокие показатели технического уровня сельхозтехники, заводы-изготовители, производящие сельскохозяйственную технику, постоянно ее совершенствуют.

Основными направлениями являются:

- создание и выпуск расширенного модельного ряда техники с высокой энергонасыщенностью: у отдельных поставщиков до 70 моделей тракторов мощностью от 20 до 600 л.с.; зерноуборочных комбайнов соответственно 21 – 130-600 л.с.; кормоуборочных комбайнов 11 – 350-1000 л.с.;
- многофункциональность – до 9 операций за один проход;
- гармонизация (синхронизация) машинно-тракторных агрегатов;
- высокая точность выполнения технологических процессов;
- удельный расход топлива двигателями не выше – 145 г/л.с.ч.;
- применение бесступенчатых трансмиссий;
- широкое внедрение электроники, сенсорных систем, информатики, автоматизации и роботизации;
- внедрение электропривода;
- внедрение требований экологии – Евро-3, 4;
- уровень шума в кабине 72-75 дБА;
- работа днем и ночью.

Из-за низкой обеспеченности сельскохозяйственного производства современными машинами во многих хозяйствах применяются упрощенные (экстенсивные) технологии, допускаются значительные потери.

Поэтому перед инженерно-технической службой наряду с изысканием возможностей дальнейшего увеличения поставки техники стоит задача создания оптимального машинно-тракторного парка и доведение энергонасыщенности на 1 га до технологических норм.

Важной составляющей машинно-технологической модернизации становится система эффективного использования машинно-тракторного парка. В настоящее время формы использования машинно-тракторных агрегатов не отвечают интенсивным методам производства как по количеству, так и по качеству: годовая выработка агрегатов невысокая, их использование не совершенствует технологические процессы, что даже приводит во многих агрохозяйствах к снижению выработки.

Еще не находят широкого применения «прецизионные» технологии и со-

временные информационные системы управления работой МТП.

В последние десятилетия не применяется оценочный критерий машиноиспользования.

Основными целевыми показателями ИТС в области внедрения высокоэффективных технологий в сельскохозяйственное производство и улучшения машиноиспользования на ближайшую перспективу можно принять:

- освоение ресурсосберегающих технологий и доведение объемов их выполнения до 75-80% от общего объема работ, сокращение удельных показателей расхода топлива в 1,5-2 раза, расхода семян, пестицидов – в 1,5-2 раза;
- повышение выработки машин в 2-3 раза;
- сокращение удельных затрат труда при производстве сельхозпродукции в молочном скотоводстве в 2-4 раза, свиноводстве – в 5-6 раз, в зерновом подкомплексе – в 3 раза;
- повышение коэффициента уровня технической эксплуатации с 0,65-0,7 до 0,9%.

Результаты и обсуждение. Использование техники – важнейший регулятор ИТС.

Система обеспечения работоспособности машин включает в себя следующие мероприятия (рис. 2).

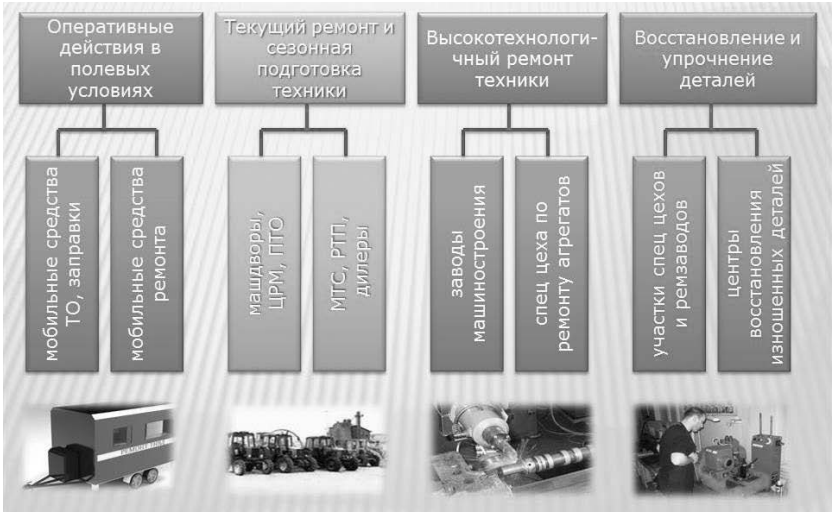


Рис. 2. Система обеспечения работоспособности машин

Обеспечение высокой работоспособности МТП требует системного подхода и осуществление ряда мероприятий.

В арсенале ВИМ имеются комплексные разработки по технологиям ремонта машин и современному оборудованию, ресурсосберегающим методам восстановления и упрочнения деталей, организационным системам эффективного ведения работ по техническому обслуживанию и ремонту машин в АПК.

Спектр технологических процессов восстановления и упрочнения деталей чрезвычайно широк, они могут применяться во всех подразделениях ремонтно-обслуживающей базы – в центральных ремонтных мастерских (ЦРМ) хозяйств, на районном уровне, в специализированных ремонтных предприятиях (СРП) и специализированных цехах восстановления изношенных де-

талей. В АПК России в последние годы в сфере услуг формируются различные производственно-технологические предприятия. К их числу относятся машинно-технологические станции, механизированные отряды, потребительские кооперативы, дилеры, консультационные центры.

Они часто создавались без технико-экономического обоснования, редко использовали передовые технологии, технику, организационные приемы, в связи с этим результаты их производственной деятельности были малоэффективными. Поскольку МТС, как правило, обслуживали экономически неблагополучные хозяйства, выполненные работы зачастую не оплачивались, а взвинчивание стоимости услуг порочило саму систему обслуживания отрасли. Вместе с тем хорошо известен положительный опыт работы МТС, например, в Башкортостане, организованных на основе частно-государственного партнерства, где машинно-технологические станции убирают более половины посевных площадей; опыт государственного предприятия «Калужская МТС» по подъему залежных земель и внедрению в хозяйства технологий по плющению зерна, кормозаготовке.

Насыщение рынка машин неизбежно связано с поставками импортной техники, и эти поставки будут осуществляться в условиях ВТО.

В настоящее время поставки импортной сельскохозяйственной техники осуществляются бессистемно, как правило, мелкими партиями без привязки к зональным почвенно-климатическим условиям и без указаний по агрегатированию с сельскохозяйственными машинами российского производства и других инофирм. В связи с этим дорогая энергонасыщенная техники используется неэффективно и имеет длительные периоды окупаемости.

Со стороны инофирм отсутствует какая-либо система обеспечения российских сельхозтоваропроизводителей ремонтной нормативно-технической документацией, что приводит к невозможности (особенно в послегарантийный период) провести качественный ремонт, обкатку и испытание отремонтированных узлов и агрегатов.

Вызовы представителей дилерских компаний даже по несложным отказам становятся высокозатратными из-за их удаленности от потребителя и продажи для ремонта только оригинальных дорогостоящих деталей.

Необходимо подготовить и ввести в условия поставки обязательное требование по комплектации поставляемой техники с руководством (на русском языке) по разборке, сборке и ремонту машины с указанием необходимых размерных параметров и технологических режимов обкатки и испытаний. При поставке в регион более 50 ед. однотипной техники установить для инофирм-поставщиков требование по созданию в регионе дилерских центров с обеспечением технологических возможностей проведения в них ремонта машин, агрегатов и узлов, а также изготовления и восстановления изношенных деталей.

Выводы. Основные направлениями деятельности инженерно-технической службы на ближайшую перспективу:

1. Восстановление управления инженерно-технической системой по всей вертикали.

2. Формирование оптимального машинно-тракторного парка, насыщение сельского хозяйства энергонасыщенной, высокого технического уровня и надежности техникой и оборудованием; повышение производительности труда в 3-4 раза

3. Внедрение высокоэффективных, ресурсосберегающих технологий, соз-

дание службы «Extension Serves» дающих возможность уменьшить расход семян, топлива и пестицидов в 1,5-2,5 раза.

4. Повышение уровня технической готовности парка машин до 0,95-0,98 (против 0,80-0,82 в настоящее время) и готовой выработки в основных сельскохозяйственных зонах на эталонный трактор до 1200-1500 эт. га (против имеющихся 540-560 эт. га).

5. Разработка проекта ведомственной Целевой программы использования системы «ГЛОНАСС» в сельскохозяйственном производстве на 2016-2020 годы.

6. Сократить удельные затраты на ремонт и техобслуживание МТП с 10-12 до 4-5% от себестоимости продукции.

7. Модернизировать материально-техническую ремонтно-обслуживающую базу.

8. Разработать и ввести в систему экономических показателей оценки работы агропромышленных формирований индикаторы инженерно-технической системы.

9. Уменьшить затраты при использовании восстановительных деталей.

10. Продлить срок использования машин на 20-25%.

11. Освоить ремонт машин по потребности в зависимости от состояния агрегатов при введении системы соблюдения сроков планово-предупредительного техобслуживания.

Библиографический список

1. Бурак П.И. Роль технического и технологического перевооружения АПК в реализации государственной программы 2013-2020 годы // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2013. N6. С. 5-6.

2. Лачуга Ю.Ф., Бондаренко А.М. К проблеме технической и технологической модернизации сельского хозяйства // Механизация и электрификация животноводства, растениеводства. 2013. N1 (21). С. 4-12.

3. Соловьев С.А., Лялякин В.П., Горячев С.А., Мишина З.Н. Инновационные направления развития ремонтно-эксплуатационной базы для сельскохозяйственной техники // Росинформагротех. 2014. 160 с.

4. Мишина З.Н. Техническое сопровождение сельскохозяйственной техники в течение всего жизненного цикла машин // Техника и оборудование для села. 2018. N5. С. 41-43.

5. Бурак П.И., Голубев И.Г. Реализация инновационных технологий технического сервиса // Росинформагротех. 2014. 164 с.

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

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

8. Кузьмин В.Н., Горячева А.В. Поддержка экспорта Российской сельскохозяйственной техники // Труды ГОСНИТИ. 2018. Т. 130. С. 35-40.

9. Волкова З.Н., Горячев С.А. Исследование состояния ремонтной базы сельского хозяйства и разработка нормативов планирования затрат на ремонт сельскохозяйственной техники // Труды ГОСНИТИ. 2013. Т. 112. Ч 2. С. 9-14.

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

References

1. Burak P.I. The Role of technical and technological re-equipment of agriculture in the implementation of the state program 2013-2020. Agricultural machinery and technology. 2013. N6. 5-6.

2. LachugaY.F., Bondarenko A.M. To the problem of technical and technological modernization of agriculture. Mechanization and electrification of animal husbandry, crop production. 2013. N1 (21). 4-12.

3. Soloviev A.S., Lyalyakin V.P., Goryachev S.A., Mishina H.N. Innovative directions of development of repair and maintenance base for agricultural machinery. Moscow: Rosinformagrotekh. 2014. 160.

4. Mishina Z.N. Technical support of agricultural machinery throughout the life cycle of machines. Machinery and equipment for the village. 2018. N5. 41-43.

5. Burak P.I., Golubev I.G. Implementation of innovative technologies of technical service. Moscow: Rosinformagrotech. 2014. 164.

6. Kuzmin V.N. Developing programs of technical equipping of agriculture in a market economy. Rosinformagrotech. 2014. 304.

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

8. Kuzmin V.N., Goryacheva A.V. Support of export of Russian agricultural machinery. Proceedings of GOSNITI. 2018. Vol. 130. 35-40.

9. Volkova Z.N., Goryachev S.A. Study of the state of the repair base of agriculture and the development of standards for planning the cost of repair of agricultural machinery. Proceedings of GOSNITI. 2013. T. 112. 9-14.

10. Mishina Z.N., Tabakov P.A. State of engineering and technical support of agricultural production in Russia. Proceedings of GOSNITI. 2018. Vol. 130. C. 12-1.

УДК 621.43.057

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ АКТИВАТОРОВ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Клайв Николас Грэнтхэм[1], инженер, директор;
Валерий Васильевич Остриков[2], доктор технических наук, ВРИО директора;
Александр Юрьевич Костюков [3], кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник;
Борис Иосифович Шор[4], кандидат технических наук,
[1] ООО «Аксиоматические Системы», Москва, Российская Федерация;
Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве,Тамбов, Российская Федерация;
[3]Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация;
[4]Москва, Российская Федерация

Реферат. *Возможность увеличения полноты сгорания топлива в цилиндрах двигателя внутреннего сгорания по-прежнему актуальна. (Цель исследования) Проанализировать новые разработки применения активаторов дизельного топлива, выполненные на базе прикладных исследований, и дать практические предложения по дальнейшим шагам в решении этой проблемы. (Материалы и методы) Отметили, что прохождение потока топлива через острые кромки рассекателей, расположенных в корпусе активатора, сопровождается образованием свободных радикалов в смеси жидкого топлива и его газообразной составляющей. Свободные радикалы вступают в реакцию с кислородом. Выявили, что в данном случае повышается полнота сгорания активированного топлива, а также появляется эффект очистки форсунок и других элементов топливной аппаратуры. Определили принцип действия устройств для активации и структурирования жидкости. (Результаты и обсуждение) Представили результаты по расходу топлива и вредным выбросам в атмосферу при эксплуатации двигателей и теплоэнергетических установок, оснащенных указанными устройствами. Показали возможную экономию расхода топлива от 10 до 40 процентов и значительное уменьшение вредных выбросов в выхлопе дизеля. (Выводы) Активаторы адаптируются к любым двигателям внутреннего сгорания. Предлагаемый процесс очистки менее затратен и экологически чище любых известных процессов, поскольку реализуется без разборки двигателя и не требует токсичных химических средств. Для фиксации уменьшения объема активированного топлива требуется принудительно снижать подачу топлива в процессе испытаний, то есть менять компьютерную программу. Поскольку перепрограммирование компьютера запредельно повышает и без того высокую стоимость испытаний самым простым решением служит увеличение при испытаниях сопоставимых нагрузок. Оборудование для подобных испытаний в настоящий момент находится в стадии изготовления.*

Ключевые слова: *дизельное топливо, активатор, активация, структурирование, полнота сгорания, экономия топлива, экология, вредные выбросы.*

Для цитирования: *Грэнтхэм К.Н., Остриков В.В., Костюков А.Ю., Шор Б.И. Опыт применения активаторов дизельного топлива // Технический сервис машин. 2019. N3 (136). С. 21-26.*

EXPERIENCE WITH DIESEL ACTIVATORS

Clive N. Grantham[1], Engineer, Director;
Valery V. Ostrikov[2], Dr.Sc(Eng.), Acting Director;
Alexander Yu. Kostyukov[3], Ph.D.(Eng.), leading researcher;
Boris I. Shor[4], Ph.D.(Eng.)
[1]Axiomatic Systems LLC, Moscow, Russian Federation;
[2]All-Russian Research Institute for the Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov, Russian Federation;
[3]Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation;
[4]Moscow, Russian Federation

Abstract. *The possibility of increasing the completeness of combustion of fuel in the cylinders of the internal combustion engine is still relevant. (Research purpose) Analyze the new developments of application of diesel activators, made on the basis of applied research, and provide practical suggestions for further steps in solving this problem. (Materials and methods) Noted that passing of a stream of fuel through sharp edges of the rassekatel located in the case of the activator is followed by education of free radicals in mix of liquid fuel and its gaseous component. Free radicals react with oxygen. Revealed that in this case the completeness of combustion of the activated fuel increases and also the effect of cleaning of nozzles and other elements of the fuel equipment appears. Defined the principle of operation of devices for activation and structuring liquid. (Results and discussion) results on fuel consumption and harmful emissions in the atmosphere at operation of the engines and heat power installations equipped with the specified devices Presented. Showed possible economy of fuel consumption from 10 to 40 percent and considerable reduction of harmful emissions in a diesel exhaust. (Conclusions) Activators adapt to any internal combustion engines. The offered process of cleaning is less expensive and is ecologically purer than any known processes as is implemented without dismantling of the engine and does not demand toxic chemical means. For fixing of reduction of volume of the activated fuel it is required to reduce forcibly supply of fuel in the course of tests, that is to change the computer program. As reprogramming of the computer incredibly increases already high cost of tests by the simplest decision increase at tests of comparable loadings serves. The equipment for similar tests at the moment is in a production stage.*

Keyword: *diesel fuel, activator, activation, structuring, combustion efficiency, fuel economy, ecology, harmful emissions.*

For citation: *Grentham K.N., Ostrikov V.V., Kostyukov A.Yu., Shore B.I. Experience with diesel activators. Tekhnicheskiy servis mashin. 2019. N3(136). 21-26.*

Введение. Более двухсот лет ведутся поиски возможностей увеличения полноты сгорания топлива в двигателях внутреннего сгорания и теплоэнергетических установках. К настоящему времени запатентованы десятки устройств и способов обработки, но актуальность этого вопроса не снижается. Провели всесторонний анализ, показавший наличие большого объема различных данных и наличие спорной информации [1]. Кроме того, во многих случаях отсутствуют научно обоснованные рекомендации по определению параметров исполнительных элементов.

Цель исследования – проанализировать новые разработки применения активаторов дизельного топлива, выполненные на базе прикладных исследований, и дать практические предложения по дальнейшим шагам в решении этой проблемы.

Мы рассмотрели два вида безреагентной обработки: механическую активацию и структурирование. Механическая активация топлива, представляющего собой объемную смесь длинных углеводородных цепочек, сводится к их разрыву и укорачиванию. Процесс реализуется при набегании потока топлива на острые кромки рассекателей, расположенных в корпусе активатора, размещаемого на топливопроводе автомобиля, и сопровождается образованием свободных радикалов в смеси жидкого топлива и его газообразной составляющей.

Свободные радикалы имеют незамкнутые атомарные связи и способны более активно вступать в реакцию с другими элементами, и, в частности, с кислородом. Этим обеспечивается повышение полноты сгорания активированного топлива, а также появление эффекта очистки форсунок, топливных насосов и других элементов топливной аппаратуры, а также деталей цилиндро-поршневой группы двигателя внутреннего сгорания. При этом очистка совершается безостановочно при каждом впрыске топлива в камеру сгорания как в двигателях внутреннего сгорания, так и в теплоэнергетических установках или любых других устройствах.

Свободные радикалы активно переходят в равновесное состояние, вступая в реакцию с другими элементами, что приводит к потере активности вышеупомянутой смеси. По данным различных источников, такой временной интервал может составлять от нескольких секунд до сотни часов [2]. Этот вопрос требует отдельного изучения по специальным методикам, а активаторы следует устанавливать по возможности в максимальном приближении к камерам сгорания двигателей внутреннего сгорания или котлов теплоэнергетических установок.

Исключительно важным является свойство активатора защищать как двигатели внутреннего сгорания, так и теплоэнергетические установки от низкокачественного топлива и даже воды, которая может положительно влиять на процесс сгорания только при определенных условиях, одним из которых является ее структурирование.

С коммерческой точки зрения активатор минимум в два раза дешевле катализаторов для дожигания топлива, которое производится за пределами камеры сгорания и не сопровождается никакой экономией. Стоимость катализатора с применением мочевины может пятикратно превышать розничную стоимость активатора.

Материалы и методы. Процесс структурирования реализуется пропусканием потока топлива (воды) через трубопровод, содержащий структурирующий элемент, представляющий собой герметичный намагниченный ци-

линдрический корпус, заполненный водой с особыми свойствами. Он закрепляется внутри цилиндрического участка трубы, где топливо или вода обтекает корпус активного элемента, подвергаясь воздействию магнитного и гравитационного полей, что и формирует их новые свойства.

В отличие от механической активации свойства, приобретаемые при структурировании воды и нефтепродуктов, сохраняются значительно дольше. Зимнее дизельное топливо, прошедшее операцию структурирования, имело температуру замерзания -35 градусов Цельсия и не имело никаких следов расслаивания в течение трех лет, когда авторами проводилось наблюдение. Летнее топливо сохраняло все свойства свыше семи лет.

На основании известных моделей процессов обработки в 2015-2017 гг. созданы новые модели активаторов (приоритетная справка №2017118055/06(031191) от 24.05.2017) и структурирующих устройств.

Указанные изделия отличаются от предшествующих конструкций улучшенной технологичностью, обеспечивающей повышенную интенсивность обработки, при одновременном снижении их себестоимости.

Активаторы за счет изменения положения рассекателей отличаются более низким гидродинамическим сопротивлением, что приводит к ускорению прохождения топлива через зону обработки. За счет этого повышается уровень содержания свободных радикалов в общем объеме топлива, соответственно, происходит дальнейшее снижение потребления топлива и уменьшение вредных выбросов, а также повышение эффекта очистки и улучшение процесса запуска холодного двигателя.

Структурирующие устройства снабжены завихрителями, усиливающими скорость вращения жидкости вокруг активного элемента и, в силу этого обстоятельства, интенсивность воздействия магнитного и гравитационного Вышеописанные эффекты ввиду своей новизны применительно к настоящей тематике не имеют фундаментальной классической научной основы, позволяющей описать все происходящие процессы и расчетным путем определить оптимальные решения для каждой из составляющих сложнейшего процесса сгорания топлива. Это потребует разработки соответствующих методик и оборудования, для которых необходимо как минимум отыскать при наличии множества противоречивых данных основные факторы, определяющие прохождение процесса. Полученные на основе прикладных исследований и представленные в настоящей статье результаты, неопровержимо подтверждают эффективность их широкого использования с целью экономии нефтепродуктов и улучшения экологии.

Результаты и обсуждение. Работы по предлагаемой тематике параллельно проводились как научными предприятиями федерального уровня, так и многочисленными эксплуатационными предприятиями как в РФ, так и за рубежом.

Свои материалы представили фирма «Clean Oil» (Финляндия) заключение по протоколу совместных испытаний от 23-24.08.2010 с фирмой «Oilon» (Финляндия), а также сводную таблицу данных по испытаниям от 17-18.03.2011, проводимых на активированных смесях дизельного топлива и мазута со структурированной водой. Результатами явилось снижение потребления топлива соответственно более чем на 18 и 35%, при одновременном снижении в аналогичных пределах выбросов серы и азота.

Специализированное предприятие по ремонту дизельно-топливной аппаратуры ООО «ДТА-2000» (Москва) предъявило протокол стендовых ис-

пытаний от 17.12.2014, на основании которого установлена высокая эффективность очистки форсунок активированным дизельным топливом. Таким образом, была предопределена возможность очистки форсунок без разборки двигателей и простоев агрегатов, составляющих наиболее ощутимый объем затрат при ремонтах и обслуживании любых видов техники.

Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве (г. Тамбов) в совместных эксплуатационных испытаниях с племенным заводом «Пригородный» показали снижение расхода структурированного дизельного топлива в пределах 5-10%. ООО «Аксиоматические Системы» (Москва) представили данные о более чем трехлетней эксплуатации автомобилей различных марок, включая «Фольксваген Амарок», «Форд», КамАЗ и другие. По этим данным экономия активированного топлива при использовании последних моделей активаторов достигала уровня 25-30%. Более чем трехгодовая эксплуатация активаторов, адаптированных к фронтальным погрузчикам российских и зарубежных моделей, тракторов и автомобилей МАЗ и КамАЗ полностью подтвердила представленные выше цифры и факты.

Эффективность добавления к топливу воды хорошо известна и относится к любым видам нефтепродуктов – мазуту, дизельному и печному топливу, газу, бензину и керосину. Это делается для экономии топлива, уменьшения вредных выбросов в атмосферу при одновременном повышении срока службы оборудования.

Однако сжигание водных эмульсий длительного хранения является менее эффективным в сравнении с процессом, при котором топливная смесь формируется непосредственно перед подачей на форсунку или в камеру сгорания. Кроме того, в водных эмульсиях зачастую используются присадки, усиливающие процесс образования нагара на форсунках и других исполнительных элементах или в камерах сгорания.

В настоящее время разработан технологический процесс и спроектировано оборудование непрерывной активации и подачи топлива для любого вида установок, включая дизели, дизели-генераторы, парогенераторы и другие виды теплоэнергетических агрегатов.

Выводы. Активаторы адаптируются к любым двигателям внутреннего сгорания. Предлагаемый процесс очистки менее затратен и экологически чище любых известных процессов, поскольку реализуется без разборки двигателя и не требует токсичных химических средств. Однако во всех испытаниях, проводимых на нагрузочных стендах, оснащенных компьютерами, до настоящего времени авторам настоящей статьи не удавалось зафиксировать однозначных показателей экономии топлива и снижения вредных выбросов в атмосферу. Для фиксации уменьшения объема активированного топлива, достаточного для обеспечения такого же эквивалента мощности не активированного топлива, требуется принудительно снижать подачу топлива в процессе испытаний, то есть менять компьютерную программу.

В противном случае излишки топлива, которые могли бы быть сэкономленными, выбрасываются в атмосферу, не только не снижая, но и в большинстве случаев повышая уровень выбросов. Поскольку перепрограммирование компьютера запредельно повышает и без того высокую стоимость испытаний (от 100 тыс. НАМИ до 700 тыс. руб. Владикавказская МИС), самым простым решением является увеличение при испытаниях сопоставимых нагрузок. Оборудование для подобных испытаний в настоящий момент

находится в стадии изготовления. Разработчики предлагаемого в настоящей работе оборудования полностью присоединяются к мнению коллег о необходимости государственных испытаний различных видов устройств для обработки дизельного топлива, особенно на фоне его резкого подорожания, и выражают готовность принять в них самое деятельное участие.

Библиографический список

1. Воробьев Ю.В., Дунаев А.В. Макаркин И.М. Активация моторных топлив // Труды ГОСНИТИ. 2017. Т. 129. С.12-19.

2. Тришкин И.Б. Способы и технические средства снижения токсичности отработавших газов дизельных двигателей мобильных энергетических средств при работе в помещениях сельскохозяйственного назначения. Мичуринск-Наукоград. 2014. 40 с.

3. Патент РФ 2293599 Диспергатор/ Дудко А.И., Радаев В.В. Заявка №2005124806/15, заявл. 03.08.2005. Опубл. 10.02.2007.

4. Патент РФ 2430773 Диспергатор / Кормилицын В.И., Лобко В.П. Заявка N 2010117608/05, заявл. 05.05.2010. Опубл. 10.10.2011. Бюл. №28.

5. Патент РФ 2685629. Активатор жидкости / Шор Б.И., Горбунова Н.А. Заявка N2017118055, заявл. 24.05.2017. Опубл. 22.04.2019. Бюл. N12.

6. Савельев Г.С., Кочетков М.Н., Овчинников Е.В. Улучшение химмотологических качеств рапсового масла при использовании нанокомпозитной добавки // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства: сборник. М.: Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства. 2015. С. 96-100.

7. Савельев Г.С., Кочетков М.Н., Овчинников Е.В., Овчинников А.В. Снижение нагарообразования при работе дизеля на рапсовом масле с нанокомпозицией // Тракторы и сельхозмашины. 2013. N10. С. 10-13.

References

1. Vorobev Yu.V., Dunaev A.V. Makarkin I.M. Activation of motor fuels. Works of GOSNITI. 2017. Vol. 129. 12-19.

2. Trishkin I.B. Methods and technical means of reducing the toxicity of exhaust gases of diesel engines of mobile energy resources when working in agricultural premises. Michurinsk-Naukograd 2014. 40.

3. Patent of the Russian Federation 2293599 Dispersant / Dudko A.I., Radaev V.V. Application N2005124806/15. Appl. 08/03/2005. Published 10.02.2007.

4. Patent of the Russian Federation 2430773 Dispersant / Kormilitsyn V.I., Lobko V.P. Application N2010117608/05, Appl. 05.05.2010. Published 10.10.2011. Byul. N28.

5. Patent of the Russian Federation 2685629. Fluid activator / Shor B.I., Gorbunova N.A. Application N2017118055, claimed 05.24.2017. Published 22.04.2019. Byul. N12.

6. Saveliev G.S., Kochetkov M.N., Ovchinnikov E.V. Improvement of the rapeseed chemotologic properties using a nanocomposite additive. Intellectual machine technologies and equipment for the implementation of the State Program for the Development of Agriculture: collection. Moscow: All-Russian Research Institute of mechanization of agriculture. 2015. 96-100.

7. Saveliev G.S., Kochetkov M.N., Ovchinnikov E.V., Ovchinnikov A.V. Reduction of carbon formation during diesel engine operation on rapeseed oil with nanocomposite. Tractors and agricultural machines. 2013. N10. 10-13.

УДК 621.43.55.42.03

ОЦЕНКА РАСХОДА ВОЗДУХА ЧЕРЕЗ ВПУСКНУЮ СИСТЕМУ ДВС

Борис Александрович Арютов, доктор технических наук, профессор, arjutow@mail.ru;
Мария Владимировна Багрова, аспирант;
Лев Алексеевич Жолобов, кандидат технических наук, профессор;
Александр Валентинович Пасин, доктор технических наук, профессор,
Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, г. Нижний Новгород, Российская Федерация

Реферат. *В работе представлены результаты экспериментального исследования и расчетных показателей режимных факторов поршневых двигателей на процессы газообмена. (Цель исследования) Сравнение расчетных показателей двигателя с экспериментальными. (Материалы и методы) Объектом испытаний стал двигатель со стандартной системой впуска. Описали методику проведения эксперимента. Получили зависимость расчетных скоростей среднего значения движения потока от скорости воздушного потока в сечении клапанной щели и от площади проходного сечения. Определили расход воздуха через сечение клапана. Рассчитали значение скорости воздушного потока и расход воздуха для трех скоростных режимов 1000, 2000 и 3000 оборотов в минуту. (Результаты и обсуждение) Провели стендовые испытания для подтверждения проведенных расчетов Испытания проводили в режиме прокрутки от постороннего источника энергии на тех же частотах вращения коленчатого вала. Определили коэффициент сопротивления трубы опытным путем. Для отдельных прямолинейных участков впускной системы коэффициент линейного сопротивления рассчитали по формуле Альтшуля. Учитывали также при подсчете потери давления в системе впуска. (Выводы) Произвели расчеты расхода воздуха и стендовые испытания, подтверждающие правильность данных расчетов. При этом в расчете учитывали все факторы, влияющие на величину расхода воздуха. Анализ полученных результатов прокрутки и сравнение их с расчетными величинами показали схожесть по характеру протекания расчетного и экспериментального графиков расхода. Отличия объясняются тем, что в формуле (2) не учитывается изменение давления в системе во время процесса впуска, а также изменение плотности заряда при нагреве при прохождении через клапанной узел.*

Ключевые слова: *впускной клапан, коэффициент сопротивления.*

Для цитирования: *Арютов Б.А., Багрова М.В., Жолобов Л.А., Пасин А.В. Оценка расхода воздуха через впускную систему ДВС // Технический сервис машин. 2019. N3(136). С. 27-32.*

AIR CONSUMPTION ASSESSMENT THROUGH THE DVS INLET SYSTEM

Boris A. Aryutov, Dr.Sc.(Eng.), professor;
Mariya V. Bagrova, postgraduate;
Lev A. Zholobov, Ph.D.(Eng.), professor;
Aleksandr V. Pasin, Dr.Sc.(Eng.), professor,
Nizhny Novgorod state agricultural Academy,
Nizhny Novgorod, Russian Federation

Abstract. *The paper presents the results of an experimental study and the calculated performance of the operating factors of piston engines for gas exchange processes. (Purpose of research) Comparison of the calculated parameters of the engine with the experimental ones. (Materials and methods) the test Object was an engine with a standard intake system. Described the method of the experiment. The dependence of the calculated velocities of the average flow velocity on the air flow velocity in the section of the valve slit and on the area of the flow section was obtained. Determined the air flow through the valve section. Calculated the value of the air flow rate and air flow rate for three speed modes 1000, 2000 and 3000 rpm. (Results and discussion) Conducted bench tests to confirm the calculations carried out Tests were carried out in the mode of scrolling from an external energy source at the same crankshaft speeds. Determined the coefficient of resistance of the pipe empirically. For some straight sections of the intake system, the coefficient of linear resistance was calculated using the altshul Formula. It was also taken into account when calculating the pressure loss in the intake system. (Conclusions) Made calculations of air flow and bench tests, confirming the correctness of these calculations. At the same time, all factors affecting the air flow rate were taken into account in the calculation. The analysis of the obtained scrolling results and their comparison with the calculated values showed a similarity in the nature of the flow of the calculated and experimental flow graphs. The differences are explained by the fact that formula (2) does not take into account the change in pressure in the system during the intake process, as well as the change in charge density when heated when passing through the valve Assembly.*

Keyword: *flow rate estimation, intake valve, resistance coefficient.*

For citation: *Aryutov B.A., Bagrova M.V., Zholobov L.A., Pasin A.V. Air consumption assessment through the DVS inlet system. Tekhnicheskiy servis mashin. 2019. N3(136). 27-32.*

Введение. Определяющее влияние на технико-экономические показатели ДВС оказывает количество воздуха, поступившее в цилиндр двигателя через впускную систему. В данном случае количество воздуха оценивается коэффициентом наполнения, характеризующим качество этого процесса [1]:

$$\eta_v = \frac{M_1}{M_2} \quad (1)$$

где M_1 – масса свежего заряда, поступившего в цилиндр в процессе наполнения,

M_2 – масса свежего заряда, которая могла бы теоретически заполнить рабочий объем цилиндра (Vh), г.

Движение потоков газов во впускной системе определяют перепадом давлений между окружающей средой и давлением в цилиндре [3].

Изменение давления на впуске определяет скорость движения воздушного потока и количество воздуха, поступившего в цилиндры ДВС.

На изменение давления в процессе впуска оказывают влияние положение дроссельной заслонки, длины и сечения впускных труб, фазы газораспределения и высота подъема клапанов, скорость перемещения поршня в цилиндре, определяемое частотой вращения коленчатого вала [4].

Цель исследования – сравнение расчетных показателей двигателя с экспериментальными.

Материалы и методы. В общем случае для определения расхода воздуха через сечение клапана можно принять:

$$G_v = \rho f_{кл} \omega_{вп\ ср} \quad (2)$$

где ρ – плотность заряда, определяется температурным перепадом в процессе впуска г/см^3;

$f_{кл}$ – площадь проходного сечения клапана, мм^2;

$\omega_{вп\ ср}$– средняя скорость воздушного потока, м/с [5].

Определяющими являются площади проходного сечения клапанной щели и скорость заряда.

Для определения скорости воздушного потока в сечении клапанной щели в зависимости от площади проходного сечения были получены расчетные скорости среднего значения движения потока [6]:

$$\omega_{вп\ ср} = \frac{\left(\frac{\pi n}{30}\right) R \left(\sin(\varphi) + \frac{\gamma}{2}\sin(2\varphi)\right)\left(\frac{\pi D^2}{4}\right)}{f_{кл}} \quad (3)$$

где n – частота вращения коленчатого вала мин$^{-1}$;

R – радиус кривошипа, мм;

D – диаметр цилиндра, мм.

Проходную площадь клапанной щели определяли по формуле:

$$f_{кл} = \pi h_{кл} \cos(\theta) \left\lfloor d_{гор} + h_{кл} \sin(\theta) \right\rfloor \sin(\theta) \quad (4)$$

где $h_{кл}$ – высота подъема клапана, мм;

$d_{гор}$– диаметр горловины, мм;

θ – угол фаски клапана, град.

Для определения высоты подъема клапана для каждого участка провели следующие расчеты [7, 8]:

$$h_1 = \Delta s + c_{11}\varphi_{k1} - c_{12} \sin\frac{\pi}{\Phi_1}\varphi_{к1} \quad (5)$$

$$h_2 = h_{1k} + c_{21}\varphi_{k2} - c_{22} \sin\frac{\pi}{2\Phi_1}\varphi_{к2}\ , \quad (6)$$

$$h_3 = h_{2k} + c_{31}(\Phi_3 - \varphi_{к3})^4 - c_{32}\ (\Phi_3 - \varphi_{к3})^2 + c_{33} \quad (7)$$

h_1 – на первом участке подъема клапана, мм;

h_2 – на втором участке подъема клапана, мм;

h_3 – на третьем участке подъема клапана, мм.

где Δs– тепловой зазор между клапаном и толкателем, мм;

Φ_1, Φ_2, Φ_3 – протяженность участков подъема клапана в радианах, мм;

Φ_{k1}, Φ_{k2}, Φ_{k3} – протяженность участков подъема клапана в градусах, мм;

C_{11}, C_{12}, C_{21}, C_{22}, C_{31}, C_{32}, C_{33} – коэффициенты закона движения толкателя взяты из расчетной матрицы профиля кулачка, мм [9].

Значение скорости воздушного потока (рис. 1) и расход воздуха (рис. 2) были рассчитаны для трех скоростных режимов 1000, 2000 и 3000 мин$^{-1}$.

Из графика видно, что с увеличением частоты вращения коленчатого вала величина расхода воздуха возрастает.

Максимальное значение в зависимости от частоты вращения угла пово-

рота наблюдается при 110-120 град. При 1000 мин$^{-1}$ максимальная скорость потока составляет 90 м/с. При 2000 мин$^{-1}$ – 130 м/с. При 3000 мин$^{-1}$ – 155 м/с.

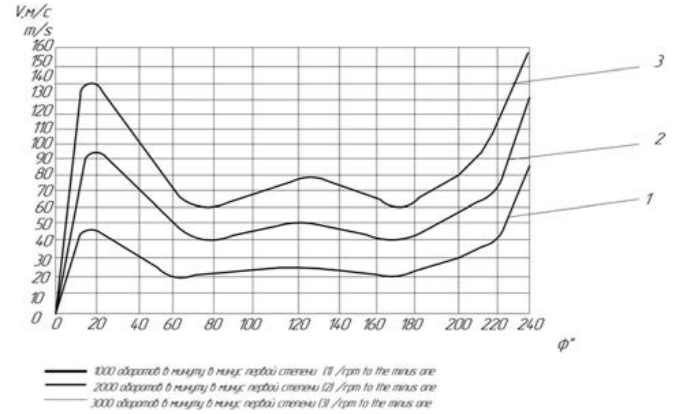


Рис. 1. Изменение скорости воздушного потока в сечении клапана

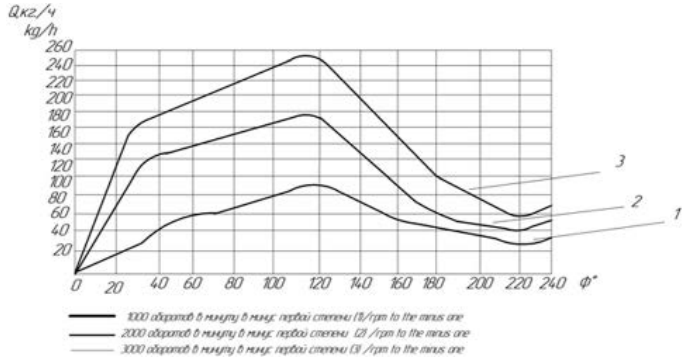


Рис. 2. Расход воздуха, полученный расчетом

Из рисунка 2 видно, что максимальный расход воздуха достигается при значении 110-120 град. Расход воздуха составляет при 1000 мин$^{-1}$ 35 кг/ч; при 2000 мин$^{-1}$ – 50 кг/ч и при 3000 мин$^{-1}$ – 65 кг/ч. Снижение расхода к моменту закрытия клапана обусловлено несовпадением фаз газораспределения с частотой вращения ДВС и обратным выбросом.

Таким образом, с увеличением частоты вращения коленчатого вала скорость и расход воздушного потока в сечении клапана возрастают. Для подтверждения полученных расчетов провели стендовые испытания. Объектом испытаний стал двигатель со стандартной системой впуска.

Испытания проводились в режиме прокрутки от постороннего источника энергии на этих же частотах вращения коленчатого вала, которые использовались при расчете (рис. 3).

Через каждые 20 градусов поворота коленчатого вала расход через систему впуска определялся датчиком массового расхода воздуха.

Анализ полученных результатов прокрутки и сравнение их с расчетными величинами показали схожесть по характеру протекания расчетного и экспериментального графиков расхода. Отличия объясняются тем, что в формула (2) не учитывает изменение давления в системе во время процесса впуска, а также изменение плотности заряда при нагреве во время прохождения его через клапанной узел.

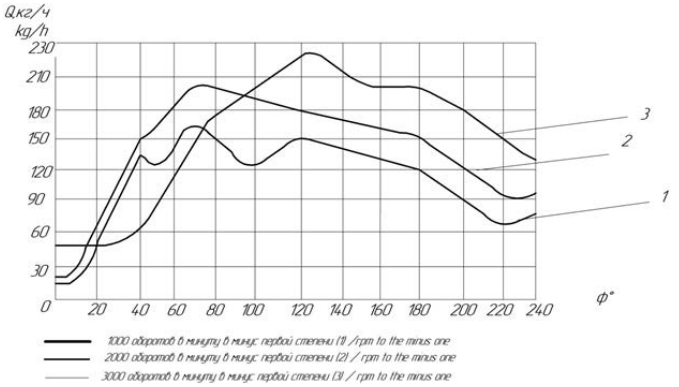


Рис. 3. Результаты стендовых испытаний двигателей

Результаты и обсуждение. Коэффициент сопротивления трубы можно определить опытным путем. Для этого следует с помощью двух датчиков давления, установленных в начальном и конечном сечениях какого-либо участка трубы, определить разность давлений и по формуле найти [10]:

$$\lambda = \frac{\Delta P_{лин}}{\rho} \frac{d_{тр}}{l} \frac{2}{v_{ср}^2} \tag{8}$$

где $\Delta P_{лин}$ – потери на линейном участке трубы, МПа.

Коэффициент сопротивления λ оценивает потери энергии от касательных напряжений, которые тем больше, чем больше поверхность, подвергающаяся трению. При течении по трубе эти потери пропорциональны длине и диаметру трубы [11].

Выводы. Произвели расчеты расхода воздуха и стендовые испытания, подтверждающие правильность данных расчетов. При этом в расчете учитывали все факторы, влияющие на величину расхода воздуха.

Анализ полученных результатов прокрутки и сравнение их с расчетными величинами показали схожесть по характеру протекания расчетного и экспериментального графиков расхода. Отличия объясняются тем, что в формуле (2) не учитывается изменение давления в системе во время процесса впуска, а также изменение плотности заряда при нагреве при прохождении через клапанной узел.

Библиографический список

1. *Karnaukhova V.N. Determination of mass air flow on cars at low temperatures and pressure. Oil and Gas in Western Siberia, the proceedings of the International Scientific and Technical Conference. Tyumen Univ TSOGU. 2013. 160-163.*

2. *Жолобов Л.А., Шелякин И.Н., Абросимова М.В. Расчетное определение коэффициента расхода через впускную систему ДВС // Материалы IX Международной научно-практической конференции «Наука – Технология – Ресурсосбережение»: сборник научных трудов. Киров: Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 2016. N13. С. 3-7.*

3. *Жолобов Л.А., Шелякин И.Н., Абросимова М.В. Оценка параметров газообмена в ДВС методом численного моделирования // Вестник Нижегородского государственного инженерно-экономического университета. 2016. N10. С. 47-53.*

4. *Еникеев Р.Д. База знаний для проектирования ДВС // Двигателестроение. 2007. N1. С. 15-20.*

5. *Жолобов Л.А., Абросимова М.В. Граничные и начальные условия математиче-*

ской модели газообмена в ДВС. Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. N2 (5). С. 56-65.

6. Драгомиров С.Г., Драгомиров М.С. Оценка технического уровня проектируемого поршневого двигателя // Двигателестроение. 2007. N3. С. 3-7.

7. Минаков В.А., Сереброва А.А. Опытная оценка влияния температуры наддувочного воздуха на расход топлива // Инновационные технологии на транспорте:

образование, наука, практика: транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева. 2017. С. 319-323.

8. Плаксин А.М., Гриценко А.В., Граков Ф.Н., Глемба К.В., Лукомский К.И. Диагностирование системы впуска автомобильных двигателей внутреннего сгорания методами тестового диагностирования // Фундаментальные исследования. 2014. N8-5. С. 1053-1057.

9. Эфрос В.В., Голев Б.Ю. Численное моделирование впускных каналов // Двигателестроение. 2007. N4. С. 24-27.

10. Горбань М.В., Павленко Е.А. Методы оценки и способы повышения эксплуатационной надежности датчиков массового расхода воздуха двигателя // Надежность. 2017. N4. С. 44-48.

11. Menter F.R., Kuntz M., Langtry R., Ten years of Industrial Experience with the SST Turbulence Model. Turbulrncer Heat and Mass Transfer 4. Begell House. Inc. 2003. 218.

References

1. Karnaukhova V.N. Determination of mass air flow on cars at low temperatures and pressure. Oil and Gas in Western Siberia, the proceedings of the International Scientific and Technical Conference.. Tyumen Univ TSOGU. 2013. 160-163.

2. Zholobov A.A., Shelyakin I.N., Abrosimova M.V. Calculation of flow rate through the intake system of the internal combustion engine. Proceedings of the IX International scientific-practical conference "Science – Technology – Resource economy": Collection of scientific works. Kirov: Vyatka state agricultural Academy. 2016. N13. 3-7.

3. Zholobov A.A., Shelyakin I.N., Abrosimova M.V. Estimation of parameters of gas exchange in internal combustion engines numerical simulation. Bulletin of the Nizhny Novgorod state engineering and economic university. 2016. N10. 47-53.

4. Enikeev R.D. Knowledge base for design of internal combustion engines. // Engine-building. 2007. N1. 15-20.

5. Zholobov L.A., Abrosimova M.V. Boundary and initial conditions of mathematical model of gas exchange. Bulletin of the Chuvash state agricultural Academy. 2018. N2 (5). 56-65.

6. Dragomirov S.G., Dragomirov M.S. Evaluation of the technical level of the designed piston engine. Engine-building. 2007. N3. 3-7.

7. Minakov V.A., Serebrova A.A. Experimental assessment of the influence of charge air temperature on fuel consumption. Innovative technologies in transport: education, science, practice: collection. Almaty: Kazakh academy of transport and communications of M. Tynyshpayev. 2017. P. 319-323.

8. Plaksin A.M., Gritsenko A.V., Grakov F.N., Glemba K.V., Lukomski K.I. Diagnosis of the induction system of automotive internal combustion engines methods of test diagnostics. // Fundamental research. 2014. N8-5. P. 1053-1057.

9. Efros V.V., Golev B.Yu. Numerical simulation of inlet channels. //Engine building. 2007. N4. 24-27.

10. Gorban M.V., Pavlenko E.A. Methods of evaluation and methods of improving the operational reliability of the engine mass air flow sensors. Reliability. 2017. N4. 44-48.

11. Mentor F.R., Kuntz M., Langtry R. Ten years of Industrial Experience with the SST Turbulence Model. Turbulrncer Heat and Mass Transfer 4. Begell House. Inc. 2003. P. 218.

УДК 621.797. (631.354.2)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗНИКАЮЩИХ ОТКАЗОВ МЕЖДУ ОСНОВНЫМИ СИСТЕМАМИ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ И ВРЕМЕНИ ИХ УСТРАНЕНИЯ

Анатолий Тимофеевич Лебедев, доктор технических наук, профессор;
Роман Владимирович Павлюк, кандидат технических наук, доцент кафедры, e-mail: roman_pavlyuk_v@mail.ru;
Антон Викторович Захарин, кандидат технических наук, доцент кафедры;
Павел Анатольевич Лебедев, кандидат технических наук, доцент кафедры,
Ставропольский государственный аграрный университет, г. Ставрополь, Российская Федерация

Реферат. *Зерноуборочные комбайны используют только в сезон уборочных работ с примерной годовой загрузкой от 100 до 250 часов; они имеют долгий срок окупаемости и их простои во время страды могут обернуться значительными убытками для хозяйств и предприятий. (Цель исследования) Совершенствование методов устранения отказов неподвижных соединений модернизацией их конструкции применительно для механических приводов зерноуборочных комбайнов. (Материалы и методы) Провели экспериментальные исследования и хронометраж работы уборочной техники в соответствии с ОСТ 108.1-99. Использовали сплошной и выборочный хронометражи, которые служат основными методами при сборе необходимой статистической информации о надежности агрегатов, систем и в целом зерноуборочного комбайна. (Результаты и обсуждение) Установили, что существенная часть выявленных отказов по усредненным значениям равна 87,3 процентов и обнаружена в жатвенной части, механических передачах, отдельно распределенных шпоночных соединениях, гидравлической системе и трансмиссии. Выявили, что при устранении неисправностей все составляющие в зависимости от типа конструкции и способа восстановления работоспособности имеют различное значение для приведенных систем зерноуборочных комбайнов. Определили, что для увеличения работоспособности зерноуборочных комбайнов и других сельскохозяйственных машин может применяться в виде ремонтного комплекта модернизированное соединение – съемная ступица. (Выводы) Установили наиболее отказывающие системы, такие как жатвенная часть, механические передачи, отдельно распределенные шпоночные соединения, гидравлическая система и трансмиссия. Возможное время устранения их отказов существенно отличается и не всегда является продолжительным.*

Ключевые слова: *отказ, зерноуборочный комбайн, время устранения, хронометраж, работоспособность.*

Для цитирования: *Лебедев А.Т., Павлюк Р.В., Захарин А.В., Лебедев П.А. Исследование возникающих отказов между основными системами зерноуборочных комбайнов и времени их устранения // Технический сервис машин. 2019. N3(136). С. 33-39.*

RESEARCH OF THE EMERGING FAILURES AND THE TIME OF THEIR ELIMINATION BETWEEN THE MAIN SYSTEMS OF GRAIN HARVESTING COMBINES

Anatoliy T. Lebedev, Dr.Sc.(Eng.), professor;
Roman V. Pavlyuk, Ph., associate professor, e-mail: roman_pavlyuk_v@mail.ru;
Anton V. Zaharin, Ph.D.(Eng.), associate professor;
Pavel A. Lebedev, Ph.D.(Eng.), associate professor,
Stavropol state agrarian university, Stavropol, Russian Federation

Abstract. Combine harvesters are used only in the harvesting season with an approximate annual load of 100 to 250 hours; they have a long payback period and their downtime during the suffering can result in significant losses for farms and enterprises. (Research purpose) to Improve methods of Troubleshooting fixed connections by upgrading their design with respect to mechanical harvesters. (Materials and methods) Conducted experimental studies and timing of harvesting equipment in accordance with OST 108.1-99. We used continuous and selective timing, which serve as the main methods for collecting the necessary statistical information about the reliability of the units, systems and the whole combine harvester. (Results and discussion) Found that a significant part of the identified failures on average values equal to 87.3 percent and found in the harvester, mechanical transmission, separately distributed key connections, hydraulic system and transmission. It was found that when Troubleshooting all components, depending on the type of design and method of restoring efficiency, have different values for the above systems of combine harvesters. It was determined that to increase the efficiency of combine harvesters and other agricultural machines can be used in the form of a repair kit upgraded connection – removable hub. (Conclusions) Found the most failure systems, such as harvesting, mechanical transmission, separately distributed key connections, hydraulic system and transmission. The possible time of elimination of their failures differs significantly and is not always long.

Keywords: *failure, combine harvester, time of elimination, timing, performance.*

For citation: *Lebedev A.T., Pavlyuk R.V., Zakharin A.V., Lebedev P.A. Research of the emerging failures and the time of their elimination between the main systems of grain harvesting combines. Tekhnicheskiy servis mashin. 2019. N3(136). 33-39.*

Введение. Для своевременного и качественного выполнения основных технологических операций по выращиванию и уборке зерновых культур используют разнообразную сельскохозяйственную технику ведущих отечественных и зарубежных производителей.

Особо дорогостоящими машинами являются зерноуборочные комбайны, которые используют только в сезон уборочных работ с примерной годовой загрузкой от 100 до 250 ч. [1-3]. Поэтому они имеют высокий срок окупаемости и их простои во время страды могут обернуться значительными убытками для хозяйств и предприятий.

Вследствие этого повышается роль своевременного проведения ремонтно-профилактических мероприятий сельскохозяйственных машин для обеспечения высокой эксплуатационной надежности и безотказности техники [4-6]. Общая надежность зерноуборочного комбайна определяется техническим состоянием узлов, деталей, приводов, погодными условиями и орга-

низацией уборки, уровнем квалификации обслуживающего персонала и другими факторами. Комбайн можно представить условно как многокомпонентную взаимосвязанную систему, которая состоит из взаимосвязанных соединенных элементов [7].

Отказ даже одного из элементов может привести зерноуборочный комбайн в неработоспособное состояние, из-за чего нарушается агротехнический процесс.

Цель исследования – совершенствование методов устранения отказов неподвижных соединений модернизацией их конструкции применительно для механических приводов зерноуборочных комбайнов.

Материалы и методы. Нами проведены экспериментальные исследования и хронометраж работы уборочной техники в соответствии с ОСТ 108.1-99 [2]. Для исследования на территории Ставропольского края были отобраны 80 отечественных зерноуборочных комбайнов семейства «ДОН» и «VECTOR» и 29 импортных разномарочных за период уборочной страды 2008-2018 гг., у которых мы рассматривали работоспособность и отказы четырнадцати основных систем, таких как жатвенная часть, механические передачи, трансмиссия, транспортирующие устройства, моторно-силовая установка, электрооборудование и другие. Специально для того, чтобы подчеркнуть важность шпоночных соединений, они были выделены в отдельную строку из механических передач.

Статистическую информацию для определения надежности комбайнов отбирали из следующих источников:

- первичная документация исследуемых хозяйств;
- хронометраж работы зерноуборочных комбайнов, различных годов выпуска;
- корреспондентские данные, полученные в ходе опроса мастеров-наладчиков и комбайнеров.

В исследованиях для получения достоверной информации использовали сплошной и выборочный хронометражи, так как они являются основными методами при сборе необходимой статистической информации о надежности агрегатов, систем и в целом зерноуборочного комбайна.

Общее время устранения одного отказа, на наш взгляд, можно разбить на составляющие и определить по следующему выражению [6]:

$$t_{в}=t_{воо}+t_{впи}+t_{вру}+t_{вдм}+t_{вдр}+t_{вуэ}+t_{врс}+t_{всп}+t_{впм},$$

где $t_{воо}$ – время на обнаружение отказа и его последствий;

$t_{впи}$ – время на передачу информации об отказе;

$t_{вру}$ – время на разборку узлов, соединений для снятия отказавшего элемента;

$t_{вдм}$ – время на доставку в ремонтную мастерскую и ремонт поврежденной детали;

$t_{вдр}$ – время на доставку резервного (запасного) элемента;

$t_{вуэ}$ – время на установку резервного элемента;

$t_{врс}$ – время на сборку и регулировку, проверку работоспособности всех систем машины;

$t_{всп}$ – время на определение соответствия параметров систем установленным требованием;

$t_{впм}$ – время на переезд к месту работы после устранения отказа.

Данное время влияет не только на величину коэффициента готовности, но и на коэффициент использования времени смены, отражающий долю по-

терь общего времени смены по организационным причинам, а также из-за технических неисправностей.

Результаты и обсуждение. Результаты распределения отказов основных систем зерноуборочного комбайна представлены на рисунке 1.

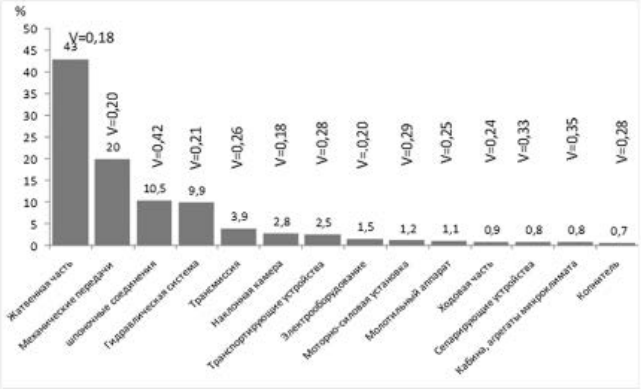


Рис. 1. Распределение отказов основных систем и агрегатов зерноуборочных комбайнов

В ходе экспериментальных исследований установлено, что существенная часть выявленных отказов по усредненным значениям равна 87,3% и обнаружена в жатвенной части, механических передачах, отдельно распределенных шпоночных соединениях, гидравлической системе и трансмиссии. На остальные системы зерноуборочных комбайнов приходится в общем 12,7% количества отказов, при этом на каждую из них в отдельности доводиться не более 2,8%. Отметим, что хотя их доля в общем количестве выявленных отказов невелика – возможное время восстановления работоспособности может быть более существенным: от часа до нескольких суток ввиду отсутствия запасных частей у дилеров.

Анализ проведенных исследований показывает, что при устранении неисправностей все составляющие в зависимости от типа конструкции и способа восстановления работоспособности имеют различное значение для приведенных систем зерноуборочных комбайнов.

При большой доле отказов основных рабочих систем зерноуборочного комбайна время восстановления ее работоспособности может быть непродолжительно. Это подтверждается на примере жатвенной части, на отказы которой приходится до 43% с коэффициентом вариации 0,18, а время восстановления составляет в среднем до 15 минут с коэффициентом вариации 0,25 (рис. 2). При этом на ликвидацию отказов трансмиссии и их последствий на примере зерноуборочного комбайна «VECTOR» приходится в среднем 3,5 ч с коэффициентом вариации 0,35 при общей доле отказов 3,9%. Следовательно, на 100 зерноуборочных комбайнов может приходиться от 2 до 8 отказов системы трансмиссии.

Анализируя гистограммы видно, что на общую долю отказов шпоночных соединений приходится до 10,52% всех неисправностей зерноуборочных комбайнов (рис. 1, 2). В их число входят главный и задний контрприводы, колосовой и зерновой элеваторы, механизм качающейся шайбы Средняя продолжительность устранения одного отказа в зависимости от типов

приводов составляет 1,86 ч с коэффициентом вариации 0,37. Это связано с изменением значений составляющих времени восстановления работоспособности, таких как время на разборку узлов, соединений для снятия отказавшего элемента, на установку резервного элемента, на сборку и регулировку, проверку работоспособности всех систем машины.

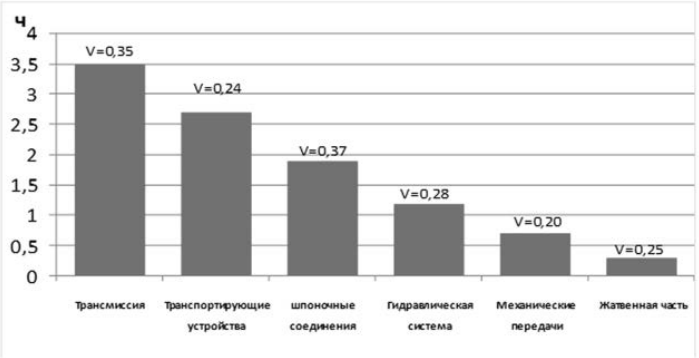


Рис. 2. Усредненное значение времени устранения одного отказа основных систем и агрегатов зерноуборочных комбайнов в ходе исследований по Ставропольскому краю

Среди них наибольшую значимость имеет время на доставку резервного элемента. Для импортных комбайнов в ожидании оригинальной запасной части это время может увеличиваться еще более значительно. Как показала реальная практика, это ожидание достигает 20-30 часов и более на один отказ.

Важным резервом эффективности использования уборочной техники является повышение ее надежности за счет увеличения работоспособности и снижения времени устранения отказов любых элементов конструкций, в том числе и шпоночных соединений.

Для увеличения работоспособности зерноуборочных комбайнов и других сельскохозяйственных машин в целом может применяться в виде ремонтного комплекта модернизированное соединение – съемная ступица [8]. Данное соединение обеспечит повышение времени безотказной работы шпоночных соединений, применяемых в механических приводах.

Следует выполнить модернизацию на предлагаемое устройство для часто отказывающих систем комбайна по причине разрушения шпоночного соединения, а именно шкивов основных механических приводов в заднем контрприводе, контрприводном вале жатки и домолачивающем устройстве. Это позволит сократить время устранения отказа в случае его возникновения в 2-2,5 раза по сравнению с традиционной заменой неисправных только шкива и шпонки на новые с оставлением исправного вала [9-11].

Если же отказ съемной ступицы произошел, то устранение его последствий будет заключаться в замене ее конической втулки на новую. Как показали испытания модернизированного соединения, при резком изменении нагрузки происходит ослабление посадки, которое устраняется регулировочными операциями. Это дает основание утверждать, что за период уборки при своевременном обслуживании данной ступицы вероятность возник-

новения отказа будет практически сведена к нулю. Разработанная ремонтная самозажимная съемная ступица проста в изготовлении и может быть выполнена в ремонтной мастерской.

Выводы. Проведенные экспериментальные исследования позволили установить часто отказывающие системы, такие как жатвенная часть, механические передачи, отдельно распределенные шпоночные соединения, гидравлическая система и трансмиссия. Но возможное время устранения их отказов существенно отличается и не всегда является продолжительным. Для восстановления отказавших шпоночных соединений предлагается применять ремонтную самозажимную съемную ступицу.

Библиографический список

1. Кобозев М.А., Захарин А.В., Магомедов Р.А., Повлюк Р.В., Лебедев А.Т. Исследование ремонтопригодности шпоночных соединений сельскохозяйственной техники // Научная мысль. 2015. N3. С. 254-257.

2. Павлюк Р.В., Пьянов В.С., Лебедев А.Т. Повышение эффективности использования зерноуборочных комбайнов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2010. N1. С. 18-19.

3. Pavlyuk R.V., Lebedev A.T., Zacharin A.V., Lebedev P.A. Calculation of the transmitted torque upgraded fixed connection. Engineering for Rural Development. 2017. Vol. 16. 207-211.

4. Водолазская Н.В., Стребков С.В. Надежность и эксплуатация технических систем: монография Белгород: Белгородский государственный аграрный университет. 2017. 151 с.

5. Лебедев А.Т., Павлюк Р.В., Магомедов Р.А., Лебедев П.А., Захарин А.В. Надежность и эффективность шпоночных соединений: монография. Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет. 2015. 140 с.

6. Лебедев А.Т., Наумов О.П. , Магомедов Р.А., Захарин А.В., Лебедев П.А., Павлюк Р.В. Надежность и эффективность МТА при выполнении технологических процессов: монография. Ставрополь: Изд-во «АГРУС». 2015. 332 с.

7. Лебедев А.Т., Очинский В.В., Павлюк Р.В., Кобозев М.А. Экспериментальные исследования эффективности работы модернизированного механического привода уборочной техники // Труды ГОСНИТИ. 2015. Т. 118. С. 16-21.

8. Пат. 2402701 Российская Федерация, F16D 1/09. Съемная ступица для монтажа вращающегося элемента на приводном валу / А.Т. Лебедев, Р.В. Павлюк, Р.А. Магомедов. №2009119273/11; заявл. 21.05.2009; опубл. 27.10.2010. Бюл. N30. 9 с.

9. Кобозев М.А., Захарин А.В., Магомедов Р.А., Павлюк Р.В., Лебедев А.Т. Исследование ремонтопригодности шпоночных соединений сельскохозяйственной техники // Научная мысль. 2015. N3. С. 254-257.

10. Павлюк Р.В., Жевора Ю.И., Захарин А.В., Грабельников Д.И. Технологические методы повышения ресурса деталей машин // Научная мысль. 2016. N5. С. 119 -124.

11. Серегин А.А., Лебедев А.Т., Павлюк Р.В. Функциональное резервирование элементов механических приводов // Научная жизнь. 2016. N11. С. 6-16.

References

1. Kobozev M.A., Zakharin A.V., Magomedov R.A., Pavlyuk R.V., Lebedev A.T. Study of the maintainability of the key connections of agricultural machineryScientific thought. 2015. N3. 254-257.

2. Pavlyuk R.V., Pyanov V.S., Lebedev A.T. Improving the efficiency of use of combine harvesters. Mechanization and Electrification of Agriculture. 2010. N1. 18-19.

3. Pavlyuk R.V., Lebedev A.T., Zacharin A.V., Lebedev P.A. Calculation of the momentum upgraded fixed connection. Engineering for Rural Development. 2017. Vol. 16. 207-211.

4. Vodolazskaya N.V., Strebkov S.V. Reliability and operation of technical systems: monograph. Belgorod: Belgorod state agricultural university. 2017. 151.

5. Lebedev A.T., Pavlyuk R.V., Magomedov R.A., Lebedev P.A., Zakharin A.V. Reliability and efficiency of keyed joints: monograph. Stavropol: Stavropol state agricultural university. 2015. 140.

6. Lebedev A.T., Naumov O.P., Magomedov R.A., Zakharin A.V., Lebedev P.A., Pavlyuk R.V. Reliability and efficiency of MTA in the implementation of technological processes: monograph. Stavropol: Publishing House «AGRUS». 2015. 332.

7. Lebedev A.T., Ochinsky V.V., Pavlyuk R.V., Kobozev M.A. Experimental studies of the effectiveness of the modernized mechanical drive of the harvesting equipment. Trudy GOSNITI. 2015. V. 118. 16-21.

8. Pat. 2402701 Russian Federation, F16D 1/09. Removable hub for mounting the rotating element on the drive shaft / A.T. Lebedev, R.V. Pavlyuk, R.A. Magomedov [et al.]. №2009119273 / 11; declare 05/21/2009; publ. 10/27/2010. Byul. №30. 9.

9. Kobozev M.A., Zakharin A.V., Magomedov R.A., Pavlyuk R.V., Lebedev A.T. Investigation of the maintainability of keyed agricultural machinery. Scientific Thought. 2015. N3. 254-257.

10. Pavlyuk R.V., Zhevora Yu.I., Zakharin A.V., Grabelnikov D.I. Technological methods for increasing the resource of machine parts. Scientific thought. 2016. N5. 119 -124.

11. Seregin A.A., Lebedev A.T., Pavlyuk R.V. Functional redundancy of elements of mechanical drives. Scientific Life. 2016. N11. 6-16.

УДК 621.01

ПРИМЕНЕНИЕ 3D-ПЕЧАТИ МЕТОДОМ FDM ПРИ РЕМОНТЕ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

Юлия Александровна Лопатина, научный сотрудник,
e-mail: lopatina.julia@yandex.ru;
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,
Москва, Российская Федерация

Реферат. *Технологии аддитивного производства находят все большее применение в различных отраслях промышленности, в частности, при ремонте техники. Наибольшее распространите получила технология FDM (англ. Fused Deposition Modeling – моделирование методом послойного наплавления), позволяющая создавать детали из термопластичных полимеров. (Цель исследования) Выполнить аналитический обзор материалов, связанных с использованием технологии FDM-печати для ремонта и восстановления работоспособности машин и оборудования, и оценить возможности применения данной технологии для задач технического сервиса машин. (Материалы и методы) Материалом данного исследования стали открытые информационные источники. Методом исследования сбор, изучение и сравнительный анализ информации. (Результаты и обсуждение) Отметили, что в России в настоящий момент существует достаточно много маленьких частных фирм, предоставляющих услуги по изготовлению деталей методом 3D-печати, и в том числе предлагающих услуги по ремонту машин и оборудования. Выявили, что наибольшее распространение получили услуги в области технического обслуживания автомобилей по заказу частных лиц, при этом наибольший поток заказов приходится на изготовление зубчатых колес. Предложили применять FDM-технологии в рамках метода ремонта с постановкой дополнительной ремонтной детали. Изготовили и заменили зубчатый венец вал-шестерни зубчато-ременной передачи садового триммера. (Выводы) Номенклатура изделий, изготавливаемых методом FDM-технологии, достаточно широка и охватывает почти все разнообразие полимерных деталей, используемых в конструкциях различных машин и оборудования. В целом использование аддитивных технологий при ремонте становится довольно перспективным и позволяющим значительно сократить время и стоимость ремонтных работ.*

Ключевые слова: *аддитивные технологии, 3D-печать, FDM, ремонт, техническое обслуживание, восстановление работоспособности.*

Для цитирования: *Лопатина Ю.А. Применение 3D-печати методом FDM при ремонте машин и оборудования // Технический сервис машин. 2019. N3(136). С. 40-45.*

APPLICATION OF 3D PRINTING BY FDM METHOD FOR REPAIRING MACHINERY AND EQUIPMENT

Yuliya A. Lopatina, research assistant, e-mail: lopatina.julia@yandex.ru;
Federal scientific agroengineering center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. *Additive manufacturing technologies are increasingly used in various industries, in particular, in the repair of equipment. The most widespread technology received FDM (eng. Fused Deposit Modeling – modeling by layer-by-layer deposition), which allows to create parts from thermoplastic polymers. (Research purpose) to Perform an analytical review of materials related to the use of FDM-printing technology for the repair and restoration of machines and equipment, and to assess the possibility of using this technology for the tasks of technical service of machines. (Materials and methods) the Material of this study were open information sources. Research method collection, study and comparative analysis of information. (Results and discussion) Noted that in Russia at the moment there are a lot of small private companies that provide services for the manufacture of parts by 3D printing, including offering services for the repair of machinery and equipment. It was found that the most widespread services in the field of car maintenance by order of individuals, with the largest flow of orders accounted for the manufacture of gears. Proposed the use of FDM technology in the framework of the method of fixation with the production of additional repair parts. The garden trimmer gear shaft-gear ring was manufactured and replaced. (Conclusions) the Range of products manufactured by FDM-technology is quite wide and covers almost all the variety of polymer parts used in the construction of various machines and equipment. In General, the use of additive technologies in the repair becomes quite promising and can significantly reduce the time and cost of repairs.*

Keywords: *additive technologies, 3D-printing, FDM, repair, maintenance, recovery.*

For citation: *Lopatina Yu.A. Application of 3D printing by FDM method for repairing machinery and equipment. Tekhnicheskiy servis mashin. 2019. N3(136). 40-45.*

Введение. Тенденция развития технологий аддитивного производства с каждым годом набирает темп и получает все большее распространение в различных отраслях промышленности [1]. Большие перспективы применения аддитивных технологий лежат в области их использования при производстве и техническом сервисе сельскохозяйственной техники, для восстановления работоспособности механизмов методом замены изношенных деталей на новые, изготовленные методами 3D-печати [2, 3]. Наибольшее распространение в настоящий момент получила аддитивная технология FDM-печати (рис. 1).

Технология FDM (англ. Fused Deposition Modeling – моделирование методом послойного наплавления) представляет собой метод создания детали послойным наплавлением термопластичного полимерного материала по заранее подготовленной управляющей программе. Управляющая программа создается на основе цифровой модели детали с помощью специального программного обеспечения.

Основными преимуществами данной технологии являются низкая стоимость и широкий ассортимент расходных материалов, что позволяет создавать изделия с необходимыми свойствами. Толщина наплавляемого слоя, как правило, находится в диапазоне от 0,1 до 1 мм, ширина – от 0,2 до 2 мм в зависимости от модели 3D-принтера, сопла печатающей головки и требованиям к детали [4-6].

Цель исследования – выполнить аналитический обзор материалов, связанных с использованием технологии FDM-печати для ремонта и восстановления работоспособности машин и оборудования, и оценить возможности применения данной технологии для задач технического сервиса машин.

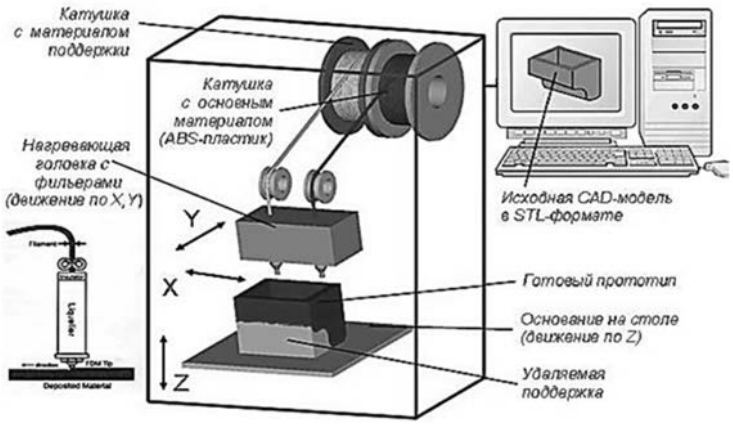


Рис. 1. Принцип изготовления моделей методом FDM-печати

Материалы и методы. Материалом данного исследования стали открытые информационные источники, содержащие сведения об использовании технологии FDM-печати для ремонта машин и оборудования. Методом исследования является сбор, изучение и сравнительный анализ информации.

Результаты и обсуждение. За рубежом использование 3D-печати в качестве средства технического сервиса машин получило довольно широкое распространение. BuyAnyPart, английский поставщик запасных частей, объявил в 2018 г. о создании сервиса по замене деталей сельскохозяйственной техники и оборудования, произведенных методами 3D-печати. CNH Industrial, мировой лидер по производству и продаже сельскохозяйственного и строительного оборудования, грузовых автомобилей и автобусов, также предлагает услуги по 3D-печати подлежащих замене деталей, отмечая, что применение данной технологии позволяет значительно экономить время и материалы в условиях срочного изготовления небольших партий ремонтных деталей.

Нидерландские ученые посвятили работу методам оптимизации стратегий технического обслуживания и ремонта за счет применения аддитивных технологий. Представили стандартный метод и метод, ориентированный на потребности конченого пользователя. Сделан вывод о целесообразности применения аддитивных технологий в процессе технического обслуживания и ремонта, поскольку их применение позволяет значительно экономить время за счет отсутствия необходимости ожидания длительной доставки деталей от поставщика, а также благодаря возможности оптимизации конструкции ремонтной детали, представляющей собой соединение нескольких заменяемых деталей в одну, что в конечном итоге приводит к исключению ненужных этапов сборки. Применение предлагаемых стратегий проиллюстрировано на примере ремонта станка для производства откидных дисков. Одной из главных задач было восстановление работоспособности пневматического цилиндра, используемого для складирования готовых дисков в накопитель. Необходимо заменить изношенное коромысло механизма (рис. 2). 3D файлы пневматического цилиндра и коромысла, являющихся стандартными деталями, получили с веб-сайта поставщика. Коромысло распечатали из PLA пластика на 3D-принтере Ultimaker с толщиной сопла 2,85 мм, температурой экструзии 210°C, со скоростью печати 50 мм/с; толщина слоя составляла 20 мкм [7].

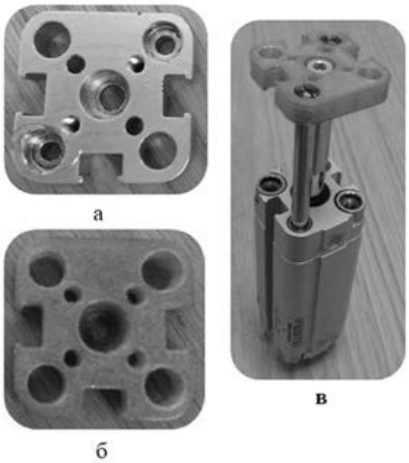
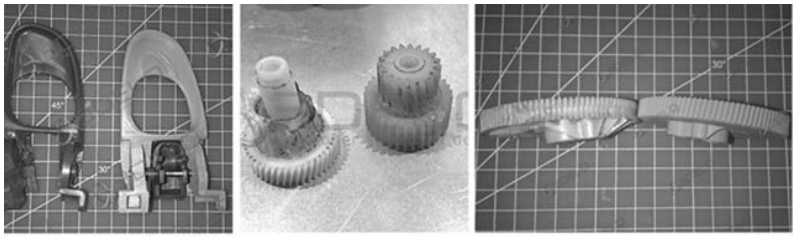


Рис. 2. Замена коромысла пневматического цилиндра станка для производства откидных дисков: а – оригинальная деталь коромысла, алюминий; б – деталь коромысла, изготовленная на 3D-принтере из PLA пластика; в – пневматический цилиндр в сборе

В России компании, осуществляющие 3D-печать, также предлагают услуги по изготовлению ремонтных деталей. Наибольшее распространение подобные услуги получили в области технического обслуживания автомобилей по заказу частных лиц. Архангельская компания 3Delo произвела замену ручки двери автомобиля «KIA» Shuma, предварительно восстановив ее геометрию и усилив прочность конструкции на этапе моделирования (рис. 3а). Наиболее часто компания сталкивается с задачами замены изношенных зубчатых колес различных механизмов автомобилей: шестерни модуля стояночного тормоза автомобиля «LAND ROVER» (рис. 3б), зубчатого колеса дворника автомобиля «Mazda» (рис. 3в) и других.



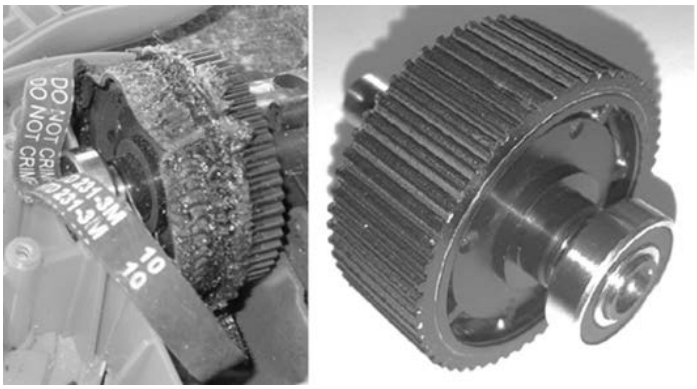
а *б* *в*

Рис. 3. Примеры изготовления методом FDM-печати деатлей автомобилей взамен изношенных архангельской компанией 3Delo

В работе автор подробно описывает восстановление вал-шестерни зубчато-ременной передачи садового триммера методом, основанном на механической обработке с постановкой дополнительной ремонтной детали (ДРД) [8]. Основной идеей применения FDM-технологии при ремонте методом ДРД является создание электронной модели поврежденного участка детали, ее печать и последующий монтаж на механически обработанную поверхность.

В данном случае ДРД служит зубчатый венец, напечатанный на FDM 3D-принтере Magnum Creative 2 Pro из ABS пластика со скоростью печати

45 мм/с, толщиной слоя 0,05 мм и при температуре эуструдера 235°С. Поврежденная деталь и восстановленная вал-шестерня приведены на рис. 4.



а *б*

Рис. 4. Восстановление вал-шестерни зубчато-ременной передачи садового триммера: а – поврежденная поверхность зубьев; б – вал-шестерня, восстановленная с применением ДРД

Выводы. Проведенное исследование показало, что применение технологии 3D-печати методом FDM в настоящий момент нашло довольно широкое применение в практике ремонта машин и оборудования. За рубежом внедрение данной технологии в процессы ремонта получило гораздо большее развитие, чем в настоящий момент в России: несколько крупных иностранных компаний, специализирующихся на производстве и обслуживании техники, уже внедрили практику 3D-печати в свои производственные процессы, тогда как в России данное явление носит разрозненный характер и остается прерогативой небольших частных компаний.

Номенклатура изделий, изготавливаемых методом FDM-технологии, достаточно широка и охватывает почти все разнообразие полимерных деталей, используемых в конструкциях различных машин и оборудования. Использование данной технологии позволяет значительно сократить время и стоимость ремонтных работ, а также частично избавиться от зависимости от сервисных служб и сроков поставки запасных частей.

Библиографический список

1. Мальцева О.В. Развитие мирового рынка 3D-принтеров. Российский внешнеэкономический вестник. 2018. N9. С. 88-97.

2. Федоренко В.Ф., Голубев И.Г. Перспективы применения аддитивных технологий при производстве и техническом сервисе сельскохозяйственной техники. М.: Росинформагротех. 2018. 140 с.

3. Свиридов А.С., Тужилин С.П., Лопатина Ю.А. Использование цифровой 3D-фермы в ремонтном производстве сельскохозяйственной техники. Технический сервис машин. 2019. N1. С. 93-99.

4. Ngo T.D., Kashani A., Imbalzano G., Nguyen K.T.Q., Hui D. Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges. Composites Part B: Engineering. 2018. Vol. 143. 172-196.

5. Attaran M. The rise of 3-D printing: The advantages of additive manufacturing overtraditional manufacturing. Business Horizons. 2017. Vol. 60. Iss. 5. 677-688.

6. Игонина Е.В., Дружинина О.В. Особенности разработки и применения FDM-

технологии при создании и прототипировании 3D-объектов. Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2017. Т. 13. N2. С. 185-193.

7. Wits W.W., Reyes Garcia J.R., Jauregui Becker J. M. How additive manufacturing enables more sustainable end-user maintenance, repair and overhaul (MRO) strategies. Procedia CIRP. 2016. Vol. 40. 693-698.

8. Нефёлов И.С. Восстановление изношенных деталей машин при помощи дополнительных ремонтных деталей, изготовленных методами аддитивных технологий. Ремонт, восстановление, модернизация. 2018. N11. С. 15-17.

References

1. Maltseva O.V. Development of the world market of 3D printers. Russian foreign economic Bulletin. 2018. N9. 88-97.

2. Fedorenko V.F., Golubev I.G. Prospects for the use of additive technologies in the production and technical service of agricultural machinery: scientific analytical review. Moscow: Rosinformagrotekh. 2018. 140.

3. Sviridov A.S., Tuzhilin S.P., Lopatina Yu.A. The concept of a digital 3D-farm for use in the repair of agricultural machinery. Technical service machines. 2019. N1.93-99.

4. Ngo T.D., Kashani A., Imbalzano G., Nguyen K.T.Q., Hui D. Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges. Composites Part B: Engineering. 2018. Vol. 143. 172-196.

5. Attaran M. The rise of 3-D printing: The advantages of additive manufacturing overtraditional manufacturing. Business Horizons. 2017. Vol. 60. Iss. 5. 677-688.

6. Igonina E.V., Druzhinina O.V. Features of development and application of FDM-technology at creation and prototyping of 3D-objects. Modern information technologies and IT education. 2017. Vol. 13. N2. 185-193.

7. Wits W.W., Reyes Garcia J.R., Jauregui Becker J.M. How additive manufacturing enables more sustainable end-user maintenance, repair and overhaul (MRO) strategies. Procedia CIRP. 2016. Vol. 40. 693-698.

8. Nefyolov I.S. Renewal of worn-out parts of machines with application of additional repair parts made by additive technology methods. Repair, restoration, modernization. 2018. N11. 15-17.

УДК 621.436:629.083

ВЛИЯНИЕ УГЛА ОПЕРЕЖЕНИЯ ВПРЫСКИВАНИЯ ТОПЛИВА НА ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ

Николай Викторович Раков, кандидат технических наук, доцент кафедры, e-mail: nikolaymgu@yandex.ru;
Алексей Викторович Смольянов, кандидат технических наук, доцент кафедры
Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», г. Саранск, Республика Мордовия, Российская Федерация

Реферат. *Статья посвящена изучению угла опережения впрыскивания топлива на технико-экологические показатели работы двигателя. Исследования проведены на примере двигателя КамАЗ-740. (Цель исследования) Оценить влияние износов деталей автоматической муфты опережения впрыскивания топлива на показатели работы дизельного двигателя КамАЗ. (Материалы и методы) Исследовали техническое состояние партии муфт, бывших в эксплуатации. Определили изменения от отклонения угла опережения впрыскивания топлива на различных частотах вращения кулачкового вала топливного насоса. Провели стендовые испытания для оценки влияния угла опережения впрыска топлива на технико-экологические показатели работы двигателя. Муфты были выбраны с различной степенью износа. (Результаты и обсуждение) Выявили, что значительное влияние на экологические показатели оказывает длительность впрыскивания топлива, определяемая углом опережения впрыска топлива. Увеличение угла опережения впрыска уменьшает длительность впрыскивания, снижает выбросы по углеводородам, но увеличивает по оксидам азота. Уменьшение угла увеличивает длительность впрыскивания, что приводит к увеличению расхода топлива и оказывает обратный эффект по выбросу соответствующих компонентов отработавших газов, уменьшая в наибольшей степени выбросы по оксидам азота, но при том возрастают выбросы по саже. (Выводы) В зависимости от износа потери мощности на номинальном режиме двигателя достигают 10,6 процентов, удельный расход топлива увеличивается на 9,4 процентов. Изменение угла опережения впрыска топлива в любую сторону от рекомендуемого приводит к уменьшению мощности и увеличению дымности. Проведенные исследования доказывают, что износы деталей АМОВТ оказывают существенное влияние на показатели работы двигателя.*

Ключевые слова: *износ, муфта, угол опережения впрыскивания топлива, дизель, испытание.*

Для цитирования: *Раков Н.В., Смольянов А.В. Влияние угла опережения впрыскивания топлива на показатели работы двигателя // Технический сервис машин. 2019. N3(136). С. 46-50.*

INFLUENCE OF THE FUEL INJECTION ADVANCE ANGLE ON THE ENGINE PERFORMANCE

Nikolay V. Rakov,
Ph.D.(Eng.), associate professor, e-mail: nikolaymgu@yandex.ru;
Aleksey V. Smol'yanov,
Ph.D.(Eng.), associate professor
National research Mordovian state University. N.P. Ogareva, Saransk,
Republic of Mordovia, Russian Federation

Abstract. *The article is devoted to the study of the advance angle of fuel injection on the technical and environmental performance of the engine. The studies were carried out on the example of the KAMAZ-740 engine. (Research purpose) to Assess the impact of wear parts of the automatic clutch ahead of fuel injection on the performance of the diesel engine KAMAZ. (Materials and methods) Investigated the technical condition of the batch of couplings that were in operation. Identified changes from the deflection angle of an advancing of injection of fuel at different frequencies of rotation of the Cam shaft of the fuel pump. We conducted bench tests to assess the effect of the fuel injection advance angle on the technical and environmental performance of the engine. The couplings were selected with varying degrees of wear. (Results and discussion) Found that the duration of fuel injection, determined by the fuel injection advance angle, has a significant impact on environmental performance. Increasing the injection advance angle reduces the duration of injection, reduces emissions of hydrocarbons, but increases the nitrogen oxides. Reducing the angle increases the duration of injection, which leads to an increase in fuel consumption and has the opposite effect on the emission of the respective exhaust gas components, reducing to the greatest extent the emissions of nitrogen oxides, but increasing emissions of soot. (Conclusions) Depending on the wear and tear of the power loss at the rated mode of the engine reach 10.6 percent, the specific fuel consumption increases by 9.4 percent. Changing the angle of advance of fuel injection in any direction from the recommended leads to a decrease in power and an increase in smoke. Studies show that the wears parts of AMOUT have a significant impact on the performance of the engine.*

Keywords: *wear, clutch, advance angle of fuel injection, diesel, test.*

For citation: *Rakov N.V., Smolyanov A.V. Influence of the fuel injection advance angle on the engine performance. Tekhnicheskiy servis mashin. 2019. N3(136). 46-50.*

Введение. Автоматическая муфта опережения впрыскивания топлива (АМОВТ) модели 33-01, установленная на двигатель КамАЗ 7403.10, изменяет значение угла опережения впрыска топлива (УОВТ) в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала двигателя. Муфта устанавливает оптимальные для рабочего процесса УОВТ во всем диапазоне скоростных режимов. Во время эксплуатации детали АМОВТ подвержены износу [1]. В связи с этим для исследования технического состояния была отобрана партия муфт, установленных на топливных насосах высокого давления двигателей КамАЗ-740. Партия состояла из 57 муфт, данное количество при относительной ошибке ε = 0,15 и доверительной вероятности α = 0,95 позволяет получить необходимую точность. Объектами исследования стали изношенные детали АМОВТ. Проведенными микрометражными испы-

таниями установлены следующие максимальные износы деталей: отверстия проставки – 480 мкм, пальца ведущей полумуфты – 130 мкм, корпуса – 1240 мкм, отверстия втулки – 181 мкм, оси втулки – 206 мкм, оси груза – 60 мкм, отверстия груза под ось – 194 мкм, отверстия под стакан пружины – 457 мкм.

Данные износы приводят к увеличению УОВТ на частотах вращения кулачкового вала топливного насоса [2]:

600 об. /мин – до 2,7° с коэффициентом вариации 0,51;

900 об. /мин – до 2,0° с коэффициентом вариации 0,60;

1300 об. /мин – до 0,9° с коэффициентом вариации 0,55.

Цель исследования – оценить влияние износов деталей автоматической муфты опережения впрыскивания топлива (АМОВТ) на показатели работы дизельного двигателя КамАЗ.

Материалы и методы. Провели испытания в лаборатории ОАО «КамАЗ-Дизель» г. Набережные Челны. Стендовые испытания выполнили по ГОСТ 14846-81, ГОСТ В 15.307-77 и проверили соответствие основных параметров двигателя требованиям ТУ 37.001.1114-83 по внешней скоростной характеристике. В качестве объекта исследования был выбран дизельный двигатель КамАЗ-7403.10 с топливной аппаратурой модели 334. Испытания проводили на стенде фирмы «AVL» с гидротормозом фирмы «SCHENCK». Для проведения испытаний выбрали муфты из числа исследуемых с максимальной, средней и минимальной степенью износа, которые поочередно устанавливали на топливный насос. В таблице представлены характеристики данных муфт по углам разворота.

Таблица

Характеристики испытуемых муфт по углам разворота

Частота вращения кулачкового вала ТНВД, мин$^{-1}$	1	2	3	4
	min. износ	ср. износ	max. износ	эталонная
600	1,5	1,8	2,5	1,1
900	3,7	4,3	4,8	3,0
1300	4,6	4,8	5,3	4,5

Результаты и обсуждение. Результаты испытаний представлены в виде графиков на рисунках 1, 2.

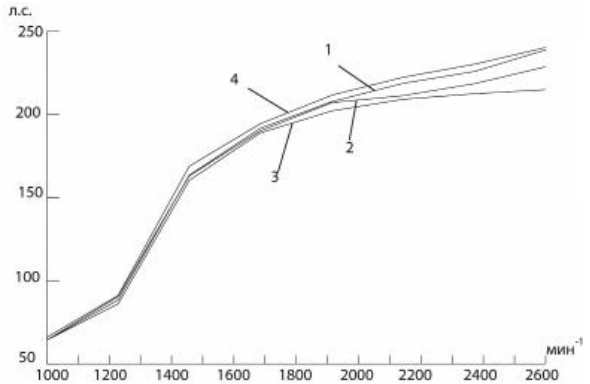


Рис. 1. Изменение эффективной мощности от частоты вращения:
1 – АМОВТ с минимальным износом; 2 – АМОВТ со средним износом; 3 – АМОВТ с максимальным износом; 4 – эталонная АМОВТ

Из рисунка 1 видно, что по сравнению с эталонной АМОВТ (кривая 4) потери эффективной мощности достигают на режимах 1200 мин$^{-1}$ для кривых 1, 2 и 3 соответственно 3,2%, 0,7, 5,5; 1800 мин$^{-1}$ – 1,4, 2,2, 2,8%; 2600 мин$^{-1}$ – 0,6, 4,8, 10,6%.

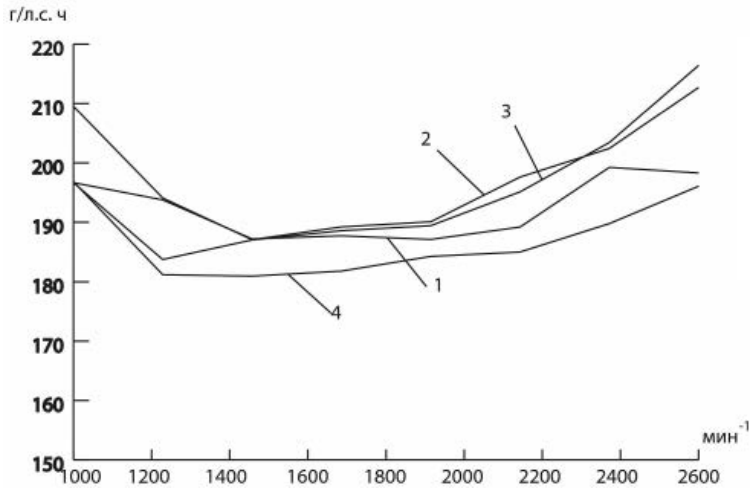


Рис. 2. Изменение удельного расхода топлива от частоты вращения: 1 – АМОВТ с минимальным износом; 2 – АМОВТ со средним износом; 3 – АМОВТ с максимальным износом; 4 – эталонная АМОВТ

Из рисунка 2 видно, что по сравнению с эталонной АМОВТ повышение удельного расхода топлива достигает на режимах 1200 мин$^{-1}$ для муфт 1, 2 и 3 соответственно 6,5%, 6,7, 1,4%; 1800 мин$^{-1}$ – 2,9, 3,9, 3,6; 2600 мин$^{-1}$ – 1,1, 7,8, 9,4%. Изменение УОВТ в любую сторону от рекомендуемого приводит к уменьшению мощности и увеличению дымности. При увеличении УОВТ на 2° поворота коленчатого вала дымность снижается на 23%, содержание NO_x увеличивается с 3,7 до 18,7 г/кВт·ч, содержание CO увеличивается с 1,9 до 2,9 г/кВт·ч [3].

Значительное влияние на экологические показатели оказывает длительность впрыскивания топлива, определяемая УОВТ. Увеличение угла опережения впрыска уменьшает длительность впрыскивания, снижает выбросы по CH и CO, но увеличивает по NO. Уменьшение угла увеличивает длительность впрыскивания, что приводит к увеличению расхода топлива и оказывает обратный эффект по выбросу соответствующих компонентов отработавших газов, уменьшая в наибольшей степени выбросы по NO, но при том возрастают выбросы по саже. Нарушение же установочного угла опережения впрыскивания топлива сопровождается ростом эмиссии CO на 5-50% и CHx – на величину до 25%.

Выводы

Проведенные исследования доказывают, что износ деталей АМОВТ оказывают существенное влияние на показатели работы двигателя. Так, в зависимости от износа потери мощности на номинальном режиме двигателя (n = 2600 мин$^{-1}$) достигает 10,6%, что ведет к увеличению удельного расхода топлива на 9,4%. Это объясняется ухудшением процесса сгорания топлива, которое приводит к серьезному нарушению экологических показателей работы дизельного двигателя

Библиографический список

1. Раков Н.В., Смольянов А.В. К вопросу ремонта автоматической муфты впрыска топлива ТНВД двигателей КамАЗ // Энергоресурсосберегающие технологии и системы в АПК: сборник научных трудов. Саранск: Тип. «Красный Октябрь. 2006. С. 11-14.

2. Смольянов А.В., Раков Н.В., Калашникова Ю.Ю. Повышение долговечности топливной аппаратуры двигателей КамАЗ-740 восстановлением деталей автоматической муфты опережения впрыскивания топлива // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы: сборник научных трудов. Саранск: Институт механики и энергетики. 2016. С. 178-184.

3. Загородских Б.П., Жиздюк А.А., Чебунин О.В. Совершенствование технического обслуживания топливной аппаратуры дизеля КамАЗ // Труды ГОСНИТИ. 2008. Т. 101. С. 76-79.

4. Лянденбурский В.В., Смольянов А.В., Раков Н.В. Совершенствование диагностирования и восстановления деталей автоматической муфты опережения впрыскивания топлива дизелей. Пенза: ПГУАС. 2017. 184 с.

References

1. Rakov N.V., Smolyanov A.V. To repair automatic clutch fuel injection pump of engines KAMAZ Energy-saving technologies and systems in agriculture: collection of scientific papers. Saransk: Krasny Oktyabr». 2006. 11-14.

2. Smolyanov A.V., Rakov N.V., Kalashnikova Y.Y. Increase of durability of the fuel equipment of engines KAMAZ-740 restoration parts automatic clutch timing of injection of fuel. Energy efficient and resource-saving technologies and systems: collection of scientific works. Saransk: Institute of mechanics and power. 2016. 178-184.

3. Zagorodskikh B. P., Zhizdyuk A.A., Chebunin O.V. Improvement of maintenance of fuel equipment of the KAMAZ diesel engine. Proceedings of GOSNITI. 2008. Vol. 101. 76-79.

4. Lyandenburskiy V.V., Smolyanov A.V., Rakov N.V. Improvement of diagnosis and restoration parts automatic clutch timing of fuel injection diesel engines. Penza: PGUAS. 2017. 184.

УДК 62-82:620.162

ОБОСНОВАНИЕ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ СТЕНДА ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБЪЕМНЫХ ГИДРОПРИВОДОВ

Сергей Владимирович Пьянзов, аспирант
e-mail: serega.pyanzov@yandex.ru;
Павел Александрович Ионов,
кандидат технических наук, профессор
Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, г. Саранск, Республика Мордовия, Российская Федерация

Реферат. *В настоящее время техническое состояние объемного гидро-привода определяется параметрами диагностирования, заявленными завода-ми-изготовителями, наиболее важными из которых являются подача (расход) рабочей жидкости, рабочее давление, крутящий момент, температура рабочей жидкости и коэффициент полезного действия, определение которых возможно только с помощью специализированного оборудования – стенда. (Цель исследования) Обоснование принципиальной схемы стенда с гидравлическим нагружающим устройством для оценки технического состояния объемных гидроприводов отечественного и зарубежного производства в условиях ремонтных предприятий и сервисных центров. (Материалы и методы) Проанализировали состояние современной ремонтной базы предприятий и сервисных центров. Выявили отсутствие оборудования, которое позволяет контролировать параметры диагностирования объемных гидроприводов. Исследовали параметры диагностирования гидронасоса и гидромотора, рекомендуемые заводами-изготовителями для оценки их технического состояния, формулы для вычисления параметров диагностирования и принципиальные гидравлические схемы для их определения. (Результаты и обсуждение) Предложили и обосновали принципиальную схему стенда с гидравлическим нагружающим устройством, позволяющую контролировать все параметры диагностирования объемных гидроприводов, установленные заводами-изготовителями. Разработали гидравлическое нагружающее устройство для практической реализации принципиальной схемы, которое обеспечивает необходимый крутящий (тормозной) момент на валу испытуемого гидромотора. (Выводы) За счет применения гидравлического нагружающего устройства в составе стенда реализовали методику динамического испытания объемных гидроприводов, которая позволяет оценить их техническое состояние в условиях ремонтных предприятий и сервисных центров.*

Ключевые слова: *параметр диагностирования, гидронасос, гидромо-тор, стенд, гидравлическое нагружающее устройство, гидравлическая схема.*

Для цитирования: *Пьянзов С.В., Ионов П.А. Обоснование принципи-альной схемы стенда для оценки технического состояния объемных гидро-приводов // Технический сервис машин. 2019. N3(136). С. 51-57.*

SUBSTANTIATION SCHEMATIC DIAGRAM TEST BENCH FOR ASSESSMENT TECHNICAL CONDITION OF VOLUMETRIC HYDRAULIC DRIVES

Sergey V. Pyanzov, postgraduate student, e-mail: serega.pyanzov@yandex.ru
Pavel A. Ionov, Ph.D.(Eng.), professor
National Research Mordovia State University. N.P. Ogareva,
Saransk, Re-public of Mordovia, Russian Federation

Abstract. *At present, the technical condition of the volumetric hydro-drive is determined by the diagnostic parameters declared by the manufacturer, the most important of which are the supply (flow) of the working fluid, the working pressure, torque, the temperature of the working fluid and the efficiency, the determination of which is possible only with the help of specialized equipment – stand. (Research purpose) Substantiation of the concept of the stand with a hydraulic loading device to assess the technical condition of the volume hydraulic drives of domestic and foreign production in the conditions of repair enterprises and service centers. (Materials and methods) Analyzed the state of modern repair facilities of enterprises and service centers. Revealed the lack of equipment that allows you to control the parameters of the diagnosis of bulk hydraulic drives. Investigated the parameters of diagnosis of the hydraulic pump and the hydraulic motor recommended manufacturers for assessment of their technical condition, the formulas for calculating the parameters of the diagnosis and the principle hydraulic scheme for their definition. (Results and discussion) Proposed and justified the basic scheme of the stand with a hydraulic loading device that allows to control all the parameters of the diagnosis of volumetric hydraulic drives installed by the manufacturers. Developed a hydraulic loading device for the practical implementation of the concept, which provides the necessary torque (brake) torque on the shaft of the test hydraulic motor. (Conclusions) Due to the use of a hydraulic loading device as part of the stand, the dynamic test method of volumetric hydraulic drives was implemented, which allows to assess their technical condition in the conditions of repair enterprises and service centers.*

Keywords: *parameter diagnosticating, hydraulic pump, hydraulic motor, test bench, hydraulic loading device, hydraulic schematic.*

For citation: *Pyanzov S.V., Ionov P.A. Substantiation schematic diagram test bench for assessment technical condition of volumetric hydraulic drives. Tekhnicheskiy servis mashin. 2019. N3 (136). 51-57.*

Введение. Привод ходовой части современной сельскохозяйственной, строительно-дорожной, карьерной, горнодобывающей, лесозаготовительной и др. техники отечественного и зарубежного производства в свое конструктивное исполнение включает сложные и дорогостоящие аксиально-поршневые гидронасос и гидромотор, которые образуют единую систему – объемный гидропривод. От технического состояния объемного гидропривода во многом зависят надежность и эксплуатационные показатели техники. Согласно данным заводов-изготовителей (Sauer-Danfoss, Linde, Bosch Rexroth, Германия; Eaton, США; PSM-Hydraulics, Россия; ЗАО «Гидросила ГРУП», Украина) оценку технического состояния объемного гидропривода проводят по наиболее важным параметрам диагностирования агрегатов: подача (расход) рабочей жидкости Q, рабочее давление P, крутящий

момент $M_{кр}$, температура рабочей жидкости t и коэффициенты полезного действия (КПД) η – полный, объемный и гидромеханический [1-5]. При этом критерием пре-дельного состояния гидропривода принято считать падение объемного КПД на 20% от нормативного (паспортного) значения 0,95 [6].

Анализ состояния современной ремонтной базы предприятий и сервисных центров показывает отсутствие оборудования, которое позволяет контролировать эти параметры диагностирования объемных гидроприводов. Большинство ремонтных предприятий и сервисных центров вынуждены диа-гностировать гидромоторы объемных гидроприводов по косвенным признакам. Наиболее полная оценка технического состояния объемного гидропривода проводится предприятиями-изготовителями на специализированных промышленных стендах преимущественно зарубежного производства, применение которых в условиях ремонтных предприятий и сервисных центрах из-за их высокой стоимости (более 15 млн руб.) экономически нецелесообразно. Поэтому актуальной задачей становится разработка нового отечественного испытательного оборудования (стенда) для оценки технического состояния объемных гидроприводов отечественного и зарубежного производства, способного контролировать все параметры диагностирования, установленные заводами-изготовителями гидроагрегатов, в условиях ремонтных предприятий и сервисных центров.

Цель исследования – обоснование принципиальной схемы стенда с гидравлическим нагружающим устройством для оценки технического состояния объемных гидроприводов отечественного и зарубежного производства в условиях ремонтных предприятий и сервисных центров.

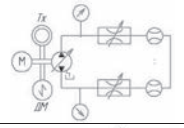
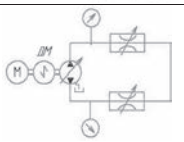
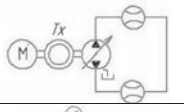
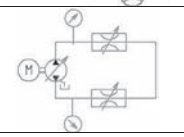
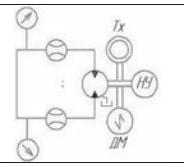
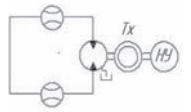
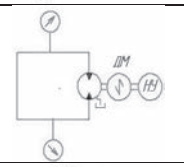
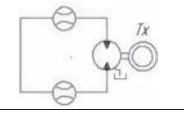
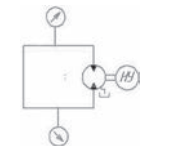
Материалы и методы. Для достоверной оценки технического состоя-ния гидромотора и всего объемного гидропривода в целом был предложен метод гидравлического нагружения. Метод основан на применении в качестве нагружающего устройства гидромашины (реверсивного гидронасоса). Для реализации данного метода сотрудники кафедры технического сервиса машин «МГУ им. Н.П. Огарёва» разработали устройство, которое обеспечивает необходимый крутящий (тормозной) момент на валу испытуемого гидромотора [7]. Диагностирование гидропривода, согласно данному методу, осуществляется на основании параметров функционирования гидравлическо го нагружающего устройства. Расчет развиваемого крутящего момента испытуемого гидромотора происходит путем пересчета. Приводной (потребляемый) крутящий момент нагружающего реверсивного гидронасоса, а фактически крутящий момент $M_{кр}$, *Н·м*, развиваемый испытуемым гидромотором с учетом параметров гидравлического нагружающего устройства, определяется исходя из следующего выражения:

$$M_{кр.исп} = M_{кр.наг} = \frac{Q_{наг} \cdot 500 \cdot \Delta p_{наг}}{\pi \cdot n_{наг} \cdot \eta_{об.наг} \cdot \eta_{гм.наг}}, \qquad (1)$$

где $Q_{наг}$ – подача реверсивного насос-мотора, л/мин; $\Delta p_{наг} = (P_{2наг} - P_{1наг})$ – перепад давлений в гидролиниях реверсивного насос-мотора, МПа; $n_{наг}$ – частота вращения вала реверсивного гидронасоса, об/мин; $\eta_{об.наг}$ и $\eta_{гм.наг}$ – объемный и гидромеханический КПД реверсивного насос-мотора (соответствуют значениям нового агрегата). Описанный метод гидравлического нагружения испытуемого гидропривода был взят за основу при разработке принципиальной схемы стенда с гидравлическим нагружающим устройством.

Таблица

Параметры диагностирования гидронасоса и гидромотора; принципиальные гидросхемы для их определения

Параметр диагностирования	Формулы для вычисления параметра диагностирования	Измеряемые параметры	Принципиальная гидросхема
Гидронасос			
$\eta^{н}$	$\eta^{н} = \eta^{н}_{об} \cdot \eta^{н}_{гм} = \dfrac{500 \cdot Q^{н}_{ф} \cdot \Delta p}{M_{пр} \cdot \pi \cdot n_{н}}$, (1)	$Q^{н}_{ф}$, Δp, $M_{пр}$, $n_{н}$ при p = ном.	 (1)
$\eta^{н}_{об}$	$\eta^{н}_{об} = \dfrac{1000 \cdot Q^{н}_{ф}}{V^{н}_{g} \cdot n_{н}}$, (2)	$Q^{н}_{ф}$, $n_{н}$ при p = ном.	(2)
$\eta^{н}_{гм}$	$\eta^{н}_{гм} = \dfrac{V^{н}_{g} \cdot \Delta p}{2 \cdot \pi \cdot M_{пр}}$, (3)	Δp, $M_{пр}$ при p = ном.	 (3)
$Q^{н}_{т}$, л/мин	$Q^{н}_{т} = \dfrac{V^{н}_{g} \cdot n_{н} \cdot \eta^{н}_{об}}{1000}$, (4)	$n_{н}$, $Q^{н}_{т}$ при p = 0	 (4)
$M_{пр}$, Н·м	$M_{пр} = \dfrac{V^{н}_{g} \cdot \Delta p}{2 \cdot \pi \cdot \eta^{н}_{гм}}$, (5)	Δp при p = ном.	 (5)
Гидромотор			
$\eta^{м}$	$\eta^{м} = \eta^{м}_{об} \cdot \eta^{м}_{гм} = \dfrac{M^{м}_{кр} \cdot \pi \cdot n_{м}}{500 \cdot Q^{м}_{ф} \cdot \Delta p}$, (6)	$M^{м}_{кр}$, $n_{м}$, $Q^{м}_{ф}$, Δp при p = ном.	 (6)
$\eta^{м}_{об}$	$\eta^{м}_{об} = \dfrac{V^{м}_{g} \cdot n_{м}}{1000 \cdot Q^{м}_{ф}}$, (7)	$n_{м}$, $Q^{м}_{ф}$ при p = ном.	 (7)
$\eta^{м}_{гм}$	$\eta^{м}_{гм} = \dfrac{M^{м}_{кр} \cdot 2 \cdot \pi}{V^{м}_{g} \cdot \Delta p}$, (8)	$M^{м}_{кр}$, Δp при p = ном.	 (8)
$Q^{м}_{т}$, л/мин	$Q^{м}_{т} = \dfrac{V^{м}_{g} \cdot n_{м}}{1000 \cdot \eta^{м}_{об}}$, (9)	$n_{м}$, $Q^{м}_{т}$ при p = 0	 (9)
$M^{м}_{кр}$, Н·м	$M^{м}_{кр} = \dfrac{V^{м}_{g} \cdot \Delta p \cdot \eta^{м}_{гм}}{2 \cdot \pi}$, (10)	Δp при p = ном.	 (10)

Примечание: $\eta^{н}$ – полный КПД гидронасоса; $\eta^{м}$ – полный КПД гидромотора; $\eta^{м}_{об}$ – объемный КПД гидронасоса; $\eta^{м}_{об}$ – объёмный КПД гидромотора; $\eta^{н}_{гм}$ – гидромеханический КПД гидронасоса; $\eta^{м}_{гм}$ – гидромеханический КПД гидро-

мотора; $Q^{н}_{ф}$ – фактическая подача гидронасоса, л/мин; $Q^{н}_{ф}$ – фактический расход гидромотора, л/мин; $Q^{н}_{т}$ – теоретиче-ская подача гидронасоса, л/мин; $Q^{м}_{т}$ – теоретический расход гидромотора, л/мин; $V^{н}_{g}$ – рабочий объем гидронасоса, см³/об; $V^{м}_{g}$ – рабочий объем гидромотора, см³/об; $n_{н}$ – частота вращения приводного вала гидронасоса, об/мин; $n_{м}$ – частота вращения вала гидромотора, об/мин; Δp – разность давлений на входе и выходе гидронасоса, МПа; Δp – разность давлений на входе и выходе гидромотора, МПа; p – номинальное давление в линиях нагнетания, МПа; $M_{пр}$ – приводной момент, Н·м; $M^{м}_{кр}$ – крутящий момент создаваемый гидромотором, Н·м; М – электродвигатель; ДМ – датчик момента; T_{x} – датчик оборотов (тахометр); НУ – нагружающее устройство.

Результаты и обсуждение. Анализ технической информации заводов-изготовителей, предназначенной для диагностирования гидронасоса и гидро-мотора, и данных научно-технической литературы выявил зависимости, представленные в таблице [1-4, 6-11].

Подход к определению диагностических возможностей принципиаль-ных схем (табл.) при оценке технического состояния гидронасосов и гидромоторов описан в работе Н.А. Маслова [11]. Установлено, что часть параметров диагностирования определяется путем прямого измерения значений, часть – путем расчета по представленным зависимостям. При этом Основной параметр диагностирования – коэффициент полезного действия (КПД) –можно определить только расчетным путем. Установлено, что объемный КПД напрямую зависит от фактической подачи (расхода) агрегата, а гидромеханический КПД – от крутящего момента при номинальных значениях рабочего давления и частоты вращения вала гидронасоса (гидромотора). При диагностировании строят графики зависимостей $\eta_{н} = f(M_{пр})$, $\eta^{н} = f(n_{н})$ и $\eta^{м} = f(M_{мкр})$, $\eta^{м} = f(n_{м})$, показывающие влияние нагрузки на вал и частоты его вращения на величину полного КПД диагностируемого гидроагрегата.

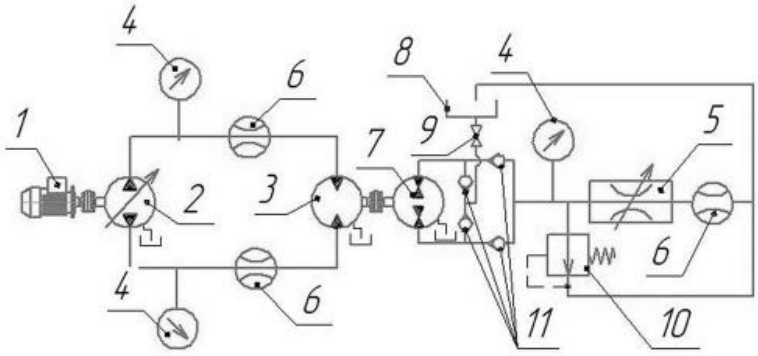


Рис. Принципиальная схема стенда с гидравлическим нагружающим устройством: 1 – электродвигатель; 2 – регулируемый испытуемый гидронасос; 3 – испытуемый гидромо-тор; 4 – манометры; 5 – дроссели; 6 – расходомеры; 7 – нагружающий реверсивный насос-мотор; 8 – гидробак нагружающего устройства; 9 – вентиль; 10 – предохранительный клапан; 11 – обратные клапаны

Анализ таблицы показал, что наибольшими диагностическими возможностями при оценке технического состояния отдельных агрегатов объемно-

го гидропривода обладают гидросхемы 1 и 6. Поэтому эти гидросхемы были взяты за основу при разработке нового стенда. Принципиальная схема стенда с гидравлическим нагружающим устройством, реализующая диагностические схемы 1 и 6, представлена на рисунке.

Особенность предложенной принципиальной гидросхемы заключает-ся в том, что при оценке технического состояния объемного гидропривода реализуется динамическая методика испытаний, при которой вал испытуемого гидромотора будет вращается с переменной нагрузкой.

Для практической реализации полученной принципиальной схемы разработано гидравлическое нагружающее устройство, которое создает на валу испытуемого гидромотора тормозного (нагрузочного) момента путем дросселирования рабочей жидкости в линии нагнетания устройства [12]. Разработанный по данной принципиальной схеме стенд позволит контролировать все диагностические параметры гидроагрегатов объемного гидропривода, представленные в таблице .

Выводы. Предложена принципиальная схема стенда с гидравлическим нагружающим устройством, позволяющая контролировать все параметры ди-агностирования объемного гидропривода отечественного и зарубежного про-изводства, установленные заводами-изготовителями. За счет применения гид-равлического нагружающего устройства в составе стенда будет реализована методика динамического испытания объемных гидроприводов в условиях ремонтных предприятий и сервисных центров.

Публикация подготовлена при финансовой поддержке Минобрнауки России (госзадание, направление: развитие компетенций, проект № 11.3416.2017/4.6) «Разработка технологий и средств повышения долговеч-ности деталей, узлов, агрегатов машин и оборудования путем создания нано-структурированных покрытий источниками концентрированной энергии».

Библиографический список

1. Каталог гидравлического оборудования. Екатеринбург: ОАО «Пневмостроймашина». 2018. 52 с.

2. Technical information axial piston pumps series 90. Germany: Sauer-Danfoss Company. 2016. 91.

3. Technical information axial piston motors series 90. Germany: Sauer-Danfoss Company. 2017. 32.

4. Linde Hydraulics [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: www.linde-hvdraulics.com (дата обращения: 18.03.19).

5. Kamel A. Elshorbagy, Hamdy Kandil, Mina R. Latif. Development of a multi-functional hydraulic test stand. // Journal of Scientific and Engineering Re-search. 2018. N5 (1). 123-132.

6. Земсков А.М. Технология повышения долговечности объемного гид-роприводa: на примере ГСТ-112: дис. … канд. техн. наук. Саранск. 2014. 295 с.

7. Пьянзов С.В. Ионов П.А., Величко С.А., Земсков А.М. Устройство для оценки технического состояния объемного гидропривода // Пермский аг-рарный вестник. 2018. N2 (22). С. 15-22.

8. Гринчар Н.Г., Зайцева Н.А. Основы гидропривода машин. М.: Учеб-но-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте. 2016. Ч. 1. 442 с.

9. Гринчар Н.Г., Зайцева Н.А. Основы гидропривода машин. М.: Учеб-но-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте. 2016. Ч. 2. 565 с.

10. Кувайцев В.Н., Ларюшин Н.П. Гидрооборудование зерноубороч-ных комбайнов «ACROS». Пенза: ПГСХА. 2014. 187 с.

11. Маслов Н.А. Создание стенда для послеремонтных испытаний гид-ромоторов дорожных, строительных и подъемно-транспортных машин: дис. … канд. техн. наук. Новосибирск. 2006. 128 с.

12. Патент 187833 РФ № 2018137976 Устройство для оценки техниче-ского состояния объемных гидроприводов; заявл. 29.10.18; опубл. 19.03.19. Бюл. № 8. 8 с.

References

1. Hydraulic equipment catalogue. Ekaterinburg: OJSC «Pnevmostrojmashi-na». 2017. 52.

2. Technical information axial piston pumps series 90. Germany: Sauer-Danfoss Company. 2016. 91.

3. Technical information axial piston motors series 90. Germany: Sauer-Danfoss Company. 2017. 32.

4. Linde Hydraulics [Electronic source]. Available at: URL: www.linde-hvdraulics. com (access date: 18.03.19).

5. Kamel A. Elshorbagy, Hamdy Kandil, Mina R. Latif. Development of a multi-functional hydraulic test stand. Journal of Scientific and Engineering Re-search. 2018. N5 (1). 123-132.

6. Zemskov A.M. Technology to increase the durability o f the volume hy-draulic drive: as exemplified by GST-112: dissertation Candidate of Technical Sci-ences. Saransk. 2014. 295.

7. Pyanzov S.V., Ionov P.A., Velichko S.A., Zemskov A.M. The device for assessing the technical condition of hydraulic gear. Permskii Agramyi Vestnik. 2018. N2 (22). 15-22.

8. Grinchar N.G., Zaitseva N.A. Basics of hydraulic drive machine. Moscow: Educational and methodical center for education at the railway transport. 2016. Part 1. 442.

9. Grinchar N.G., Zaitseva N.A. Basics of hydraulic drive machine. Mos-cow: Educational and methodical center for education at the railway transport. 2016. Part 2. 565.

10. Kuvaytsev V.N., Larushin N.P. Hydraulic equipment combine harvester «ACROS». Penza: PGSA. 2014. 187.

11. Maslov N.A. Creation of stand for post-repair testing of hydraulic mo-tors of road, construction and lift-and-carry machines: dissertation Candidate of Technical Sciences. Novosibirsk. 2006. 128.

12. Pat. 187833 Russian Federation N 2018137976. The device for as-sessing the technical condition of hydrostatic transmission; declare 29.10.18; publ. 19.03.19. Byul. N8. 8.

УДК 631.3

СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ОТХОДОВ – ВАЖНЫЙ ШАГ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ И ЭКОЛОГИИ

Владимир Ильич Игнатов, доктор технических наук,
главный специалист, e-mail: rosagroserv@list.ru;
Валерий Сергеевич Герасимов, ведущий специалист;
Сергей Анатольевич Буряков, старший научный сотрудник
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,
Москва, Российская Федерация

Реферат. *В статье раскрыты основные направления работ, проводимых в течение последних лет в Федеральном научном агроинженерном центре ВИМ, касающиеся формирования ресурсосберегающей и экологоориентированной системы утилизации выведенной из эксплуатации техники. (Цель исследования) Оценить варианты решения проблемы утилизации отходов производства и потребления в отраслях народного хозяйства, включая агропромышленный комплекс. (Материалы и методы). Выявили основные задачи, которые необходимо решить в первую очередь: устранение несовершенства законодательной базы; предложение эффективного варианта системы раздельного сбора отходов; разработка концепции формирования действенного механизма решения проблемы с отходами с учетом российских особенностей. (Результаты и обсуждение) Проанализировали различные виды отходов и определили, что наибольшей материалоемкостью обладает выведенная из эксплуатации техника. Разработали методологию создания системы утилизации сельскохозяйственной техники. Обосновали необходимость создания сервисных предприятий нового типа, в обязанности которых войдет как техническое сопровождение техники, так и утилизация отходов, возникающих в процессе эксплуатации техники и в процессе утилизации после вывода ее из эксплуатации. При проведении утилизации на этих предприятиях будет обеспечиваться раздельный сбор компонентов отходов. (Выводы) Важнейшее направление формирования механизма решения проблемы утилизации отходов – разработка отраслевых систем утилизации выведенной из эксплуатации техники, которая позволяет вернуть в повторное использование до 95 процентов компонентов, входящих в эту технику. В ВИМ разработана методология создания такой системы для утилизации сельхозтехники; предложена концепция единой системы утилизации отходов различных видов.*

Ключевые слова: *стратегия развития, утилизация отходов, компоненты, жизненный цикл продукции, рециклинг, ресурсосбережение, экология, техника, промышленность, понятийный аппарат.*

Для цитирования: *Игнатов В.И., Герасимов В.С., Буряков С.А. Стратегия развития промышленности отходов – важный шаг к решению задач ресурсосбережения и экологии // Технический сервис машин. 2019. N3(136). С. 58-67.*

THE STRATEGY FOR THE DEVELOPMENT OF INDUSTRY WASTE IS AN IMPORTANT STEP TO THE SOLUTION OF PROBLEMS OF RESOURCE SAVING AND ECOLOGY

Vladimir I. Ignatov, Dr.Sc(Eng.), chief research engineer,
e-mail: rosagroserv@list.ru;
Valery S. Gerasimov, leading specialist;
Sergey A. Buryakov, senior researcher associate
Federal Scientific Agroengineering Center VIM,
Moscow, Russian Federation

Abstract. *The article reveals the main directions of work carried out in recent years in the Federal scientific Agroengineering center of VIM, concerning the formation of resource-saving and environmentally oriented system of disposal of decommissioned equipment. (Research purpose) to Evaluate options for solving the problem of waste management in the sectors of national economy, including agriculture. (Materials and methods). Identified the main tasks that need to be solved in the first place: the elimination of imperfections in the legislative framework; offer an effective version of the system of separate waste collection; development of the concept of an effective mechanism for solving the problem of waste, taking into account Russian characteristics. (Results and discussion) Analyzed the different types of waste and determined that the most material-intensive equipment is decommissioned. Developed a methodology for creating a system of utilization of agricultural machinery. The necessity of creating a new type of service enterprises, whose duties will include both technical support of equipment and waste disposal arising in the process of operation of equipment and in the process of disposal after its decommissioning. When recycling, these companies will be provided with a separate collection of the waste components. (Conclusions) the most Important direction of the formation of a mechanism for solving the problem of waste disposal is the development of industrial systems for the disposal of decommissioned equipment, which allows to return to reuse up to 95 percent of the components included in this equipment. The VIM has developed a methodology for creating such a system for the utilization of agricultural machinery; the concept of a unified system for the utilization of waste of various types is proposed.*

Keywords: *development strategy, waste management, components, product life cycle, recycling, resource saving, ecology, engineering, industry, conceptual apparatus.*

For citation: *Ignatov V.I., Gerasimov V.S., Buryakov S.A. The strategy for the development of industry waste is an important step to the solution of problems of resource saving and ecology. Tekhnicheskiy servis mashin. 2019. N3(136). 58-67.*

Введение. Смягчить кризисные экономические процессы, происходящие в большинстве стран мира, может многократное использование невосполнимых ресурсов и форсированное развитие рециклинга отходов. Оборот данной отрасли в мире составляет более 500 млрд долларов, в ней работает более 100 млн человек, и это только начало ее развития.

В странах-лидерах за несколько десятков лет сформирована комплексная система утилизации всех видов отходов, в том числе твердых комму-

нальных отходов (ТКО), а также выведенной из эксплуатации техники (ВЭТ). Подобное стало возможно за счет создания соответствующей нормативно-правовой базы и контроля над ее неукоснительным соблюдением на всех этапах жизненного цикла ресурсов (продукции, товаров), включая утилизацию отходов, образующихся на этих этапах.

Положительным трендом проводимых Правительством России работ в области обращения с отходами можно считать разработку «Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года», утвержденную Правительством России 25.01.2018 г. (№ 84-р).

Но, как отмечают сами разработчики этой Стратегии, Россия пока не готова к созданию эффективной системы утилизации отходов. Основными причинами такого положения является несовершенство нормативной правовой базы, в том числе понятийного аппарата в области обращения с отходами, и отсутствие организованной эффективной системы раздельного сбора отходов. По нашему мнению, еще более острой проблемой является отсутствие в России обоснованной концепции формирования эффективного механизма решения проблемы с отходами, базирующегося на российских реалиях, которые существенно отличаются от зарубежных.

Над решением этих задач работают в течение последних лет в Федеральном научном агроинженерном центре ВИМ.

Цель исследования – оценить варианты решения проблемы утилизации отходов производства и потребления в отраслях народного хозяйства, включая агропромышленный комплекс.

Материалы и методы. Потребности мирового сообщества в продукции машиностроения увеличиваются стремительными темпами, в разы обгоняя рост населения планеты (рис. 1). Это повышает интенсивность разработки месторождений природных ресурсов. За последние 100 лет человечеством добыто из недр земли столько же невозобновляемых ресурсов, сколько за всю предыдущую историю [1]. Многие действующие месторождения природных ископаемых сегодня находятся на пороге истощения.

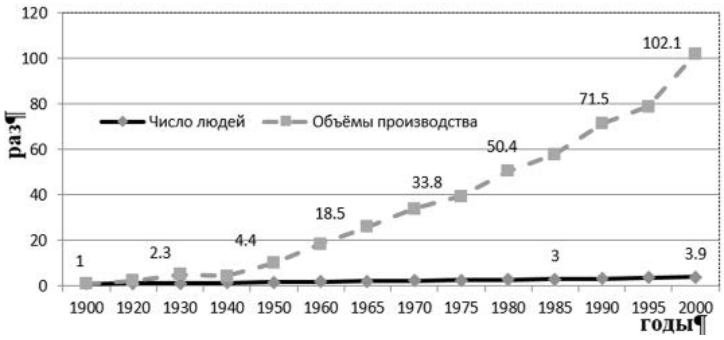


Рис. 1. Сравнительные характеристики роста мировых объемов производства продукции машиностроения и народонаселения в период с 1900-2000 гг.

Основными вариантами сохранения невосполнимых природных ресурсов служат:

1) замена продукции, получаемой из природных, невосполнимых ресурсов, на восполняемые ресурсы: например, использование вместо бензина, получаемого из нефти, биотоплива, получаемого из возобновляемых ресур-

сов – растительного или животного сырья, из продуктов жизнедеятельности организмов, органических отходов;

2) повторное использование полезных компонентов отходов, образующихся на различных этапах жизненного цикла ресурсов (жизненного цикла продукции) в качестве вторичного сырья.

Наиболее оптимальным в настоящее время считается второй вариант, который применяется в том или ином варианте несколько столетий. Но особый интерес в странах мирового сообщества к переработке отходов производства и потребления, в том числе и в России, возник во второй половине 40-х годов прошлого столетия и интенсивно реализуется в последние годы на фоне резкого увеличения объемов их образования. Этот тренд типичен и для России. Только в 2005 г. в стране произведено отходов порядка 3,0 млрд т, в 2010 г. – около 3,7 млрд т, в 2015 г. – 5,06 млрд т, то есть за 10 лет этот показатель вырос на 69% [2, 3]. Аналогичные показатели и в других странах. При этом Россия существенно отстает в разработке и применении технологий использования отходов. Если страны-лидеры возвращают в повторное использование 90-95% полезных компонентов отходов, то в России – в десять раз меньше, около 8-10%. Наиболее отходообразующей отраслью является добыча полезных ископаемых (рис. 2). По данным Минприроды России, более половины этих отходов (54%) приходится на добычу топливно-энергетических полезных ископаемых (в основном предприятиями угольной промышленности), 17% – на цветную металлургию, 16 – на черную, 12% – на другие отрасли, включая ЖКХ [4]. При этом ТКО составляют около 2% всех отходов.

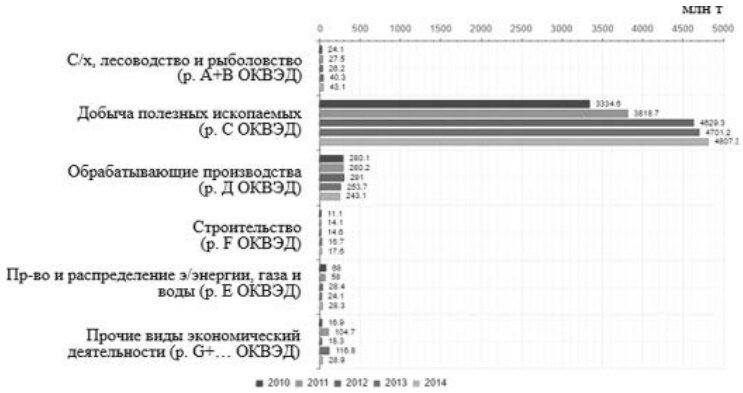


Рис. 2. Объемы образования отходов

Правительство России, озабоченное таким положением, принимает определенные меры для решения проблемы с отходами.

Два года (2013 – Год охраны окружающей среды и 2017 – Год экологии), в течение которых в стране наиболее активно решались экологические проблемы, по мнению аналитиков, существенного эффекта не принесли.

В настоящее время общественность России возлагает большие надежды на новую инициативу Правительства, которое сделало важный шаг на пути практической реализации в стране принципов ресурсосбережение и сохранения экологии путем утилизации отходов. Эти надежды связаны с утвержденной в январе 2018 г. Стратегией развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года.

Анализ Стратегии показывает, что Россия пока не готова к созданию эффективной системы утилизации отходов. Основными причинами такого положения являются:

- несовершенство нормативно-правовой базы, в том числе понятийного аппарата в области обращения с отходами;
- отсутствие организованной эффективной системы раздельного сбора отходов;
- отсутствие в России обоснованной концепции формирования эффективного механизма решения проблемы с отходами, базирующегося на российских реалиях, которые существенно отличаются от зарубежных.

Обращает на себя внимание акцент в Стратегии на твердые коммунальные отходы (ТКО), хотя, по данным статистики, этот вид отходов составляет около 2% от общего объема образуемых отходов. При этом следует отметить, что ТКО – это не что иное, как конгломерат отходов, которые не были утилизированы на соответствующих этапах жизненных циклов материальных ресурсов или продукции. Однако имеются другие виды отходов, материалоемкость которых в разы больше, а их негативное влияние не меньше, чем ТКО. Особенно это касается техники, которая используются во всех без исключения отраслях промышленности. В ее производство вкладывается значительная часть ресурсов, добываемых из различных источников. После выведения из эксплуатации, техника обладает высоким сырьевым потенциалом, который может доходить до 90-95% [5]. До 40% полезных компонентов от исходной массы ВЭТ могут применяться в сфере ее использования для ремонта аналогичных машин.

Результаты и обсуждение. В своих исследованиях сотрудники ВИМ выдвинули и теоретически доказали научные гипотезы о том, что:

- утилизация отходов является добывающей отраслью промышленности рециклинга отходов, основная задача которой – извлечение из отходов полезных компонентов;
- работы по утилизации отходов ограничиваются извлечением из образовавшихся отходов полезных компонентов [6].

Эти доказательства, представленные ВИМ в аналитической записке в Минпромторг России (письмо № 28 от 12.01.2017), послужили поводом для внесения поправки в п. 1 ст. 24.2 закона «Об отходах производства и потребления», касающейся уровня ответственности производителя товаров за их утилизацию после окончания сроков их службы [7, 8]. Если в редакции закона [8] от 29.12.2014 г. производители товаров должны проводить «утилизацию отходов от использования товаров», то теперь, в редакции от 31.12.17, это обременение ограничивается выполнением «норм утилизации». Однако в законе [8] и других нормативно-законодательных документах имеется еще целый ряд несоответствий, которые требуют устранения.

Значительные работы в ВИМ проведены для создания эффективной системы раздельного сбора отходов от выведенной из эксплуатации техники (ВЭТ). Мы исходили из того, что для выполнения производителями техники норм утилизации необходимо выделить из ВЭТ полезные компоненты, рассортировать их по видам и определить их массу (объем). Такого рода работы должны проводиться на специализированных предприятиях. С учетом того, что в гарантийные обязательства производителей входит техническое сопровождение реализованной техники, нами было предложено включить утилизацию ВЭТ в перечень гарантийных обязательств.

Это позволит создать сервисные предприятия нового уклада, в обязанности которых войдет как техническое сопровождение техники, так и утилизация отходов, возникающих в процессе эксплуатации техники и в процессе утилизации после вывода ее из эксплуатации. При проведении утилизации на этих предприятиях будет обеспечиваться раздельный сбор компонентов отходов. Наиболее оптимальным вариантов станет объединение таких сервисных предприятий, функционирующих в конкретной отрасли, в единую систему, то есть в отраслевую систему утилизации конкретного вида техники (рис. 3) [9].

Целесообразность данного объединения диктуется возможностью использовать практически готовую инфраструктуру инженерной сферы, которая имеется в каждой отрасли промышленности. Эти предприятия имеют определенный интеллектуальный потенциал и технико-технологическое оснащение, позволяющее выполнять весь комплекс работ по техническому сопровождению техники с момента реализации ее потребителю и до окончания утилизации ВЭТ.

Работами сотрудников ВИМ также доказана возможность тиражирования методологии и технологических решений для создания отраслевых систем утилизации других видов техники [10]. Взаимодействие отраслевых систем утилизации различных видов техники и других отходов (рис. 4) позволит сформировать Единую систему утилизации отходов и обеспечить перерабатывающие предприятия максимально возможными объемами вторичного сырья [11].

Рис. 3. Структура отраслевой системы утилизации сельхозтехники

Эффективность разработки и реализации отраслевых систем была доказана нами на примере создания такой концепции для сельскохозяйственной техники. Мы провели математическое моделирование процесса формирования отраслевой системы утилизации сельскохозяйственной техники (подсистемы I уровня), определили затраты на создание и экономический эффект от ее функционирования для двух вариантов использования компонентов ВЭС (таблице).

Из таблицы видно, что даже при реализации компонентов ВЭТ без селекции (без отделения при утилизации компонентов ВЭТ, годных без ремонта или после их восстановления) утилизационные предприятия будут получать прибыль около 1,8 рублей на рубль вложенных средств. При втором варианте этот показатель может достигнуть величины 2,8 рубля.

Рис. 4. Структура Единой системы утилизации отходов

Функционирование комплекса отраслевых систем обеспечит формирование подсистемы I уровня, которая будет решать задачи утилизации отходов различных видов, в том числе ТКО. Эта подсистема обеспечит предприятиям подсистем II и III уровней исходным сырьем (рис. 5).

Таблица

Результаты расчетов доходов и расходов на создание подсистемы I уровня для утилизации сельхозтехники

Параметр		Годы становления подсистемы утилизации			
		1-й	2-й	3-й	4-й и пр.
Расходы на создание, млн. руб.		*2977,86*	*3555,7*	*4069,5*	*2640,3*
Доходы – Вариант 1	млн. руб.	*3359.2*	*4849.7*	*5914.6*	*5914.6*
	части	*1.0*	*1.4*	*1.8*	*1.8*
Доходы – Вариант 2	млн. руб.	*7189.4*	*13114.1*	*16935.6*	*16935.6*
	части	*1.0*	*1.8*	*2.4*	*2.4*
вариант 1 – реализация компонентов ВЭСХТ без селекции; вариант 2 – реализация компонентов ВЭСХТ с использованием селекции компонентов					

Подсистемы II и III уровней (осуществляющие переработку и использования компонентов отходов для производства продукции) в России достаточно эффективно функционируют. А вот инфраструктура предприятий подсистемы I уровня, которые решают задачу извлечения полезных компо-

нентов из отходов различных видов, в том числе ВЭТ и ТКО, требует разработки и реализации.

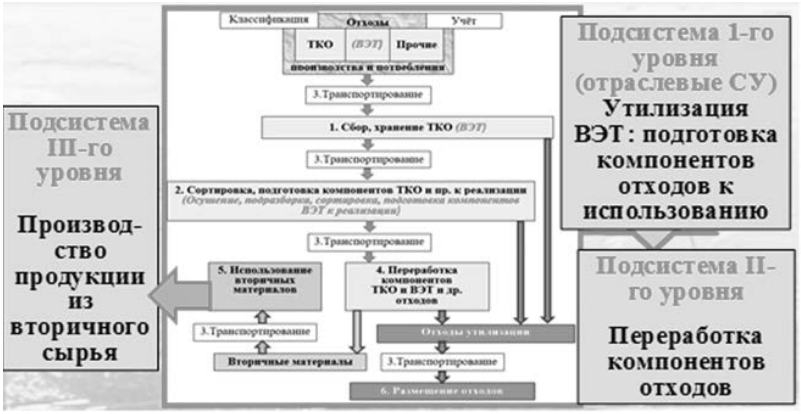


Рис. 5. Структура системы рециклинга техники

Создание отраслевых систем утилизации отходов, и в первую очередь ВЭТ, необходимо считать приоритетным направлением для эффективного функционирования промышленности по обработке, утилизации и обезвреживания отходов производства и потребления. Реализация этого направления позволит обеспечить проведение утилизации самой материалоемкой продукции, обеспечить подсистемы II и III уровней вторичным сырьем и решить задачи, рассмотренные выше.

Применение информационных технологий позволит создать единое информационное пространство, в котором заинтересованы не только предприятия подсистем всех уровней, но и народное хозяйство страны в целом.

Коммуникационно-информационные технологии обеспечат переработчиков полезных компонентов отходов информацией о нахождении и объемах накопленных компонентов. Это позволит создать эффективный механизм решения проблемы утилизации отходов, о необходимости которого не раз говорил президент России В.В. Путин, а также оптимальную логистическую систему, которая обеспечит снижение расходов на логистику между подсистемами, а также выведет из тени деятельность по утилизации отходов и увеличит эффективность этой деятельности.

В настоящее время ВИМ совместно с Научно-исследовательским институтом «Центр экологической промышленной политики» и другими заинтересованными организациями и научными учреждениями ведет работы по формированию и реализации в России разработок, касающихся создания промышленности рециклинга отходов.

Выводы. В результате проведенных исследований были сделаны следующие выводы:

– в настоящее время Россия существенно отстает от стран-лидеров в решении проблемы утилизации отходов производства и потребления и, несмотря на утверждение Стратегии, наша страна может создать эффективную систему их утилизации только после решения трех основных задач, озвученных в работе. Одной из причин являются несоответствия в законодательной базе;

– одним из важнейших направлений формирования механизма решения проблемы утилизации отходов является разработка отраслевых систем ути-

лизации выведенной из эксплуатации техники, которая позволяет вернуть в повторное использование до 95% компонентов, входящих в эту технику. В ВИМ разработана методология создания такой системы для утилизации сельхозтехники;

– результаты моделирования процесса функционирования системы утилизации выведенной из эксплуатации сельхозтехники показали, что утилизационные предприятия будут получать от 1,8 до 2,4 рублей на рубль вложенных средств;

– методология и технологические решения, используемые при создании Системы утилизации сельхозтехники, могут быть тиражированы на другие виды техники;

– комплекс отраслевых систем, осуществляющих утилизацию различных видов техники, позволят создать Единую систему утилизации отходов различных видов, которая обеспечит максимально возможное ресурсосбережение и не только обеспечит различные виды промышленности вторичными ресурсами, но и даст возможность сократить добычу полезных ископаемых.

Библиографический список

1. Мировая экономика: глобальные тенденции за 100 лет. М.: Юристъ. 2003.604 с.

2. Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 25.2018 г. № 84-р. [Электронный ресурс]: https://government.consultant.ru/documents/3723547. Дата обращения – 10.04.2018.

3. Отходы в России: мусор или ценный ресурс? Сценарии развития сектора обращения с твердыми коммунальными отходами. Итоговый отчет. [Электронный ресурс]:http://gov.cap.ru/UserFiles/orgs/GrvId_63/ifc_waste_in_russia_report.pdf. Дата обращения: 10.04.2018.

4. Государственная программа РФ «Охрана окружающей среды на 2012-2020 годы». – С. 8. [Электронный ресурс]: http://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/81d/gosprogramma%202012_2020.pdf. Дата обращения: 10.04.2018.

5. Игнатов В.И., Еремеев Н.С. Теоретическое обоснования границ целесообразности утилизации машины // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. Краснодар: КубГАУ. 2016. N8(122). С. 318-337. Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2016/08/pdf/23.pdf. Дата обращения: 12.04.2018.

6. Соловьев С.А, Федоренко В.Ф., Игнатов В.И. Герасимов В.С., Макуев В.А, Голубев И.Г. Утилизация сельскохозяйственной техники проблемы и решения. М.: Росинформагротех. 2015. 172 с.

7. Герасимов В.С., Соловьев Р.Ю., Игнатов, В.И. Буряков С.А. Состояние законодательной базы и организационные вопросы в создании системы утилизации техники // Труды ГОСНИТИ. 2016. Т. 124 (ч. 1). С. 56-61.

8. Федеральный закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ (ред. от 31.12.2017) «Об отходах производства и потребления» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2018). [Электронный ресурс]: http://legalacts.ru/doc/FZ-ob-othodah-proizvodstva-i-potreblenija/. Дата обращения: 12.04.2018.

9. Игнатов В.И. Новая концепция формирования системы утилизации техники // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. Краснодар: КубГАУ. 2016. N7(121). С. 1065-1080. IDA [article ID]:

1211607066. Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2016/07/pdf/66.pdf Дата обращения: 14.04.2018.

10. Артюх Н.В., Игнатов В.И., Герасимов В.С., Соловьев С.А. Утилизационный сбор на самоходную технику: величина и идентификационная характеристика // Труды ГОСНИТИ. 2015. Т. 121. С. 16-21.

11. Игнатов В.И. Методология и технологические решения для проведения рециклинга машин и агрегатов в АПК: автореф. дис. на соискание ученой степени доктора технических наук. М. 2017. 40 с.

References

1. World economy: global trends for 100 years. Moscow: Yurist. 2003. 604.

2. Industry development strategy for processing, recycling and disposal of waste products and consumption for the period up to 2030. Approved by the decree of the RF Government dated 25.2018, No. 84-a R. [Electronic resources]: https://government.consultant.ru/documents/3723547. Date of circulation 10.04.2018

3. Waste in Russia: trash or valuable resource? Scenarios for the development of the solid municipal waste management sector. Final report. [Electronic resource]:

http://gov.cap.ru/UserFiles/orgs/GrvId_63/ifc_waste_in_russia_report.pdf

Date of circulation 10.04.2018.

4. State program of the Russian Federation «environmental Protection for 2012-2020».– P.8. [Electronic resources]: http://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/81d/gosprogramma 202012_2020.pdf. Date of circulation 10.04.2018.

5. Ignatov V.I., Eremeev N.S. Theoretical study of the boundaries of the feasibility of recycling machine. Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban state agrarian University (the Scientific magazine of Kubsau) [Electronic resource]. Krasnodar: KubGAU. 2016. N8(122). 318-337. Access mode: http://ej.kubagro.ru/2016/08/pdf/23.pdf. Date of circulation. 12. 04. 2018.

6. Soloviev S.A, Fedorenko V. F., Ignatov V. I., Gerasimov V. S., Makuev V. A., Golubev I. G. Utilization of agricultural machinery, problems and solutions. Moscow: Rosinformagrotekh, 2015. 172.

7. Gerasimov V.S., Solovyev R. Yu., Ignatov V.I., Buryakov S.A. Status of the legal framework and organizational issues in the implementation of the utilization system technicia. Proceedings of GOSNITI. 2016. Vol. 124 (Part 1). 56-61.

8. Federal law No. 89-FZ of 24.06.1998 (as amended on 31.12.2017) «On production and consumption wastes» (Rev. and extra. in force with 01.01.2018). [Electronic resource]: http://legalacts.ru/doc/FZ-ob-othodah-proizvodstva-i-potreblenija. Date of circulation 12.04.2018

9. Ignatov V.I. The new concept of the formation of the system of utilization of technology. Polythematic networked electronic scientific journal of Kuban state agrarian University (Journal Kubgau) [Electronic resource]. Krasnodar: KubGAU. 2016. N7(121). 1065-1080. IDA [article ID]: 1211607066. Mode of access: http://ej.kubagro.ru/2016/07/pdf/66.pdf date of circulation 14.04.2018

10. Artyukh N.V., Ignatov V.I., Gerasimov V.S., Soloviev S.A. Recycling for automotive equipment: value and identification characteristics. Proceedings of GOSNITI. 2015. Vol. 121. 16-21.

11. Ignatov V.I. Methodology and technological solutions for recycling machines and units in agriculture. Thesis for the degree of doctor of technical sciences. Moscow. 2017. 40.

УДК 631.3.02

ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Алексей Сергеевич Свиридов, младший научный сотрудник,
e-mail: sviridef4@yandex.ru;
Константин Александрович Краснящих, кандидат технических наук
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,
Москва, Российская Федерация

Реферат. *Проблема оптимизации сложных конструкций с целью уменьшения себестоимости за счет сокращения технологических издержек и расхода дорогостоящего материала при достижении наилучших прочностных характеристик деталей является актуальной для большинства отраслей современной промышленности, в том числе и для агропромышленного комплекса. (Цель исследования) Провести топологическую оптимизацию рычага сельскохозяйственной машины со снижением его массы при обеспечении заданной прочности и жесткости и сохранением габаритных размеров. (Материалы и методы) Осуществили создание твердотельной модели кронштейна сельскохозяйственной машины и его топологическую оптимизацию в системе автоматизированного проектирования САПР Компас-3D. Отметили, что ключевой особенностью продукта является использование собственного математического ядра C3D и параметрических технологий. Задачей исследования стало опре-деление возможности снижения массы детали при обеспечении заданной прочности и жесткости, а также с сохранением габаритных размеров. (Результаты и обсуждение) Получили конечно-элементную модель пространства оптимизации, которая содержит 7407 конечных элементов и 4351 узлов. Выявили, что массу конечного изделия при использовании алгоритма топологиче-ской оптимизации можно сократить на 40 процентов с обеспечением заданной прочности и жесткости. (Выводы) В результате топологической оптимизации была получена конструкция рычага, которую достаточно сложно было бы спроектировать, используя только интуицию и опыт конструктора.*

Ключевые слова: *топологическая оптимизация, САПР-система Компас-3D, твердотельная модель, аддитивные технологии, облегченная деталь.*

Для цитирования: *Свиридов А.С., Краснящих К.А. Топологическая оптимизация деталей сельскохозяйственной техники // Технический сервис машин. 2019. N3(136). С. 68-72.*

TOPOLOGICAL OPTIMIZATION OF DETAILS AGRICULTURAL MACHINERY

Alexey S. Sviridov, junior researcher, e-mail: sviridef4@yandex.ru;
Konstantin A. Krasnyaschykh, Ph.D.(Eng.)
Federal Scientific Agro-Engineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The problem of optimization of difficult designs for the purpose of reduction of prime cost due to reduction of technological expenses and a consump-*

tion of expensive material at achievement of the best strength characteristics of details is relevant for most the branches of the modern industry including for an agro-industrial complex. (Purpose of research) To Perform topological optimization of the lever of the farm vehicle with decrease in its weight when ensuring the set du-rability and rigidity and preservation of overall dimensions. (Materials and meth-ods) Carried out creation of solid-state model of an arm of the farm vehicle and its topological optimization in the computer-aided engineering system CAD Compass-3D. Noted that key feature of a product is use of own mathematical kernel of C3D and parametrical technologies. Definition of a possibility of decrease in mass of a detail when ensuring the set durability and rigidity and also with preservation of overall dimensions became a research problem. (Results and discussion) Received final and element model of space of optimization which contains 7407 final ele-ments and 4351 knots. Revealed that the mass of a final product when using an al-gorithm of topological optimization can be reduced by 40 percent with ensuring the set durability and rigidity. (Conclusions) As a result of topological optimization the lever design which would be rather difficult to be designed was received, using on-ly an intuition and experience of the designer.

Keywords: *topological optimization, the Compass-3D CAD system, solid-state model, additive technologies, the facilitated detail.*

For citation: *Sviridov A.S., Krasnyashchikh K.A. Topological optimization of details agricultural machinery. Tekhnicheskiy servis mashin. 2019. N3(136). 68-72.*

Введение. Проблема оптимизации сложных конструкций с целью уменьшения себестоимости за счет сокращения технологических издержек и расхода дорогостоящего материала при достижении наилучших прочностных характеристик деталей является актуальной для большинства отраслей современной промышленности, в том числе и для агропромышленного комплекса. Данную проблему можно решить за счет рационального распределения материала в теле детали, то есть топологической оптимизации, что особенно актуально для деталей, подвергающихся высоким нагрузкам, к которым предъявляются жесткие ограничения по массе (рамы, корпусные изделия и элементы рычажных систем). Такие детали составляют значительную часть массы практически любой сельскохозяйственной машины.

Для топологической оптимизации детали на этапе ее проектирования или модернизации применяют специализированные модули конечно-элементного проектирования для САПР. Российская САПР-система Компас-3D V18 содержит в своем составе модуль APM FEM, который имеет возможность топологической оптимизации.

Топологическая оптимизация предполагает два основных подхода к проектированию изделий:

• синтез силовых систем (применяется при отсутствии проработанного облика будущего изделия);

• оптимизация существующих конструкций (применяется при модерниза-ции ранее разработанного изделия с целью снижения массы при достижении наибольшей прочности).

Для топологической оптимизации нового изделия определяют целевую функцию (минимизация жесткости или минимизация массы) и критерий, а также указывают требуемые ограничения по объему, напряжениям, мини-

мальной/максимальной толщине стенок. Алгоритм расчета при топологической оптимизации схож с конечно-элементным анализом твердотельной модели, за исключением того, что в качестве дополнительных исходных параметров по условиям конструктивных и технологический ограничений задаются места расположения материала.

Топологическая оптимизация позволяет осуществить снижение массы будущего изделия на 30-40% без снижения прочности и жесткости. При применении аддитивных технологий для создания нового изделия можно добиться снижения массы до 50-70%. Также топологическая оптимизация позволяет произвести расчет повышения жесткости и прочности, по итогам которого данный показатели могут быть увлечены в 2-5 раза без повышения массы изделия.

Цель исследования – провести топологическую оптимизацию рычага сельскохозяйственной машины со снижением его массы при обеспечении за-данной прочности и жесткости и сохранением габаритных размеров.

Материалы и методы. Компас-3D – это система автоматизированного проектирования с мощными функциональными возможностями твердотельного и поверхностного моделирования.

Ключевой особенностью продукта является использование собственного математического ядра C3D и парамет-рических технологий [1]. Создание твердотельной модели кронштейна сельскохозяйственной машины и его топологическая оптимизации была осуществлена в САПР Компас-3D [2]. Задачей исследования являлось определение возможности снижения массы детали при обеспечении заданной прочности и жесткости, а также с со-хранением габаритных размеров.

Решение данной задачи осуществлялось по алгоритму топологической оптимизации, представленной на рисунке 1 [3].

Рис. 1. Алгоритм топологической оптимизации

Расчет выполнялся в специализированном модуле конечного-элементного анализа APM FEM.

Результаты и обсуждение. Получили конечно-элементную модель пространства оптимизации, которая содержит 7407 конечных элементов и 4351 узлов [4].

В результате массу конечного изделия при использовании алгоритма топологической оптимизации можно сократить на 40% с обеспечением заданной прочности и жесткости (рис. 2).

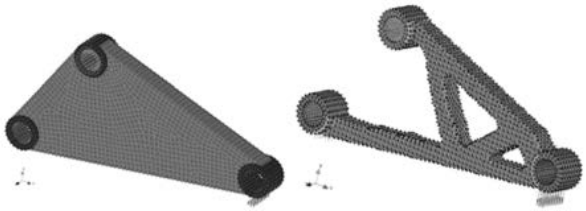


Рис. 2. Сокращение массы детали при использовании алгоритма топологической оптимизации

Оптимизация внутренней структуры изделия позволила создать облегченную деталь за счет изменения ее внутреннего монолитного исполнения.

Рис. 3. Расчет прочности и жесткости изделия

Для оптимизированной детали провели расчет прочности и деформации. Результаты расчета представлены на рисунке 3. Из рисунка видно, что максимальное напряжение в детали составило 14,61 МПа. Все полученные показатели соответствуют требуемым значениям, приведенным в нормативно-технической документации на изделие.

Выводы. В результате топологической оптимизации получили конструкцию рычага, которую достаточно сложно было бы спроектировать, используя только интуицию и опыт конструктора.

Использование большого количества параметров (а в топологической оптимизации их столько же, сколько конечных элементов) позволяет получить результат, который крайне сложно достичь, основываясь только на по-нимании физической сути явления.

Библиографический список

1. *Дорохов А.С., Чепурина Е.Л., Катаев Ю.В., Краснящих К.А., Вялых Г.М. Выполнение чертежей с использованием системы «Компас-3D» М.: РГАУ-МСХА. 2016. 76 с.*

2. Вдовин Д.С., Котиев Г.О. Топологическая оптимизация рычага под-вески грузового автомобиля // Тракторы и сельхозмашины. 2014. N3. С. 20-23.

3. Болдырев А.В. Топологическая оптимизация силовых конструкций с учетом требований жесткости и устойчивости // Проблемы опти-мального проектирования сооружений: сборник. Новосибирск: Но-восибирский государственный архитектурно-строительный универ-ситет. 2014. С. 56-63.

4. Максимов П.В., Фетисов К.В. Анализ методов доработки конечно-элементной модели после топологической оптимизации // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. N9-2 (51). С. 58-60.

References

1. Dorokhov A.S., Chepurina E.L., Katayev Yu.V., Krasnyashchikh K.A., Sluggish G.M. Implementation of drawings with use of the Compass-3D system. Moscow: RGAU-MSHA. 2016. 76.

2. Vdovin D.S., Kotiev G. O. Topological optimization of the lever of a pendant of the truck. Tractors and agricultural machinery. 2014. N3. 20-23.

3. Boldyrev A.V. Topological optimization of power designs taking into account requirements of rigidity and stability. Problems of optimum de-sign of constructions: collection. Novosibirsk: Novosibirsk state architec-tural and construction university. 2014. 56-63.

4. Maximov P.V., Fetisov K.V. The analysis of methods of completion of final and element model after topological optimization. International re-search magazine. 2016. N9-2 (51). 58-60.

УДК 631.173

ОСНОВЫ МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА

Екатерина Леонидовна Чепурина, кандидат технических наук, доцент кафедры, e-mail: ekaterina-chepurina@rambler.ru;
Дарья Леонидовна Севостьянова, магистрант
Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Российская Федерация

Реферат. *Улучшение эффективности деятельности инженерно-технических служб по обеспечению производственных процессов в животноводстве является сложной и актуальной задачей в современных условиях функционирования агропредприятий, фирм и холдингов. Оно диктуется необходимостью повышения уровня исправности машин и оборудования животноводства и снижения затрат на его техническое обслуживание и ремонт. (Цель исследования) Обеспечение требуемого уровня исправности машин и оборудования животноводства на основе рациональной организации деятельности инженерно-технической службы хозяйства. (Материалы и методы) Использовали при проведении исследований информацию о состоянии надежности машин и оборудования животноводства, методах и средствах организации технического сервиса, затратах на их содержание. Применили в качестве основных методов исследования монографический и статистический, анализа и сравнительных оценок, логический и абстрактно-логический. (Результаты и обсуждение) Установили, что проектирование рациональной организации ИТС обеспечивает оптимальное планирование потребности в ТО и ремонте, в материально-технических ресурсах на инженерно-техническое обеспечение исправности технологических машин и оборудования животноводства и их эффективное использование. Выявили, что полученные расчетные мощности системы технического сервиса машин и оборудования животноводства оцениваются по технологическим возможностям, сопоставляются с имеющимися мощностями и на этом основании делается заключение о необходимости строительства или реконструкции объектов или наоборот, увеличения загрузки имеющихся производственных мощностей дополнительными объемами работ. (Выводы) Служба технического сервиса машин и оборудования животноводства агропредприятия должна быть укомплектована квалифицированным персоналом, необходимой ремонтно-технической базой и современными техническими средствами диагностирования, инструментом, чтобы иметь возможность проведения качественного и своевременного обслуживания и гарантировать безотказную работу машин и механизмов в течение требуемой наработки.*

Ключевые слова: *инженерно-техническое обеспечение, работоспособность, техническое обслуживание, устранение неисправностей, эффективность.*

Для цитирования: *Чепурина Е.Л., Севостьянова Д.Л. Основы методики проектирования систем технического сервиса // Технический сервис машин. 2019. N3(136). С. 73-80.*

THE BASIC METHODOLOGY OF SYSTEMS DESIGN TECHNICAL SERVICE

Ekaterina L. Chepurina, Ph.D.(Eng.), associate professor of the department, e-mail: ekaterina-chepurina@rambler.ru;
Daria L. Sevostyanova, master student of the department
Russian state agricultural university – MSHA of K.A. Timiryazev, Moscow, Russian Federation

Abstract. *Improving the efficiency of engineering services to ensure production processes in animal husbandry is a complex and urgent task in modern conditions of functioning of agricultural enterprises, firms and holdings. It is dictated by the need to increase the level of serviceability of machinery and equipment of livestock and reduce the cost of its maintenance and repair. (The purpose of the study) to Ensure the required level of serviceability of machinery and equipment of animal husbandry on the basis of rational organization of the engineering and technical service of the economy. (Materials and methods) Used in the research information on the state of reliability of machinery and equipment of livestock, methods and means of organization of technical service, the cost of their maintenance. Applied as the main methods of research monographic and statistical, analysis and comparative assessments, logical and abstract-logical. (Results and discussion) Found that the design of a rational organization of its provides optimal planning needs for MAINTENANCE and repair, material and technical resources for engineering and technical maintenance of technological machines and equipment of livestock and their effective use. It was found that the obtained design capacity of the system of technical service of machinery and equipment of animal husbandry are evaluated by technological capabilities, compared with the available capacity and on this basis, the conclusion is made about the need for construction or reconstruction of facilities or Vice versa, increasing the load of existing production capacity with additional volumes of work. (Conclusions) the Service of technical service of machines and equipment of animal husbandry of agricultural enterprises should be staffed with qualified personnel, the necessary repair and technical base and modern technical means of diagnosis, tools to be able to carry out quality and timely maintenance and ensure trouble-free operation of machines and mechanisms during the required operating time.*

Keywords: *engineering, operation, maintenance, Troubleshooting, efficiency.*

For citation: *Chepurina E.L., Sevostyanova D.L. The basic methodology of systems design technical service. Tekhnicheskiy servis mashin. 2019. N3(136). 73-80.*

Введение. Система технического сервиса – это совокупность объектов, осуществляющих инженерные воздействия, а также нормативно-технической документации, регламентирующей единство функционирования элементов системы и служб управления техническим сервисом.

Интересы сельских товаропроизводителей при переходе к рынку, а в дальнейшем и в условиях рынка требуют серьезного совершенствования системы технического сервиса. Важным этапом построения этой системы является обоснование производственных программ мастерских по техническому обслуживанию (ТО) и ремонту машин и оборудования, представляющих собой обслуживающие системы. Это позволяет обосновать рациональные

производственно-экономические параметры и производственную структуру, которая формируется по уровням, исходя из специализации входящих в нее отдельных элементов или подсистем [1-3].

Цель исследования – обеспечение требуемого уровня исправности машин и оборудования животноводства на основе рациональной организации деятельности инженерно-технической службы хозяйства.

Материалы и методы. Принципы построения системы технического сервиса следующие: нацеленность на обеспечение комплексной механизации аграрного сектора на уровне мировых достижений при минимальных затратах на производство единицы сельскохозяйственной продукции, разделение государственного и хозяйственного управления, регулирование связей через экономические рычаги, повышение качества выполняемых работ всеми подсистемами, интеграция производителей технических средств системы технического сервиса через фирменный сервис, государственная поддержка товаропроизводителей (через льготное налогообложение), правовая поддержка экономически равноправных взаимоотношений с потребителями услуг, повыше-ние надежности обеспечивающих функций с использованием экономически обоснованного резервирования ресурсов [1-4].

Система технического сервиса включает изучение спроса потребителя, рекламу, своевременную и достоверную информацию о машинах и оборудовании (маркетинг); предпродажную подготовку, доставку, сборку, монтаж и наладку техники; обучение эксплуатационно-ремонтного персонала; своевременное обеспечение потребителей ремонтно-технологическим оборудованием, запасными частями, сменяемыми узлами, агрегатами, инструментом и материалами; прокат техники, проведение технического обслуживания и ремонта, экономическую гарантию качества и надежности новой и отремонтированной техники, ответственность партнеров за выполнение работ и услуг.

Наличие различных предприятий и подразделений позволяет сельским товаропроизводителям обеспечивать работоспособность техники, используя следующие методы организации технического сервиса: собственными силами и средствами, силами и средствами предприятий технического сервиса или комбинированный – работы по техническому сервису выполняются хозяйствами и предприятиями технического сервиса совместно на основе их рационального распределения [6-8].

Распределение видов и объемов работ по техническому сервису между исполнителями различных уровней осуществляется с учетом конкретных производственно-экономических условий:

- количественный и марочный состав парка машин и оборудования, их техническое состояние и условия эксплуатации;
- наличие и состояние ремонтно-технической базы сельскохозяйственных предприятий и предприятий технического сервиса административных районов и регионов;
- обеспеченность надежными средствами связи и асфальтированными дорогами;
- обеспеченность кадрами механизаторов и специалистов по техническому сервису.

Результаты и обсуждение. Структура ремонтно-обслуживающих работ определена Планово-предупредительной системой технического обслуживания и ремонта машин и оборудования в животноводстве. Годовой объем

работ по ТО и ремонту животноводческого оборудования хозяйства и его подразделений определяется на основании выполняемых ими годовых объемов механизированных работ; установленных периодичности на определенный вид обслуживания и нормативной трудоемкости плановых работ; полученных по результатам экспериментальных наблюдений наработок на отказы различных групп сложности и трудоемкости устранения их последствий для неплановых ремонтных работ [5-9].

На основании результатов расчетов по видам и объемам работ установлена следующая структура работ по техническому сервису (рис. 1).

Основную часть объема работ по техническому сервису машин и оборудования животноводства целесообразно выполнять непосредственно на сельскохозяйственных предприятиях. При этом на базе производственных подразделений хозяйств организуют выполнение несложных видов ремонтно-обслуживающих работ (ТО-1, ТО-2, устранение последствий отказов первой и второй групп сложности, хранение и др.) для машин и оборудования животноводства [10-13].

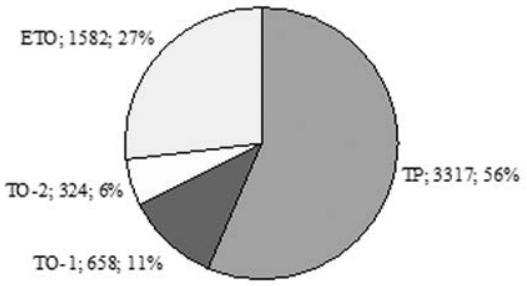


Рис. 1. Структура работ по техническому сервису машин и оборудования

Основная часть работ по устранению эксплуатационных отказов машин и оборудования животноводства должна выполняться в условиях мастерских хозяйств. Мастерские РТБ подразделений хозяйств ориентируются на устранение эксплуатационных отказов I и II групп сложности, используя метод замены изношенных деталей и сборочных единиц новыми или отремонтированными. Это позволяет снизить трудоемкость и стоимость работ и обосновать организацию в мастерской хозяйства специализированных участков по ремонту узлов и агрегатов, восстановлению деталей, обеспечить мастерские РТБ подразделений наиболее простым ремонтно-технологическим оборудованием и оснасткой.

При необходимости выполнения ремонтно-обслуживающих работ непосредственно на местах использования особую значимость приобретают передвижные средства технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники. Передвижные средства технического обслуживания и ремонта машин и оборудования животноводства (МПЖ) предназначены для проведения ТО-1 и ТО-2 и устранения последствий отказов машин I и II групп сложности на местах их работы при температуре воздуха от 5 до 40 ^{0}С. Использование передвижных средств технического обслуживания и ремон-

та представляется целесообразным в условиях животноводческих ферм и комплексов хозяйств, когда они находятся на значительном удалении от мастерской РТБ подразделения. Эти средства целесообразно рассматривать как дополнительное ремонтно-техническое оборудование мастерских хозяйств, позволяющее расширить их зону обслуживания. Количество передвижных средств технического обслуживания и ремонта хозяйств определяется в соответствии с нормами обслуживания.

Потребность в основном станочном оборудовании для ремонта деталей, количество компрессоров и кран-балок определяют расчетным путем. Прочее оборудование, производственный инвентарь, приспособления, стенды для разборки и сборки агрегатов подбирают с учетом создания необходимого комплекта средств для выполнения определенных технологических операций. Количество станков N определяют из условия односменной работы их по формуле:

$$N = \frac{T_y}{\Phi_{об}} \quad ,$$

где $T_у$ – годовая трудоемкость станочных работ, чел.-ч.;

$\Phi_{об}$ – номинальный годовой фонд времени оборудования, ч.

Определение потребности в основном ремонтно-технологическом оборудовании, приспособлениях и ценном инструменте выполнено в соответствии с представленной методикой, полученные результаты расчетов приведены в таблице .

Таблица

Потребность в ремонтно-технологическом оборудовании для ПТОРЖ

Наименование оборудования	Количество оборудования для ПТОРЖ с поголовьем коров, шт./к.			
	200	400	600	800
Комплект оборудования для обслуживания молокопроводов	1	2	3	3
Кран консольно-поворотный КПК-0,5	1	2	2	3
Станок сверлильный 2М112	1	1	1	1
Станок сверлильный 2Н125	1	1	1	2
Пресс ручной гидравлический 5 тс	1	2	2	2
Компрессор с ресивером ЭСТОРИЛ 310	1	1	2	2
Монорельс с электротельфером 3,2 тс	1	1	2	2
Мойка высокого давления HD 855 S Karcher	1	2	2	3
Сварочный трансформатор	1	1	2	2
Стол для электрогазосварочных работ	1	2	3	3
Ацетилено-кислородный комплект	1	2	3	3
Верстак однотумбовый 01.1-3	4	6	8	10
Итого по оборудованию	**15**	**23**	**31**	**36**

Основная часть ремонтно-технологического оборудования для пункта технического обслуживания и ремонта машин и оборудования животноводства (ПТОРЖ) получена в соответствии с потребностями в выполнении требуемого объема различных видов специализированных ремонтно-обслуживающих работ. Вспомогательное ремонтно-технологическое оборудование получено исходя из необходимости обеспечения нормальных безопасных условий реализации требований технологического процесса и сохранения

составных частей узлов и агрегатов при выполнении монтажно-демонтажных и других видов работ. Требования эффективной реализации технологических процессов технического обслуживания и текущего ремонта (планового и непланового) определяют количественный и марочный состав приспособлений и ценного инструмента для пункта технического обслуживания и ремонта машин и оборудования животноводства.

Полученные результаты планирования номенклатуры и объемов работ по техническому сервису машин и оборудования позволяют, использовав примерную структуру этих работ, распределить их по видам специализированных работ и определить численный и профессиональный состав ремонтно-обслуживающего персонала. Полученная общая численность основных производственных рабочих отражает постоянный состав инженерно-технической службы молочных ферм и комплексов хозяйств (рис. 2).

Среднегодовое количество ремонтных рабочих в основных цехах и участках ЦРМ определено по формуле:

$$Ч_P = \frac{\sum_{i=1}^{i=I} T_P \cdot N_i}{Ф_д \cdot к_и \cdot к_п}$$

где $Ч_р$ – среднегодовое расчетное количество рабочих, чел.;

$T_Р$ – удельная трудоемкость ремонтно-обслуживающих воздействий (работ, услуг), выполняемых в мастерской или на соответствующем участке мастерской, чел.-ч;

N_i – количество ремонтно-обслуживающих воздействий (работ, услуг), выполняемых в мастерской или на соответствующем участке мастерской;

$Ф_д$ – действительный годовой фонд времени ремонтного рабочего, часы;

$K_и$ – коэффициент использования рабочего времени смены (0,85-0,96);

$K_п$ – коэффициент выполнения норм выработки (0,95-1,15)

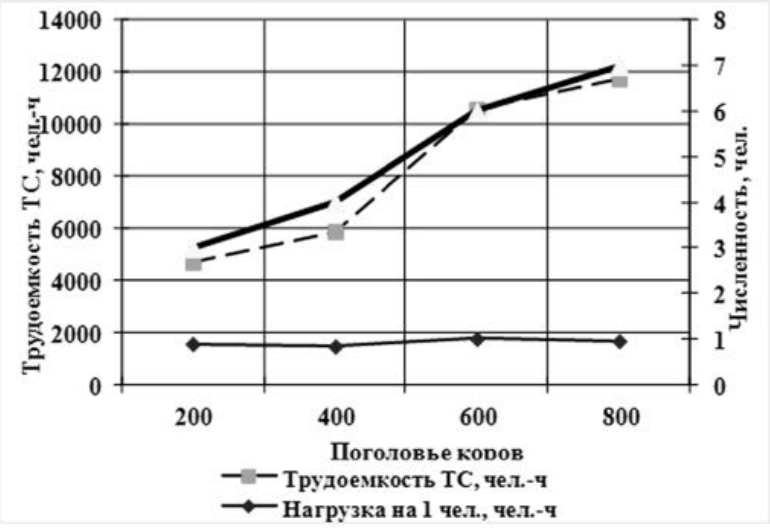


Рис. 2. Численность ремонтно-обслуживающего персонала ИТС

Выводы. На основании полученного объема распределения ремонтно-

обслуживающих работ для рассматриваемой системы технического сервиса административного района или группы хозяйств определяются реальные производственно-экономические параметры. Полученные мощности, входящие в районную систему технического сервиса, оцениваются по технологическим возможностям, сопоставляются с имеющимися мощностями и делается заключение о необходимости строительства или реконструкции объектов или увеличения загрузки имеющихся производственных систем дополнительными объемами работ.

При необходимости определяются требуемые капиталовложения на развитие систем технического сервиса с учетом полученного распределения работ и услуг. Для организации эффективной работы инженерно-технической службы, она должна быть обеспечена необходимыми производственно-техническими ресурсами, а ее деятельность направлена на повышение уровня работоспособности машин и оборудования. При обосновании численности основного ремонтно-обслуживающего персонала необходимо исходить из результатов планирования трудоемкости работ по техническому сервису машин и оборудования хозяйства.

Библиографический список

1. Система планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания машин и оборудования животноводства (система ППРТОЖ). М.: Госагропром СССР. 1988. 144 с.

2. Ковалев Л.И. Основы организации тех¬нического сервиса машин и оборудования животноводческих ферм и комплексов. Минск: БГАТУ. 2011. 136 с.

3. Кушнарев Л.И., Чепурина Е.Л., Кушнарев С.Л., Чепурин А.В., Корнеев В.М. Модернизация системы технического сервиса агропромышленного комплекса. М.: МЭСХ. 2015. 440 с.

4. Кушнарев Л.И., Чепурина Е.Л. Проблемы модернизации системы инженерно-технического обеспечения агропромышленного комплекса // Тракторы и сельхозмашины. 2015. N 6. С. 37-41.

5. Кушнарев Л.И. Методика обоснования параметров модернизации ремонтно-технической базы предприятий, эксплуатирующих сельхозтехнику // Тракторы и сельхозмашины. 2015. N6. С. 49-51.

6. Кушнарев Л.И. О повышении уровня технического образования в аграрных вузах Российской Федерации. Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК. Материалы международной научно-практической конференции. Мичуринск: Наукоград РФ. 2015. 559 с.

7. Кушнарев Л.И., Чепурина Е.Л., Кушнарев С.Л. Проблемы и направления развития инженерно-технического обеспечения сельских товаропроизводителей // Ремонт, восстановление, модернизация. 2016. N1. С. 3-9.

8. Кушнарев Л.И. К повышению эффективности сельхозпроизводства – через создание и развитие агрофирм // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2016. N1. С. 50-52.

9. Кушнарев Л.И., Чепурина Е.Л., Чепурин А.В., Кушнарев С.Л. Организация эффективного использования машинно-тракторного парка. М.: Росинформагротех. 2015. 270 с.

10. Кушнарев Л.И., Чепурина Е.Л., Чепурин А.В., Кушнарев С.Л. Организация технического сервиса машинно-тракторного парка на предприятиях агропромышленного комплекса. М.: Росинформагротех. 2015. 245 с.

11. Кушнарев Л.И., Чепурина Е.Л., Чепурин А.В., Кушнарев С.Л. Основы инженерно-технического обеспечения агропредприятий. М.: Росинформагротех. 2015. 222 с.

12. Кушнарев Л.И. К повышению эффективности использования машинно-тракторного парка предприятий АПК // Агроснабфорум. 2017. N5(153). С. 66-67.

13. Кушнарев Л.И. Совершенствование организации технического сервиса сельскохозяйственной техники // Актуальные агросистемы. 2017. N5. С. 25-29.

References

1. The system of preventive repair and maintenance of machinery and equipment livestock (system PRTO). Moscow: Gosagroprom USSR. 1988. 144.

2. Kovalev L.I. Fundamentals of organization of technical service of machinery and equipment for livestock farms and complexes. Minsk: BHATU. 2011. 136.

3. Kushnarev L.I., Chepurina E.L., Kushnarev S.L., Chepurin V.A., Korneev V.M. Modernization of the system of technical service of agriculture. Moscow: MESKH. 2015. 440.

4. Kushnarev L.I., Chepurina E.L. Problems of modernization of system of engineering-technical provision of agroindustrial complex. Tractors and agricultural cars. 2015. N6. 37-41.

5. Kushnarev L.I. The Technique of substantiation of parameters of the modernization, repair and technical base of companies operating agricultural machinery. Tractors and farm machinery. 2015. N6. 49-51.

6. Kushnarev L.I. To raise the level of technical education in agrarian universities of the Russian Federation. Engineering support of innovative technologies in agriculture. Materials of international scientific-practical conference. Michurinsk: Naukograd of the Russian Federation. 2015.

7. Kushnarev L.I., Chepurina E.L. Kushnarev S.L. Problems and directions of development of engineering and technical support of agricultural commodity producers. Repair, restoration, modernization. 2016. N1. 3-9.

8. Kushnarev L.I. To increase the efficiency of agricultural production through the establishment and development of agricultural firms. Economics of agricultural and processing enterprises. 2016. N1. 50-52.

9. Kushnarev L.I., Chepurina E.L., Chepurin A.V., Kushnarev S.L. Organization of efficient use of mashinno-tractor park. Moscow: Rosinformagrotekh. 2015. 270.

10. Kushnarev L.I., Chepurina E.L., Chepurin A.V., Kushnarev S.L. The organization of technical service of machine-tractor park of the agricultural enterprises. Moscow: Rosinformagrotekh. 2015. 245.

11. Kushnarev L.I., Chepurina E.L., Chepurin A.V., Kushnarev S.L. Fundamentals of engineering and technical support of agricultural enterprises. Moscow: Rosinformagrotekh. 2015. 222.

12. Kushnarev L.I. To increase the efficiency of use of mashinno-tractor Park of the agricultural enterprises. Agrosnabforum. 2017. N5(153). 66-67.

13. Kushnarev L.I. Improving the organization of technical service of agricultural machinery. Actual agrosystems. 2017. N5. 25-29.

УДК 631. 171: 631.3

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ОБОСНОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Борис Дмитриевич Докин[1], доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, e-mail: dokin38@mail.ru;
Вера Леонардовна Мартынова[1], кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник;
Олег Владимирович Елкин[1], кандидат технических наук, старший научный сотрудник;
Айна Афанасьевна Никифорова[2], аспирант
[1]Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, р. п. Краснообск, Новосибирская область, Российская Федерация;
[2]Инженерный институт Новосибирского государственного аграрного университета, г. Новосибирск, Российская Федерация

Реферат. *За последние десятилетия в России изменился общественный строй и экономика, появились энергонасыщенные тракторы, кормо- и зерноуборочные комбайны, широкозахватные посевные комплексы и новые ресурсосберегающие технологии возделывания и уборки сельскохозяйственных культур. (Цель исследования) Повышение эффективности производства продукции растениеводства за счет разработки новых методических подходов к обоснованию его технологического и технического обеспечения. (Материалы и методы) Представили фактическое распределение сельскохозяйственных предприятий Новосибирской области по площади пашни на рассматриваемый период. Отметили, что каждый сельхозпроизводитель выбирает тот или иной вариант технологий и технических средств для производства зерна в зависимости от ресурсного обеспечения и наличия кадров механизаторов. Разработали метод сквозного просмотра вариантов годовых комплексов полевых работ для обоснования структуры машинно-тракторного парка для различных типов товаропроизводителей на принципиально новой основе. (Результаты и обсуждение) Привели методику выбора модельных хозяйств для типизации производственных условий лесостепной зоны Сибири и метод сквозного просмотра вариантов годовых комплексов полевых работ для обоснования структуры машинно-тракторного парка модельных хозяйств, методические подходы к выбору альтернативных технологий возделывания и уборки сельскохозяйственных культур в зависимости от ресурсообеспеченности сельхозтоваропроизводителей, а также направления снижения потребности в кадрах механизаторов. (Выводы) Установили, что переход от классической интенсивной технологии на базе отвальной вспашки или глубокого рыхления производства, например, зерновых культур к интенсивной ресурсосберегающей технологии на базе минимальной обработки почв, позволяет снизить расход топлива на*

30-35 процентов и сократить потребность в кадрах механизаторов в 1,5-1,7 раза.

Ключевые слова: *машинно-тракторный парк, модельное хозяйство, технологии, эксплуатационные затраты, количество механизаторов на 1000 га посевов зерновых.*

Для цитирования: *Докин Б.Д., Мартынова В.Л., Елкин О.В., Никифорова А.А. Методические подходы обоснования технологического и технического обеспечения производства продукции растениеводства лесостепной зоны новосибирской области // Технический сервис машин. 2019. N3(136). С. 81-89.*

METHODICAL APPROACHES OF THE JUSTIFICATION TECHNOLOGICAL AND TECHNICAL SUPPLY OF PRODUCTION PLANT GROWING IN SIBERIA

Boris D. Dokin[1], Dr.Sc(Eng.), professor, chief researcher, e-mail: dokin38@mail.ru;
Vera L. Martynova[1], Ph.D.(Eng.), leading researcher;
Oleg V. Elkin1, Ph.D.(Eng.), senior researcher associate;
Ayna A. Nikiforova[2], post-graduate student
[1] Siberian Federal Research Center for Agrobiotechnologies
Russian Academy of Sciences, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russian Federation;
[2] Engineering Institute Novosibirsk State Agrarian University,
Novosibirsk, Russian Federation

Abstract. *Over the past decade, Russia has changed the social system and economy, there were energy-saturated tractors, forage and combine harvesters, wide-sowing complexes and new resource-saving technologies of cultivation and harvesting of crops. (Research purpose) Improving the efficiency of crop production through the development of new methodological approaches to the justification of its technological and technical support. (Materials and methods) Presented the actual distribution of agricultural enterprises of the Novosibirsk region in the area of arable land for the period under review. It was noted that each agricultural producer chooses one or another option of technologies and technical means for the production of grain, depending on the resource provision and the availability of personnel of machine operators. We have developed a method of end-to-end review of options for annual complexes of field work to justify the structure of the machine and tractor fleet for different types of producers on a fundamentally new basis. (Results and discussion) Led to the method of selection of model farms for the typification of production conditions of the forest-steppe zone of Siberia and the method of through viewing options for annual complexes of field work to justify the structure of the machine and tractor fleet of model farms, methodological approaches to the choice of alternative technologies of cultivation and harvesting of crops depending on the resource availability of agricultural producers, as well as ways to reduce the need for personnel of machine operators. (Conclusions) Found that the transition from the classical intensive technology based on dump plowing or deep loosening of production, for example, grain crops to intensive resource-saving technology based on minimal soil treatment, reduces fuel consumption by 30-35 percent and reduce the need for personnel of machine 1.5-1.7 times.*

Keywords: *motor-tractor park, a modelling economy, technologies, a running cost, quantity of machine operators on 1000 hectares of sowings grain.*

For citation: *Dokin B.D., Martynova V.L., Elkin O.V., Nikiforova A.A. Methodical approaches of the justification technological and technical supply of production plant growing in siberia. Tekhnicheskiy servis mashin. 2019. N3(136). 81-89.*

Введение. Президент Российской Федерации В.В. Путин издал Указ от 21 июля 2016 г. №350 «О мерах по реализации государственной научно-технической политики в интересах развития сельского хозяйства». В указе Правительству Российской Федерации поручено в шестимесячный срок, разработать и утвердить «Федеральную научно-техническую программу развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы». По заданию Правительства РФ эту задачу смогут решить зональные институты агрономического, экономического и инженерного профиля. По данным ВИМ, в Европейскую часть России из-за рубежа поступают тракторы 13 фирм 78 модификаций. В Новосибирскую область, по данным Гостехнадзора, тракторы поставляют 34 фирмы 128 марок, а комбайны – 23 фирмы 65 модификаций. Ряд хозяйств Новосибирской области приобрели зарубежные посевные комплексы, которые нельзя было использовать в условиях реального производства.

Анализ заявок хозяйств на машины для очистки зерна по состоянию на начало года показал неудовлетворительную картину – 30% заявок поданы на морально устаревшие машины (ОВС-25; ЗВС-20), 40% заявок – на пневмосепараторы разного типа (АСДЩ, Алмаз, ПСМ), которые не годятся ни для одной технологической операции. За последние десятилетия в России изменился общественный строй и экономика, появились энергонасыщенные тракторы, кормо- и зерноуборочные комбайны, широкозахватные посевные комплексы и новые ресурсосберегающие технологии возделывания и уборки сельскохозяйственных культур. Это вызвало необходимость разработки новых методических подходов к обоснованию технологического и технического обеспечения производства продукции растениеводства в Сибири.

Цель исследования – повышение эффективности производства продукции растениеводства за счет разработки новых методических подходов к обоснованию его технологического и технического обеспечения.

Материалы и методы. Фактическое распределение сельскохозяйственных предприятий (СХП) Новосибирской области по площади пашни на рассматриваемый период представлено на рисунке [1].

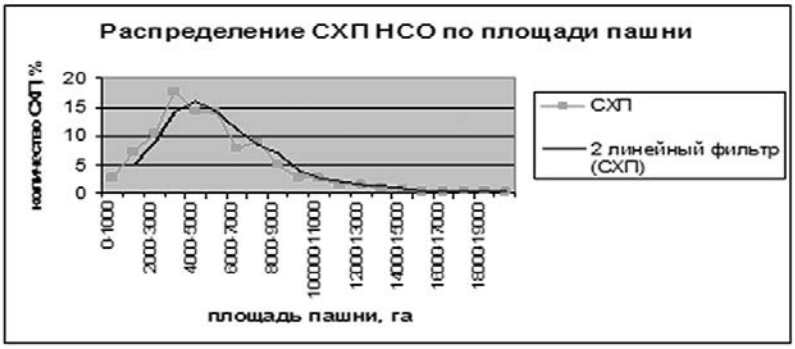


Рис. Фактическое распределение СХП Новосибирской области по площади пашни

В частности, в Новосибирской области преобладают средние по размерам землепользования СХП (≃53,9%), имеющие площадь пашни от 3000-7000 га (см. рисунок). В таких хозяйствах содержится от 500 до 1000 условных голов скота, для выполнения всех механизированных работ в агротехнические сроки и ухода за животными парк самоходных машин должен находиться в пределах от 43 до 100 физических единиц.

Количество СХП зерно-скотоводческого направления, с размерами пашни от 1000-3000 га, парком самоходных машин от 15 до 42 физических единиц и менее 500 условных голов скота в НСО составляет 17,6%.

Средние и крупные СХП имеют от 7000-11000 га (таких СХП в области ≃ 19,4%), парк самоходных машин свыше 100-150 физических единиц и от 1000-1500 условных голов скота. Крупные СХП с площадью пашни от 11000 до 15000 га и с содержанием свыше 1500 условных голов скота (доля их в общем составе невелика – ≃4,5%), должны насчитывать 151-212 штук самоходных машин. Разработана методика выбора альтернативных вариантов технологий возделывания и уборки сельскохозяйственных культур в зависимости от ресурсообеспеченности сельхозтоваропроизводителей.

Можно работать с простейшими технологиями, имея недорогой машинно-тракторный парк (МТП) и низкую себестоимость зерна, но это все потребует большего количества механизаторов и при этом будет самый низкий уровень производительности труда. Энергонасыщенная техника потребует финансовых вложений, но зато обеспечит повышение производительности труда в два-три раза.

Исследователи-агрономы обычно оценивают технологии по урожайности сельскохозяйственных культур (СибНИИСХ, АНИИЗиС, Красноярский НИИСХ) и если приводят экономические показатели (затраты, прибыль, доход), то лишь те, что относятся к отдельным видам обработки почвы. Уровень урожайности, безусловно, является необходимым, но недостаточным показателем для оценки эффективности той или иной технологии. По этому поводу почетный академик ВАСХНИЛ, профессор ТСХА В.И. Эдельштейн в свое время писал: «Технология без биологии слепа, без механизации – мертва, но все решает неумолимая экономика».

Каждый сельхозпроизводитель выбирает тот или иной вариант технологий и технических средств для производства зерна в зависимости от ресурсного обеспечения и наличия кадров механизаторов [2-5].

Поэтому принцип необходимости и достаточности при выборе технологий и технических средств соблюдается, если известен уровень урожайности зерновых культур, себестоимости их производства и затраты труда (чел.-ч./т). Для любого варианта технологий и технических средств при заданном уровне интенсификации и урожайности можно определить себестоимость производства зерновых культур (т/р.) и затрат труда (чел.-ч/т) в рамках экономико-математической модели при обосновании структуры МТП .

В СибИМЭ разработали метод сквозного просмотра вариантов годовых комплексов полевых работ для обоснования структуры МТП для различных типов товаропроизводителей на принципиально новой основе [1, 6-10]. Проведенная серия расчетов по обоснованию структуры МТП для различных сельскохозяйственных предприятий позволила выявить ряд закономерностей: если в целевой функции критерий оптимальности – минимум эксплуатационных затрат, то предпочтение будет отдано МТП на базе самого дешевого маломощного трактора общего назначения класса 3. Если крите-

рий оптимальности – минимум потребности в кадрах механизаторов, то будет выбран МТП энергонасыщенных тракторов класса 5-8.

Результаты и обсуждение. Основываясь на полученных результатах и существующих разработках, обосновали и выбрали размеры модельного СХП.

В частности, в северной лесостепной зоне Новосибирской области примерно 50% СХП имеют площадь пашни в диапазоне от 3000 до 6000 га (в целом по области таких хозяйств около 43,0%). Исходя из имеющейся информации, а также существующих разработок в качестве модельного можно принять среднее по размерам землепользования хозяйство общей площадью сельхозугодий 10000 га зерно-скотоводческого направления. Площадь пашни рассматриваемого хозяйства составляет 6000 га, поголовье крупного рогатого скота находится в пределах 1300 голов (в том числе, стадо дойных коров составляет немного более 1000 голов). При этом площадь, занятая под посевами, составляет примерно 78% от общей площади пашни (4700 га), из них непосредственно под зерновые отведено 3200 га и под кормовыми культурами занято около 1500 га, в том числе 450 га составляют силосные культуры, 600 га многолетние травы и 450 га однолетние травы.

Структура посевных площадей для модельного хозяйства северной лесостепной зоны – 6000 га: зерновые: яровая пшеница – 3200 га; кормовые: кукуруза – 450 га; однолетние травы (кормосмеси, рапс и так далее) – 450 га; многолетние травы – 600 га; чистый пар – 1300 га.

В северной и центральной лесостепной зоне в целом также преобладают хозяйства площадью пашни от 3000 до 6000 га (49,2%).

В зоне южной лесостепи примерно 24% СХП имеют площадь пашни около 8000 га, специализируются на производстве зерновых культур и молочно-мясном скотоводстве. Это достаточно крупные сельскохозяйственные предприятия, у которых поголовье крупного рогатого скота насчитывает 2000 голов, в том числе стадо дойных коров составляет 950 голов.

Общая площадь посевов составляет от площади пашни около 78,0% (6240 га). Посевы зерновых занимают примерно 69,0% от всех посевов – 4306 га. Из общего количества площади, отведенной под зерновые, примерно 2700 га засевается пшеницей, под зернофураж отводится 1606 га, в том числе зернобобовые занимают немного более 600 га. Под кормовыми культурами занято около 31,0% площади посевных – 1934 га, в том числе под силосные отведено 30,0% (580 га), однолетние травы – 40,0% (774 га) и многолетние – 30,0% (580 га). Площадь, занятая паром составляет примерно 2000 га.

В целом для лесостепной зоны может быть принято в качестве модельного достаточно крупное по размерам землепользования хозяйство общей площадью сельхозугодий 12300 га зерно-скотоводческого направления. Площадь пашни, рассматриваемого хозяйства составляет 7200 га, поголовье крупного рогатого скота находится в пределах 1500 голов. При этом площадь, занятая под посевами составляет примерно 76% от общей площади пашни (5500 га), из них непосредственно под зерновые отведено 3700 га и под кормовыми культурами занято около 1800 га, в том числе 540 га составляют силосные культуры, под многолетние травы и однолетние травы отводится примерно по 630 га.

Ниже приведена структура посевных площадей и типы технологий возделывания сельскохозяйственных культур для модельного хозяйства:

– зерновые: яровая пшеница – 2400 га; кормовые – 1800, в том числе силосные (кукуруза) – 540 га; однолетние травы (кормосмеси, рапс) – 450 га;

многолетние травы – 630 га; чистый пар – 800 га.

В таежно-подтаежной зоне Новосибирской области примерно 58% СХП имеют площадь пашни в диапазоне от 3000 до 6000 га (в области таких хозяйств более 45%). Для данной зоны в качестве модельного можно принять среднее по размерам землепользования хозяйство общей площадью сельхозугодий 9000 га зерно-скотоводческого направления. Площадь пашни, рассматриваемого в качестве модельного хозяйства, составляет 5000 га, поголовье крупного рогатого скота находится в пределах 1000 голов (в том числе стадо дойных коров – немного более 400 голов). При этом площадь, занятая под посевами, составляет примерно 84% от общей площади пашни (примерно 4200 га), из них зерновые – чуть более 60% (2520 га) и кормовые культуры – почти 40% (1680 га) от общей площади посевов.

Учитывая сказанное выше, для проведения расчетов принимаем для лесостепной зоны НСО модельное хозяйство площадью пашни 6000 га, общей площадью землепользования 10000 га. Таких СХП в данной зоне насчитывается около 50%. Общая площадь посевов составляет 4700 га. Из них под кормовыми культурами занято примерно 1500 га, в том числе 450 га составляют силосные культуры; 600 га – многолетние травы и 450 га –однолетние травы. Непосредственно под зерновые отведено 3200 га. Поголовье крупного рогатого скота в СХП насчитывает 1300 голов.

Результаты сравнения технологий возделывания зерновых культур по показателям на примере модельного хозяйств лесостепной зоны приведены в таблице 1.

Таблица 1

Урожайность, затраты труда на один гектар, себестоимость единицы продукции в чел.-ч.\га

Показатели	Един. изм.	Технологии					
		нормальная		интенсивная		ресурсосберегающая	
Урожайность	т/га	1,8		3,0		3,0	
Марка трактора		К-744Р3	МТЗ-1822.3	К-744Р3	МТЗ-1822.3	К-744Р3	МТЗ-1822.3
Количество механизаторов	чел.	12	15	15	18	11	16
Себестоимость единицы продукции	тыс. р/т	4,5	3,55	3,35	2,34	2,12	1,95
Затраты труда	чел.ч/га	22,9	23,2	26,2	32,6	16,4	22,1

Последний вариант с трактором МТЗ-1822.3 обеспечивает меньшую себестоимость тонны зерна по сравнению с К-744Р3, но имеет на 34% большие затраты труда на 1 га и требует на 5 механизаторов больше. Товаропроизводитель выберет вариант с К-744Р3, поскольку 5 механизаторов еще нужно найти. Выходит – не все решает неумолимая экономика.

За последние десятилетия численность кадров механизаторов в сельскохозяйственном производстве в Новосибирской области в 2015 г. по сравнению с 1990 г. сократилась в 5 раз. В будущем этот дефицит только усилится. В связи с этим предлагаем несколько вариантов решения проблем.

Первое направление – переход на более энергонасыщенные тракторы (от класса 3 к классу 5-8). Для модельного хозяйства лесостепной зоны со структурой посевных площадей: площадь пашни – 11600 га, зерновые – 5906, од-

нолетние травы – 1751, многолетние травы – 2268, пары – 1735 га обосновали состав МТП для классической интенсивной технологии на базе отвальной вспашки. Результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2

Стоимость МТП, эксплуатационные затраты и потребность в механизаторах при интенсивной технологии на базе отвальной вспашки

Показатели	Тип трактора		
	К-744Р1	МТЗ-1822.3	ДТ-75М
Стоимость МТП, млн р.		72,85	67,98
Эксплуатационные затраты, млн р.	33,88	25,17	21,85
Потребность в трактористах, чел.	14	17	26

Второе направление – переход к ресурсосберегающим технологиям на базе минимальной и нулевой обработки почвы. Это позволяет снизить потребность в трактористах в 1,5-2,5 раза (табл. 3).

Таблица 3

Стоимость МТП, эксплуатационные затраты и потребность в механизаторах при ресурсосберегающей технологии на базе минимальной обработки

Показатели	Тип трактора		
	К-744Р1	МТЗ-1822.3	«Джон Дир»
Стоимость МТП, млн р.			
Эксплуатационные затраты, млн р.			
Потребность в трактористах, чел.			

Третий путь возможен при переходе сельхозпредприятия на нулевую обработку почвы.

Для модельного хозяйства южной лесостепной зоны Новосибирской области га провели расчеты состава МТП для интенсивной ресурсосберегающей технологии на базе нулевой обработки почвы. В хозяйстве площадь землепользования 28557 га, в том числе: площадь пашни – 20578 га; залежь – 20 га; сенокосы – 3584 га; пастбища – 4368 га; общая площадь посевов – 19378 га, а в структуре посевных площадей зерновые и зернобобовые составляют 15162 га (в том числе яровая пшеница –13218 га, овес – 400 га, ячмень – 400 га, просо – 44 га, горох – 1100 га; однолетние травы (овес + горох) 1287 га, многолетние травы (костер + люцерна) – 2475 га, площадь чистых паров при этом составляет 1206 га).

В указанном модельном хозяйстве с посевной площадью зерновых более 15 тыс. га, перешедшего на нулевую обработку почвы, имеется 6 тракторов «Джон-Дир» девятой серии и 1 трактор седьмой серии. Посевной комплекс с трактором «Джон-Дир»-9430 за сутки засевает 200-250 га по спутниковому навигатору. После окончания посевной классные механизаторы, которые были заняты на этой технике, могут участвовать на заготовке кормов, обработке паров, уборке урожая.

По окончании посевной 5 тракторов ставят на хранение, а 2 трактора продолжают работать на других операциях в одну смену. Высвободившиеся 12 классных механизаторов могут быть использованы на заготовке кормов (на самоходных опрыскивателях, кормоуборочных комбайнах) и уборке зерновых (на самоходных валковых жатках, зерноуборочных комбайнах,

которых в хозяйстве 14 шт. типа «Джон-Дир»). Таким образом, при нулевой технологии обработки почвы потребность в механизаторах можно довести до 1 чел. на 1000 га посевов зерновых.

Итак, потребность в кадрах механизаторов при производстве зерна в условиях Сибири можно сократить с помощью четырех методических подходов:

- применение более энергонасыщенной техники;
- переход к ресурсосберегающим технологиям на базе минимальной и нулевой обработок почвы;
- за счет организационно-технологических мероприятий;
- внедрение роботизации.

Выводы. В результате проведенных исследований в зависимости от ресурсного обеспечения сельскохозяйственных товаропроизводителей с учетом различных технологий возделывания сельскохозяйственных культур установлено:

- если товаропроизводитель может затратить на средства химизации 3500-5000 руб. на 1 га посевов зерновых и имеет 2,4-3,0 механизаторов на 1000 га посевов зерновых, то может работать по классической интенсивной технологии на базе отвальной вспашки или глубокого рыхления;
- если он также может затратить 3500-5000 руб. на 1 га посевов зерновых и имеет 2,1 механизаторов на 1000 га посевов зерновых, то он должен перейти на интенсивную ресурсосберегающую технологию на базе минимальной или нулевой обработки почвы.

Библиографический список

1. *Докин Б.Д., Мартынова В.Л., Елкин О.В. Методика обоснования зональной системы ресурсосберегающих машинных агротехнологий для производства основных видов продукции растениеводства. Новосибирск: Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук. 2017. 42 с.*
2. *Докин Б.Д., Иванов Н.М., Елкин О.В., Чекусов М.С. Альтернативные варианты технологий и технических средств для производства зерна в условиях Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. N1. С. 49-51.*
3. *Блынский Ю.Н., Докин Б.Д., Елкин О.В., Иванов Н.М., Мартынова В.Л. Методические подходы к выбору технологий и технических средств при производстве зерна в условиях Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2016. N2. С. 105-109.*
4. *Докин Б.Д., Мартынова В.Л., Елкин О.В. Обоснование технологического и технического обеспечения производства продукции растениеводства в Сибири // Достиженния науки и техники АПК. 2017. Т. 31. С. 52-54.*
5. *Dokin B.D., Aletdinova A.A., Kravchenko M.S. Prospects and features of robotics in Russian farming. Journal of Physica: Cohf. Series (IOP). 2017. N803. 012032.*
6. *Докин Б.Д., Елкин О.В. Информационные технологии для оптимизации структуры машинно-тракторного парка // Ползуновский вестник. 2014. N2. С. 191-193.*
7. *Докин Б.Д., Алетдинова А.А., Ленский А.В. Программное обеспечение имитационного моделирования состава машинно-тракторного парка // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 110-летию со дня рождения академика М.Е. Мацепуро. Минск: Беларуская навука. 2018. С. 285-289.*
8. *Докин Б.Д., Алетдинова А.А., Елкин О.В. Обоснование технологического и технического обеспечения производства продукции растениеводства в условиях Си-*

бири с применением информационных технологий // Информационные технологии, системы и приборы в АПК: материалы 7-й Международной научно-практической конференции «Агроинфо-2018». Краснообск: Сибирский физико-технический институт аграрных проблем. 2018. С. 339-343.

9. Dokin B.D., Aletdinova A.A., Kravchenko M.S., Tsybina Y.S. Prochss approach for modeling of machine and tractor fleet structure. Journal of Physics: Conference Series (JPCS). 2018. Vol. 1015. 032005.

10. Докин Б.Д., Мартынова В.Л., Елкин О.В., Блынский Ю.Н. Современные представления об оптимизации состава машинно-тракторного парка сельскохозяйственных предприятий // Научная жизнь. 2016. N6. С. 28-36.

References

1. Dokin B.D, Martynova V.L, Yolkin O.V. A procedure of the justification of zonary system resource-saving engine agrotechnologies for production of principal views of goods of plant growing. Novosibirsk: Siberian Federal Research Center for Agrobiotechnology of the Russian Academy of Sciences. 2017. 42.

2. Dokin B.D., Ivanov N.M., Yolkin O.V., Chekusov M.S. The alternative variants of technologies and means for production of grain in the conditions of Siberia. Agrarian and industrial complex Achievements of science and technology. 2015. Vol. 29. N1. 49-51.

3. Blynsky Yu.N., Dokin B.D., Yolkin O.V., Ivanov N.M., Martynova V.L. Methodical approaches to a choice of technologies and means by production of grain in the conditions of Siberia. Siberian bulletin of an agricultural science. 2016. N2. 105-109.

4. Dokin B.D., Martynova V.L., Yolkin O.V. The justification technological and technical supply of production of plant growing in Siberia. Agrarian and industrial complex Achievements of science and technology. 2017. Vol. 31. 52-54.

5. Dokin B.D., Aletdinova A.A., Kravchenko M.S. Prospects and features of robotics in Russian farming. Journal of Physica: Cohf. Series (IOP). 2017. N803. 012032.

6. Dokin B.D, Yolkin O.V. Information tehnology for frame optimisation fleet of tractors. Polzunovsky messenger. 2014. N2. 191-193.

7. Dokin B.D., Aletdinova A.A., Lensky A.V. Program providing of simulation modelling of composition of motor-tractor park. Scientific and technical progress in agricultural production: materials of the International Scientific and Technical Conference dedicated to the 110th anniversary of the birth of Academician M.Ye. Matsepuro. Minsk: Belarus science. 2018. 285-289.

8. Dokin B.D., Aletdinova A.A., Elkin O.V. Justification technological and a hardware of production of crop production in the conditions of Siberia with use of information technologies. Information technology, systems and devices in agrarian and industrial complex: Stuffs of 7th International scientifically-practical conference «Agroinfo-2018». Krasnoobsk: Siberian Physico-Technical Institute of Agrarian Problems. 2018. 339-343.

9. Dokin B.D., Aletdinova A.A., Kravchenko M.S., Tsybina Y.S. Process approach for modelling of machine and tractor fleet structure. Journal of Physics: Conference Series (JPCS). 2018. Vol. 1015. 032005.

10. Dokin B.D., Martynova V.L., Yolkin O.V., Blynsky J.N. The up-to-date representations about optimisation of composition of machines – a fleet of tractors of agricultural enterprises. Scientific life. 2016. N6. 28-36.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ И УПРОЧНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ

УДК 621.87

ФОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВ ХРОМОВЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ ГАЛЬВАНОКОНТАКТНОЙ ОБРАБОТКЕ

Сергей Юрьевич Жачкин[1], доктор технических наук, профессор кафедры, e-mail: zhach@list.ru;
Никита Алексеевич Пеньков[2], кандидат технических наук;
Павел Владимирович Цысоренко[3], кандидат технических наук;
Владислав Олегович Доценко[2], курсант
[1]Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Российская Федерация;
[2]Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, Российская Федерация;
[3]4-я Армия Военно-воздушных сил и Противовоздушной обороны, г. Ростов, Российская Федерация

Реферат. *Рассмотрели информационный и управляющий подходы к оценке свойств гальванических покрытий детали. При информационном подходе проводят экспериментальное исследование свойств полученного в процессе обработки покрытия и для него прогнозируют эксплуатационные харак-теристики, корректируемые далее опытным путем или в процессе эксплуата-ции. Управляющий подход предполагает формирование покрытий с заданными или требуемыми параметрами по условиям эксплуатации изделия. (Цель исследования) Проанализировать влияние механических воздействий при нанесении покрытий на создание толстых слоев с постоянными или перемен-ными требуемыми свойствами. (Материалы и методы) Провели исследования на специально разработанной и спроектированной экспериментальной уста-новке для восстановления внутренних цилиндрических поверхностей. Отме-тили, что на установке возможно широкое изменение параметров осаждения: давления инструмента, межэлектродного расстояния, температуры электро-лита, плотности тока, скорости главного и вспомогательного движения. (Результаты и обсуждение) Установили преимущество управляющего подхода при получении вышеуказанных покрытий. Определили шероховатость покры-тия, величина которой позволяет использовать восстановленные детали без потери надежности восстановленного узла в сравнении с новыми деталями. Выявили регрессионные зависимости остаточных напряжений от давления и плотности тока при фиксированной температуре. Выбрали рабочие режимы, обеспечивающие высокие показатели покрытий, формирующих поверхност-ный слой изделий. Определили соотношение размеров зерен покрытий, полученных по различным технологиям. (Выводы) Метод ГКО заметно снижает трудоемкость ремонта деталей. Гальваноконтактный способ позволяет сократить время восстановления деталей (рассматривались толщины покрытий 150 микрометров) до 10-12 раз, а с учетом снижения количества бракованных изделий до 150 раз.*

Ключевые слова: *гальваноконтактное осаждение, гальванические покрытия, шероховатость, многофакторный анализ.*

Для цитирования: *Жачкин С.Ю., Пеньков Н.А., Цысоренко П.В., Доценко В.О. Формирование качеств хромовых покрытий при гальваноконтакт-ной обработке // Технический сервис машин. 2019. N3(136). С. 92-98.*

FORMATION OF QUALITIES OF CHROMIUM COATINGS DURING GALVANOCONTACT TREATMENT

Sergey Yu. Zhachkin[1], Dr.Sc(Eng.),
professor of the department, e-mail: zhach@list.ru;
Nikita A. Penkov[2], Ph.D.(Eng.);
Pavel V. Tsysorenko[3], Ph.D.(Eng.);
Vladislav O. Dotsenko[2], cadet
[1] Voronezh state technical university, Voronezh, Russian Federation;
[2] Military educational scientific center of the Air Force «Military and air academy of a name of professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin», Voronezh, Russian Federation;
[3]The 4th Army of the Air Force and Air defense, Rostov, Russian Federation

Abstract. *Reviewed information and control approaches to the evaluation of the properties of galvanic coatings of parts. In the information approach, an exper-imental study of the properties of the coating obtained in the process of processing is carried out and operational characteristics are predicted for it, which are further experimentally or during operation. The control approach involves the formation of coatings with specified or required parameters for the operating conditions of the product. (Research purpose) To Analyze the effect of mechanical effects during the application of coatings on the creation of thick layers with constant or variable desired properties. (Materials and methods) Conducted research on a spe-cially developed and designed experimental installation for the restoration of inter-nal cylindrical surfaces. It was noted that a wide change of deposition parameters is possible at the plant: tool pressure, interelectrode distance, electrolyte temperature, current density, velocity of the main and auxiliary motion. (Results and discussion) Established the advantage of the control approach in obtaining the above coatings. We determined the roughness of the coating, the value of which allows the use of the recovered parts without loss of reliability of the Assembly in comparison with the new parts. Regression dependences of residual stresses on pressure and current density at a fixed temperature were revealed. We chose operating modes that pro-vide high performance coatings that form the surface layer of products. Oprah di-viding ratio of the grain size of the coatings obtained according to different tech-nologies. (Conclusions) the Method of t-bills significantly reduces the complexity of the repair parts. Galvanostatic method allows to reduce time of restoration parts (addressed coating thickness 150 microns) up to 10-12 times, and given the reduc-tion in the number of defective products up to 150 times.*

Keywords: *galvanic dep-osition, galvanic coatings, roughness, multivariate analysis.*

For citation: *Zhachkin S. Yu., Penkov N.A., Tsysorenko P.V., Dotsenko V.O. Formation of qualities of chromium coatings during galvanocontact treatment. Tekhnicheskiy servis mashin. 2019. N3(136). 92-98.*

Введение. В технике сложилось два подхода к оценке свойств гальванических покрытий детали: информационный и управляющий. При информационном подходе проводится, как правило, экспериментальное исследование свойств полученного в процессе обработки покрытия и для него прогнозируются эксплуатационные характеристики, корректируемые далее опытным путем или в процессе эксплуатации. Управляющий подход предполагает формирование покрытий с заданными или требуемыми параметрами по условиям эксплуатации изделия.

При традиционных методах режимы обработки назначаются исходя из экономических требований, где качество покрытия является граничным усло-вием при расчете производительности. Применение комбинированных катодных процессов, в частности, гальваноконтактного нанесения покрытий, позволяет сформировать свойства наносимых гальваническим способом осадков под конкретные условия эксплуатации изделий [1].

Цель исследования – проанализировать влияние механических воздействий при нанесении покрытий на создание толстых слоев с постоянными или переменными требуемыми свойствами.

Такой способ назвали гальваноконтактным осаждением (ГКО). Его применение вызвало значительный интерес как в машиностроении, так и у эксплуатационников техники. ГКО оказалось наиболее рациональным для придания высоких прочностных свойств посадочным узлам аэрокосмической техники, перспективным для восстановления нефтегазового оборудования, транспортной техники, особенно зарубежной поставки без предварительного выравнивания припуска заготовки.

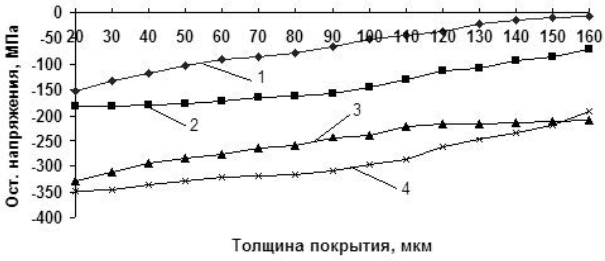
Материалы и методы. Исследования проводили на специально разра-ботанной и спроектированной экспериментальной установке для восстановле-ния внутренних цилиндрических поверхностей, описанной в [8-10]. На установке возможно широкое изменение параметров осаждения: давления инструмента, межэлектродного расстояния, температуры электролита, плотности тока, скорости главного и вспомогательного движения. Микротвердость определяли с помощью твердомера ПМТ-3, шероховатость оценивали с помощью профилографа М 252.

Результаты и обсуждение. Применительно к нанесению хрома достиг-нута шероховатость покрытия R_a=0,02-0,1 мкм, толщина покрытия до 1 мм на диаметр, что охватывает большинство восстанавливаемых деталей и создает условия для продления их ресурса на срок больший (до 30%), чем у новых изделий. При этом отработанная технология позволяет гарантировать стабильность процесса и свойств получаемых покрытий, таких как герметичность, адгезия, износостойкость, коррозионная устойчивость при скорости осаждения до 4 мкм в минуту [2-4].

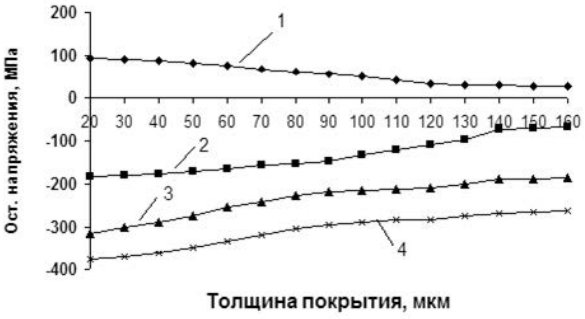
При традиционной операции гальванического хромирования возможно образование качественного осадка толщиной, как правило, не более 60 мкм с крупным зерном, большими растягивающими напряжениями, шероховатостью до R_a=5-10 мкм и значительным наводороживанием слоя (до 10-15 мл на 100 г металла).

Металлографические и рентгеноструктурные исследования хромовых покрытий, полученных методом ГКО, показали возможность получения мелкозернистого покрытия близкого к структуре металлического стекла, которое, как известно, обладает высокой сплошностью, износоустойчивостью, ано-мально высокой механической прочностью (например, предел

прочности стали 45 возрастает с 500 до 1800 МПа при изменении кристаллической структуры). В нанесенном по методу ГКО покрытии образуются сжимающие остаточные напряжения (рис. 1), величина и распределение которых определяются режимными параметрами нанесения покрытия [1].



a



b

Рис. 1. Распределение остаточных напряжений в покрытиях хрома, по-лученных ГКО: a – от давления инструмента: 1 – 0,5 МПа; 2 – 1,0 МПа; 3 – 1,5 МПа; 4 – 2 МПа; b – от температуры стандартного электролита хромирования: 1 – 324 К; 2 – 333 К; 3 – 343 К; 4 – 353 К

Исследования показали, что изменение остаточных напряжений от давления при температуре 333 К и плотности тока 10 кА/м^2 протекают по зависимо-стям, представленным на рисунке 1а; а от температуры электролита при давлении 1МПа – на рисунке 1*b.*

Исходя из эксплуатационных требований к деталям можно выбрать рабочие режимы, обеспечивающие высокие показатели покрытий, формирующих поверхностный слой изделий:

– плотность тока, кА/м^2 – 10-12; температура среды, К330-333; начальное давление инструмента, Мпа – 0,3-0,6; конечное давление инструмента, Мпа – 0,5-1,0; частота главного движения, об/мин – 80-120; количество вспомогательного движения, дв.х./мин –80-120.

Сравнение показателей качества слоя хрома (рис. 2) относительно стандартного гальванического хромирования (1 на рис. 2) показывает, что размеры зерна у покрытия, полученного методом ГКО в 100 раз меньше по сравнению со стандартным хромовым покрытием. Это способствует возрастанию сплошности и герметичности покрытий, что имеет определяющее значение для деталей гидропневмоаппаратуры (штоков, цилиндров, золотников, клапанов и других) [5-7].

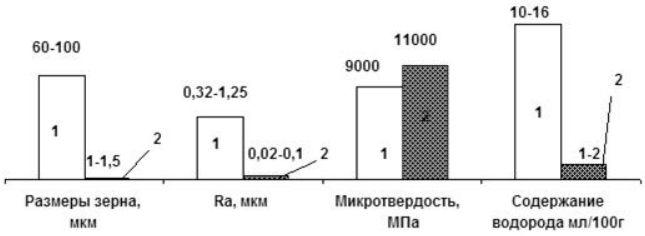


Рис. 2. Сравнительные показатели качества поверхностного слоя, полученного гальваническим (1) и гальвано-контактным осаждением хрома (2)

Шероховатость поверхности в рассматриваемом методе покрытия (рис. 2) обеспечивает зеркальный блеск, хорошую работу сопрягаемых узлов (например, штоков гидроцилиндров), герметичность, малый износ таких деталей, как сальники. Приведенные на рисунке 2 показатели шероховатости указывают на возможность использования ГКО в качестве финишной операции. Микротвердость поверхности после любого варианта хромирования практически одинакова, а содержание водорода после ГКО на порядок меньше, чем после стандартного хромирования. Это дает гарантию сохранения исходных механических свойств деталей после восстановительных работ.

В таблице 1 приведены показатели покрытий на узлах трения при знакопеременных осевых силах с изгибом и кручением при эксплуатации в агрессивных средах.

Таблица 1

Эксплуатационные показатели узлов трения (в числителе – покрытие ГКО, в знаменателе – гальваническое)

Материал основы и покрытия	Толщина покрытия, мкм	Микротрещины на покрытии	Нагрузка на узел трения МПа	Коррозия	Интенсивность износа, (мкм/мин)×10^{-3}
сталь 30ХГСА + хром	200	отсутствуют / имеются	18,8	отсутствует / имеется	4/2,4
сталь 30ХГСНА + хром	250	отсутствуют / имеются	42,3	отсутствует / имеется	9,2/7,2

Детали, приведенные в таблице 1, работали в паре с бронзой. Увеличение интенсивности износа при ГКО можно объяснить большой сплошностью покрытия и малой шероховатостью поверхности, что способствует возникновению сухого трения (без смазки). Однако исследования показывают практически одинаковый экспериментальный коэффициент трения во всем диапазоне нагрузок на узлы Поэтому есть основание считать, что причиной повышенного износа при ГКО является «схватывание» материала (табл. 2). Это ранее было отмечено в работах [2, 3].

Таблица 2

Трудоемкость получения хромового покрытия

Способ получения покрытия	Количество операций	Брак по негерметичности %	Трудоемкость, час		
			Предварительная механическая обработка	Получение покрытия	Окончательная механическая обработка
Гальванический с выглаживанием	8	45	4	0,2	1,5
Гальваномеханический	5	3	4	0,28	-
Гальваноконтактный	4	3	-	0,45	-

Выводы. Метод ГКО заметно снижает трудоемкость ремонта деталей. Гальваноконтактный способ позволяет сократить время восстановления деталей (рассматривались толщины покрытий 150 мкм) до 10-12 раз, а с учетом снижения количества бракованных изделий до 150 раз.

Библиографический список

1. Жачкин С.Ю. Холодное гальваноконтактное восстановление дета-лей. Воронеж: Воронежский государственный технический университет. 2002. 138 с.

2. Жачкин С.Ю., Смоленцев В.П. Шероховатость поверхности и производительность процесса при восстановлении методом ГМХ. Нетрадицион-ные технологии в машиностроении и приборостроении: Межвузовский сборник научных трудов. Воронеж: Воронежский государственный технический университет. 1996. Вып. 1. С. 83-90.

3. Смоленцев В.П., Смоленцев Е.В., Жачкин С.Ю. Технология покры-тия и восстановления деталей // Машиностроитель. 1997. N10. С. 23-24.

4. Nadai A. The forses required for rolling steel strip under tension. Journal of Applied Mechanics ASME. 1939. V. 6. N2. 54-62.

5. Мусхедишвили Н.И. Некоторые основные задачи теории упругости. М.: Наука. 1966. 708 с.

6. Ли Р.И., Кирсанов Ф.А. Технологические аспекты повышения эф-фективности восстановления корпусных деталей автотракторной техники эластомерами // Труды ГОСНИТИ. 2014. Т. 114. N1. С. 100-103.

7. Жачкин С.Ю., Астахов М.В., Зибров Г.В., Михайлов В.В., Пеньков Н.А. Моделирование процесса нанесения на металлическую поверхность многослойных ком-

позитов на основе механики сплошных сред // Труды ГОСНИТИ. 2014. Т. 114. N1. С. 122-127.

8. Westergaard H.M. Theory of elasticity and plasticity. Harvard Univ. Press, Cambridge. 1952. 176.

9. Лурье А.И. Теория упругости. М.: Наука. 1970. 940 с.

10. Качанов Л.М. Упруго-пластическое состояние твердых тел. При-кладная математика и механика. 1941. Т. 5. Вып. 3. С. 431-438.

References

1. Zhachkin S.Yu. Cold galvanokontaktny restoration of de-hoists. Voro-nezh: Voronezh state technical university. 2002. 138.

2. Zhachkin S.Yu., Smolentsev V.P. The surface roughness and productivity of the process during the recovery method of GMH. Non-radiation technologies in mechanical engineering and instrument making: Interuniversity collection of scien-tific works. Voronezh: Voronezh state technical university. 1996. Iss. 1. 83-90.

3. Smolentsev V.P., Smolentsev E.V., Zhachkin S.Yu. Technology of cover-ing and restoring parts. Mashinostroitel. 1997. N10. 23-24.

4. Nadai A. The forses required for rolling steel strip under tension. Journal of Applied Mechanics ASME. 1939. V. 6. N2. 54-62.

5. Mushedishvili N.I. Some basic problems of the theory of elasticity. Mos-cow: Nauka. 1966. 708.

6. Li R.I., Kirsanov F.A. Technological aspects of improving the recovery of body parts of automotive engineering with elastomers. Proceedings GOSNITI. 2014. Vol. 114. N1. 100-103.

7. Zhachkin S.Yu., Astakhov M.V., Zibrov G.V., Mikhailov V.V., Penkov N.A. Simulation of the process of deposition on the metal surface of multilayer composites based on continuum mechanics. Proceedings GOSNITI. 2014. Vol. 114. N1. 122-127.

8. Westergaard H.M. Theory of elasticity and plasticity. Harvard Univ. Press, Cambridge. 1952. 176.

9. Lurie A.I. Theory of elasticity. Moscow: Nauka. 1970. 940.

10. Kachanov L.M. Elastic-plastic state of solids. Applied mathematics and mechanics. 1941. Vol. 5. Iss. 3. 431-438.

УДК 631.3.004.67:665.93:004

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ КЛЕЕВОГО СОСТАВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ STATGRAPHICSPLUS ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

Юрий Владимирович Башкирцев, кандидат технических наук, доцент, e-mail: 4022550@mail.ru;
Дмитрий Игоревич Рогачев, студент
Мытищинский филиал Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана, г. Мытищи, Российская Федерация

Реферат. *Многие организации проводят обслуживание и ремонт техники своими силами в ремонтных мастерских общего назначения. Отсюда возникает потребность в универсальных и недорогих материалах и технологиях ремонта, не требующих специализированного оборудования и высококвалифицированного персонала. (Цель исследования) Разработать термостойкий клеевой состав для ремонта и герметизации системы выпуска отработавших газов транспортных средств, выдерживающий вибрации, механические напряжения и перепады температуры. (Материалы и методы) Использовали различные показатели для оценки клеевых составов: разрушающее напряжение при сжатии, отрыве, сдвиге. Приняли в качестве параметра оптимизации величину разрушающего касательного напряжения (функцию отклика). Применили для экспериментальных исследований теорию планирования эксперимента как раздел математической статистики, изучающий рациональную организацию измерений и наблюдений. Аппроксимировали экспериментальные данные при помощи компьютерной программы STATGRAPHICS Plus, которая предусматривает разработку экспериментального плана, задание имени и сохранение плана эксперимента, ввод экспериментальных данных, анализ экспериментальных данных с одновременным графическим отображением исследуемых зависимостей, а также позволяет определять оптимальную концентрацию компонентов клеевого состава. (Результаты и обсуждение) Разработали клеевой состав для ремонта системы выпуска отработанных газов. В качестве основы состава использовали калиевое жидкое стекло, в качестве наполнителей – глинозем, графит и карбонильное железо Р10. Применили при разработке состава в качестве параметра оптимизации разрушающее касательное напряжение, которое характеризует адгезионные свойства клеевого состава. (Выводы) Созданный клеевой состав не уступает импортным аналогам. Испытания показали, что адгезионные характеристики увеличиваются при наполнении состава карбонильным железом в пределах 10-20 процентов.*

Ключевые слова: *ремонт глушителя, клеевой состав, система выпуска отработанных газов, оптимизация компонентов клеевого состава.*

Для цитирования: *Башкирцев Ю.В., Рогачев Д.И. Оптимизация концентрации клеевого состава с использованием компьютерной программы statgraphicsplus для восстановления машин и оборудования // Технический сервис машин. 2019. N3(136). С. 99-105.*

OPTIMIZATION OF CONCENTRATION OF GLUTINOUS STRUCTURE WITH USE OF COMPUTER PROGRAM STATGRAPHICS PLUS FOR RESTORATION OF CARS AND THE EQUIPMENT

Yuri V. Bashkirtsev, Ph.D.(Eng.), associate professor, e-mail: 4022550@mail.ru;
Dmitry I. Rogachev, student
Mytishchi branch of Moscow State Technical University. N.E. Bauman, Mytishchi, Russian Federation

Abstract. *Many organizations carry out maintenance and repair of equipment on their own in General purpose repair shops. Hence, there is a need for universal and inexpensive materials and repair technologies that do not require specialized equipment and highly qualified personnel. (Research purpose) To Develop a heat-resistant adhesive composition for the repair and sealing of the exhaust system of vehicles that can withstand vibration, mechanical stress and temperature changes. (Materials and methods) Used different indicators to assess the adhesive compositions: breaking stress in compression, separation, shear. The value of the destructive shear stress (response function) was taken as an optimization parameter. Applied for experimental research the theory of planning the experiment as a section of mathematical statistics, studying the rational organization of measurements and observations. The experimental data were approximated using the computer program STATGRAPHICS Plus, which provides for the development of an experimental plan, the name and preservation of the experimental plan, the input of experimental data, the analysis of experimental data with simultaneous graphical display of the studied dependencies, and also allows to determine the optimal concentration of the components of the adhesive composition. (Results and discussion) Developed the adhesive for the repair of the exhaust system. As the basis of the composition, potassium liquid glass was used, alumina, graphite and carbonyl iron P10 were used as fillers. The destructive shear stress, which characterizes the adhesive properties of the adhesive composition, was used in the development of the composition as an optimization parameter. (Conclusions) The created adhesive composition is not inferior to imported analogues. Tests have shown that the adhesion characteristics increase when the composition is filled with carbonyl iron in the range of 10-20 percent.*

Keywords: *repair of the muffler, glutinous structure, system of release of the fulfilled gases, optimization of components of glutinous structure.*

For citation: *Bashkirtsev Y.V., Rogachev D.I. Optimization of concentration of glutinous structure with use of computer program statgraphics plus for restoration of cars and the equipment. Tekhnicheskiy servis mashin. 2019. N3(136). 99-105*

Введение. Технический сервис машин и оборудования рассматривается как необходимое условие функционирования агропромышленного комплекса. Многие организации проводят обслуживание и ремонт техники своими силами в ремонтных мастерских общего назначения. Отсюда возникает потребность в универсальных и недорогих материалах и технологиях ремонта, не требующих специализированного оборудования и высококвалифицированного персонала.

Рыночные отношения практически искоренили такое понятие как дефицит запасных частей, что делает экономически нецелесообразным восстановление простых в изготовлении деталей и наоборот появляется острая необходимость в восстановлении сложных деталей. Вследствие этого необходимо уделять внимание разработке технологий ремонта, сложных в изготовлении объектов, одним из которых является система выпуска отработанных газов.

Цель исследования – разработать термостойкий клеевой состав для ремонта и герметизации системы выпуска отработавших газов транспортных средств, выдерживающий вибрации, механические напряжения и перепады температуры.

Материалы и методы. Клеевое соединение представили как кибернетический объект исследования в виде так называемого «черного ящика».

Для оценки клеевых составов используют различные показатели: разрушающее напряжение при сжатии, отрыве, сдвиге. В каждом конкретном случае вырабатывается одно или несколько основных требований. В качестве параметра оптимизации, принят один параметр – величина разрушающего касательного напряжения (функция отклика) [1].

По величине коэффициентов регрессии будем судить о степени влияния изменения массовой доли компонентов клея на величину разрушающего касательного напряжения.

Научным подходом к планированию экспериментальных исследований является теория планирования эксперимента как раздел математической статистики, изучающий рациональную организацию измерений и наблюдений. Использование теории планирования эксперимента позволяет экспериментатору лучше разобраться в происходящих процессах, определить взаимосвязи между входными и выходными параметрами и сделать надежные выводы [2].

Компьютерная система планирования эксперимента, такая как STATGRAPHICS Plus, разработанная американской корпорацией Manugistics, по признанию многих авторитетных журналов (Infoworld, SoftwareDigest и других) является на сегодняшний день одной из наиболее эффективных систем статистического анализа данных. Такую высокую оценку STATGRAPHICS Plus заслужил благодаря удачному соединению научных методов обработки разнотипных данных с современной интерактивной графикой. Доступный интерфейс и тщательно отшлифованная доку¬ментация существенно изменили представления об этой предметной области. Если раньше она считалась уделом высококвали¬фицированных профессионалов в математической статистике, владеющих в достаточно полном объеме ее тонкостями, то теперь планирование эксперимента стало доступно широкому кругу специалистов в других областях. В STATGRAPHICS включен весь спектр графических процедур, которые позволяют подбирать, а также ясно и точно «видеть» особенности анализи¬руемого материала, в том числе и трехмерные поверхности отклика разного вида. При этом все графические отображения являются интерактивными. Можно (как в автоматическом, так и ручном режимах) подбирать наиболее иллюстративные рисунки и графики экспериментальных планов.

Использование STATGRAPHICS Plus предусматривает разработку экспериментального плана, задание имени и сохранение плана эксперимента, ввод экспериментальных данных, анализ экспериментальных данных с од-

новременным графическим отображением исследуемых зависимостей. Компьютерная программа позволяет не только аппроксимировать экспериментальные данные, но и определять оптимальную концентрацию компонентов клеевого состава.

С помощью этой программы мы разработали клеевой состав для ремонта системы выпуска отработанных газов. В качестве основы состава использовали калиевое жидкое стекло, в качестве наполнителей – глинозем, графит и карбонильное железо Р10.

При разработке состава в качестве параметра оптимизации применили разрушающее касательное напряжение, которое характеризует адгезионные свойства клеевого состава. Испытания показали, что адгезионные характеристики увеличиваются при наполнении состава карбонильным железом в пределах 10-20% [3].

Результаты и обсуждение. Результаты оптимизации концентрации клеевого состава с помощью программы представлены на рисунках 1-4. На рисунке 1 представлен график поверхности отклика, на рисунке 2 – контурный график, по этим графикам можно оценить влияние каждого компонента на параметр оптимизации. Оптимальную концентрацию компонентов позволяет определить наложенный график рисунка 3, где в месте пересечения показана оптимальная концентрация компонентов [4-6].

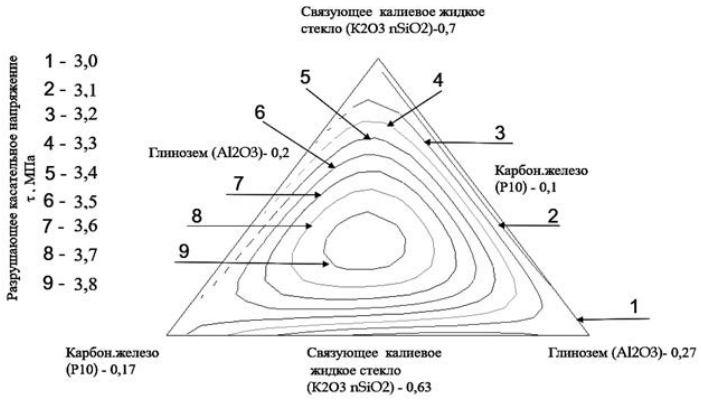


Рис. 1. График поверхности отклика

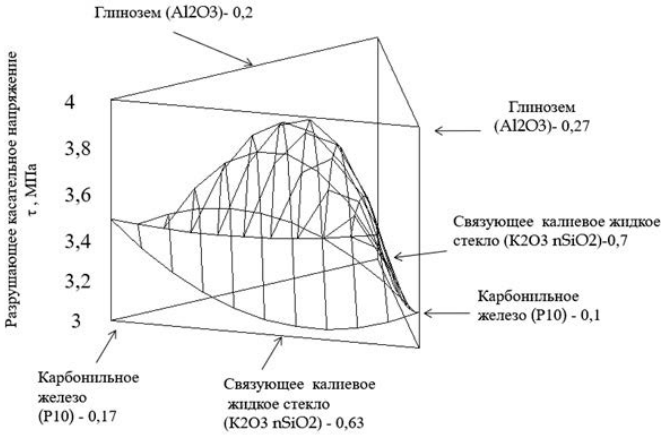


Рис. 2. Контурный график

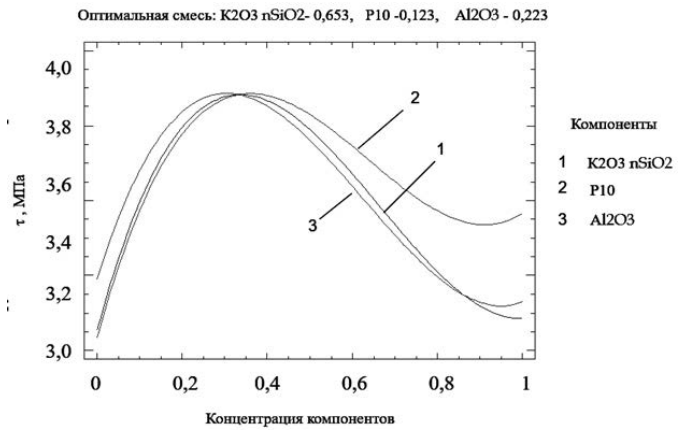


Рис. 3. Наложенный график для оптимизации компонентов клеевого состава
После получения состава были проведены эксплуатационные испытания с нанесением клеевого состава на поврежденный коллектор (рис. 4) [7-12].

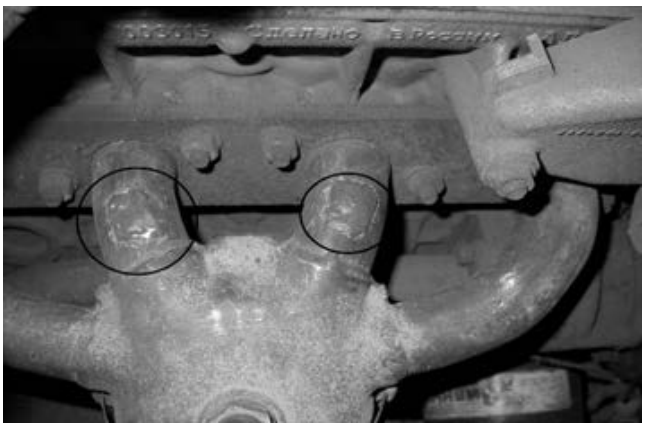


Рис. 4. Нанесенный клеевой состав на поврежденный коллектор

Выводы. Результаты эксплуатационных испытаний представлены в таблице, из которой видно, что разработанный состав не уступает импортным аналогам, тем самым поддерживая курс на импортозамещение, которое декларируется в России с 2014 года после введения взаимных санкций Россией и странами Запада.

Таблица

Результаты эксплуатационных испытаний клеевых составов

Наименование состава	Пробег, км
Экспериментальный состав (Россия)	20000
ABRO (США)	8000
Repmatex (США)	20000
DoneDel (США)	13000
Десан (Россия)	3000

Библиографический список

1. Петрова А.П., Донской А.А., Чехлых А.Е., Щербин А.А. Клеящие материалы. Герметики: справочник. СПб.: НПО «Профессионал». 2008. 592 с.

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

3. Панин А.А. «Термолиты» работоспособны при 1000 °С // Сельский механизатор. 2007. N6.

4. Быков В.В., Голубев И.Г., Голубев М.И. Технология и организация восстановления деталей и сборочных единиц при сервисном обслуживании. М.: Московский государственный университет леса. 2014. 275 с.

5. Бурак П.И., Голубев И.Г. Реализация инновационных технологий технического сервиса. М.: Росинформагротех. 2014. 160 с.

6. Голубев И.Г., Табаков П.А. Опыт восстановления деталей для сельскохозяйственной техники // Техника и оборудование для села. 2013. N2. С. 39-40.

7. Соловьев С.А., Лялякин В.П., Горячев С.А., Мишина З.Н., Герасимов В.С., Соловьев Р.Ю, Голубев И.Г., Черноиванов В.И. Инновационные направления развития ремонтно-эксплуатационной базы для сельскохозяйственной техники. М.: Россинформагротех. 2014. 160 с.

8. Корнеев Н.В. Адгезивы при техническом сервисе машин и оборудования. М.: РИАМА. 2018.

9. Башкирцев Ю.В., Голубев И.Г., Корнеев Н.В., Голубев М.И., Апатенко А.С. Современные технологии восстановления деталей машин. М.: РИАМА. 2019. 42 с.

10. Башкирцев В.И., Сливов А.Ф., Башкирцев Ю.В. Обеспечение работоспособности трубопроводов, работающих под давлением, путем использования формообразующих клеевых составов. Международный научный журнал. 2014. N2. С. 88- 93.

11. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации. Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. N 642.

12. Стратегия развития сельскохозяйственного машиностроения России на период 2030 года. Утверждена Распоряжением Правительства РФ от 7 июля 2017 г. № 1455-р.

References

1. Petrova A.P., Donskoy A.A., Chekhlykh A.E., Shcherbin A.A. The gluing materials. Sealants: reference book. St. Petersburg: NPO Professional. 2008. 592.

2. Chernoivanov V.I., Golubev I.G., Lyalyakin V. P. Organization and technology of restoration of details of cars. Moscow: Rosinformagrotekh. 2016. 568.

3. Panin A.A. Termolita are efficient at 1000 °C. The Rural machine operator. 2007. N6.

4. Bykov V.V., Golubev I.G., Golubev M.I. Technology and the organization of restoration of details and assembly units at service. Moscow: Moscow State University of the wood. 2014. 275.

5. Burak P.I., Golubev I.G. Implementation of innovative technical service technologies. Moscow: Rosinformagrotekh. 2014. 160.

6. Golubev I.G., Tabakov P.A. Experience in the restoration of parts for agricultural machinery. Machinery and equipment for the village. 2013. N2. 39-40.

7. Solovyov S.A., Lyalyakin V.P., Goryachev S.A., Mishina Z.N., Gerasimov V.S., Solovyev R.Yu., Golubev I.G., Chernoivanov V.I. Innovative directions of development of repair and maintenance base for agricultural machinery. Moscow: Rossinformagrotekh. 2014. 160.

8. Korneev N.V. Adhesives for the maintenance of machinery and equipment. Moscow: RIAMA. 2018.

9. Bashkirtsev Yu.V., Golubev I.G., Korneev N.V., Golubev M.I., Apatenko A.S. Modern technologies for the restoration of machine parts. Moscow: RIAMA. 2019. 42.

10. Bashkirtsev V.I., Slivov A.F., Bashkirtsev Yu.V. Ensuring the efficiency of pipelines working under pressure through the use of molding adhesives. International Journal of Science. 2014. N2. 88-93.

11. The strategy of scientific and technological development of the Russian Federation. Approved by the Decree of the President of the Russian Federation of December 1, 2016. N 642.

12. The development strategy of agricultural engineering in Russia for the period of 2030. Approved by the Order of the Government of the Russian Federation dated July 7, 2017. N 1455-p.

УДК 631.3.072:62-822

ПОИСК РАЦИОНАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ХОЛОДНОГО ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ

Алексей Сергеевич Назаркин, аспирант,
e-mail:lescha999@yandex.ru;
Александр Юрьевич Сахаров, магистрант;
Александр Михайлович Земсков,
кандидат технических наук, старший преподаватель;
Павел Александрович Ионов,
кандидат технических наук, профессор
Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, г. Саранск, Российская Федерация

Реферат. *Восстановление деталей изготовленных из алюминиевых сплавов методами нанесения покрытий вызывает сложности, связанные с наличием на обрабатываемых поверхностях тугоплавкой оксидной пленки препятствующей прочному сцеплению наносимых покрытий. (Цель исследования) Определить рациональные технологические режимы холодного газодинамического напыления порошкового материала, обеспечивающие необходимые функциональные свойства покрытия восстанавливаемых деталей машин. (Материалы и методы) Применили метод полного факторного эксперимента 22, позволяющий получить математическую модель, которая с высокой достоверностью описывает связь параметра оптимизации (характеризующего процесс напыления) со статистически значимыми технологическими режимами (факторами) и их взаимным влиянием. Формировали покрытия методом холодного газодинамического напыления; в качестве материалов для нанесения использовали порошки, произведенные Обнинским центром порошкового напыления, следующих марок: А-20-11, АА-80-13. Проводили испытания на всех температурных режимах установки ДИМЕТ модели 403. (Результаты и обсуждение) Определили рациональные технологические режимы холодного газодинамического напыления порошкового материала методом крутого восхождения, при которых достигается необходимая нормативная толщина слоя покрытия для восстановления деталей при площади опорной поверхности не менее 80 процентов. Отметили, что процесс формирования покрытия методом холодного газодинамического напыления зависит от многих факторов: технологических параметров установки, рабочего давления носителя, свойств материалов детали и порошка, изменение которых влияет на функциональные свойства покрытия. (Выводы) Установили основные зависимости процесса холодного газодинамического напыления порошкового материала и факторы, влияющие на производительность. Определили рациональные технологические режимы напыления порошкового материала, обеспечивающие необходимые функциональные свойства формируемых покрытий. Полученные результаты могут быть использованы в условиях ремонтных предприятий и сервисных центров для восстановления деталей машин, изготовленных из алюминиевых сплавов.*

Ключевые слова: *холодное газодинамическое напыление, метод, восстановление, покрытие, эксперимент, математическая модель.*

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

SEARCH FOR RATIONAL TECHNOLOGICAL MODES OF COLD GAS DYNAMIC DUSTING

Aleksey S. Nazarkin, post-graduate student,
e-mail:lescha999@ yandex.ru;
Alexander Yu. Sakharov, master student;
Alexander M. Zemskov, Ph.D.(Eng.),
senior teacher;
Pavel A. Ionov, Ph.D.(Eng.), professor
National Research Mordovia State University. N.P. Ogareva,
Saransk, Russian Federation

Abstract. *Restoration of parts made of aluminum alloys by coating methods causes difficulties associated with the presence of refractory oxide film on the treated surfaces that prevents the strong adhesion of the applied coatings. (Research purpose) To Determine the rational technological modes of cold gas-dynamic spraying of powder material, providing the necessary functional properties of the coating of the restored machine parts. (Materials and methods) Applied the method of full factorial experiment 22, which allows to obtain a mathematical model that describes with high reliability the relationship of the optimization parameter (characterizing the deposition process) with statistically significant technological modes (factors) and their mutual influence. The coatings were formed by the method of cold gas-dynamic spraying; powders produced by the Obninsk powder spraying center of the following brands were used as materials for application: A-20-11, AA-80-13. Were tested at all temperature regimes installation DIMET model 403. (Results and discussion) Determined the rational technological modes of cold gas-dynamic spraying of powder material by the method of steep ascent, in which the required standard thickness of the coating layer is achieved for the restoration of parts with a reference surface area of at least 80 percent. It was noted that the process of forming the coating by cold gas-dynamic spraying depends on many factors: the technological parameters of the installation, the operating pressure of the carrier, the properties of the materials of the part and the powder, the change of which affects the functional properties of the coating. (Conclusions) Established the main dependences of the process of cold gas-dynamic spraying of powder material and the factors affecting the performance. The rational technological modes of powder material deposition providing the necessary functional properties of the formed coatings were determined. The obtained results can be used in the conditions of repair companies and service centers for the restoration of machine parts made of aluminum alloys.*

Keywords: *cold gas-dynamic spraying, method, restoration, coating, experiment, mathematical model.*

For citation: *Nazarkin A.S., Sakharov A.Yu., Zemskov A.M., Ionov P.A. Search for rational technological modes of cold gas dynamic dusting. Tekhnicheskiy servis mashin. 2019. N3(136). 106-113.*

Введение. В настоящее время свыше 25% всех деталей машин изготавливают из алюминиевых сплавов [1, 10]. Такой высокий процент обусловлен стремлением заводов-изготовителей снизить массу агрегатов. Из алюминиевых сплавов изготавливаются ответственные и ресурсоопределяющие детали ДВС (головки блока цилиндров, блоки цилиндров, поршни и др.) корпуса КПП, радиаторы [2, 3].

Однако восстановление данных деталей вызывает некоторые затруднения, связанные с наличием на обрабатываемой поверхности тонкой 0,002-0,003 мкм, тугоплавкой ($T_{пл}$ = 2050°С) оксидной пленки Al_2O_3 (стандартной энтальпией образования при 298К – 1676 кДж/моль) препятствующей прочному сцеплению наносимых покрытий с основой. Применение травления обеспечивает разрушение и удаление с поверхности слоя окисла, но приводит к образованию поверхности с ненасыщенными связями. Кроме этого, разрыв по времени между травлением и нанесением покрытий достаточен для образования новой окисной пленки.

Анализ литературных источников показывает, что наиболее приемлемыми для восстановления изношенных деталей, изготовленных из алюминиевых сплавов, являются газотермические методы [1, 4, 5, 9, 10]. Суть которых заключается в ускорении и нагреве до расплавленного или пластифицированного состояния частиц напыляемого материала в высокотемпературном газовом потоке, а также направлении их на обрабатываемую поверхность. Применение данного метода для восстановления ресурсоопределяющих деталей машин ограниченно. Это связано со значительным нагревом обрабатываемых поверхностей деталей, что приводит к возникновению внутренних напряжений и их короблению. Наиболее перспективными является метод холодного газодинамического напыления (ХГДН), реализуемый на оборудовании ДИМЕТ. Особенность данного метода состоит в возможности получать покрытия из частиц, имеющих температуру значительно меньше их температуры плавления, а это открывает широкие возможности для его применения [2-4, 10].

Формирование покрытий при ХГДН порошков основано на явлении прилипания движущихся с большой кинетической энергией твердых частиц порошка к обрабатываемой поверхности детали в процессе их высокоскоростного удара. Для этого мелкодисперсный порошковый материал размерами от 5 до 50 мкм получает начальную скорость от подогретого до 300 ^{0}С и сжатого до 0,6 МПа воздуха, а затем разгоняется в сверхзвуковом сопле оборудования свыше 150 м/с. После соударения около 30-40% частиц порошка закрепляются на поверхности детали, остальная часть рассеивается в окружающую среду. Для полученных данным методом покрытий подходят все известные способы механической обработки [2, 3].

Рассмотрим более подробно основные зависимости процесса ХГДН, влияющие на прочность сцепления получаемых покрытий с основой и прочность самих покрытий. Холодное газодинамическое напыление представляет собой сложный процесс, зависящий от многих факторов, изменение которых влияет на функциональные свойства покрытия. К таким факторам относятся рабочее давление носителя, энергетические режимы оборудова-

ния, свойства материалов детали и порошка, расход порошка.

Взаимосвязь функциональных свойств покрытий (толщины h и коэффициент использования порошкового материала k) с факторами процесса ХГДН можно представить в следующем виде:

$$h, k = f(T, P, t_{об}, Q, S, M_д, M_п, A \ldots), \quad (1)$$

где T – энергетический (температурный) режим, ^{0}С; P – рабочее давление носителя, МПа; $t_{об}$ – время обработки, мин; Q – расход порошка, г/с; S – площадь обрабатываемой поверхности, см^2; $M_д$ и $M_п$ – соответственно материал детали и порошка; A – угла наклона сопла к поверхности детали, рад.

Проведенные предварительные исследования показали, что часть факторов выражения (1) оказывает несущественное влияние (менее 5%) на толщину наносимого покрытия и коэффициент использования порошкового материала, из дальнейших исследований они исключены. Наибольшее влияние оказывают энергетический режим и расход порошка установки, рабочее давление носителя, свойства материалов детали и порошка. Однако результатов влияния представленных выше факторов на функциональные свойства покрытий нет.

Поэтому проведение экспериментальных исследований, направленных на изучение влияния технологических режимов ХГДН, является актуальной задачей.

Цель исследования – определить рациональные технологические режимы холодного газодинамического напыления порошкового материала, обеспечивающие необходимые функциональные свойства покрытия восстанавливаемых деталей машин.

Материалы и методы. Для исследования процесса ХГДН применили метод полного факторного эксперимента 2^2, позволяющий получить математическую модель, которая с высокой достоверностью описывает связь параметра оптимизации (характеризующего процесс ХГДН) со статистически значимыми технологическими режимами (факторами) и их взаимным влиянием. Эксперимент проводили в соответствии с методикой, представленной в [6-8].

Для проведения исследования подготовили образцы из алюминия марки Ал-11, с размерами 30 ×30×8 мм (площадь обрабатываемой поверхности составляла 9 см^2) с шероховатостью $R_а$ 0,8 мкм. На рабочих поверхностях образцов формировали покрытия методом холодного газодинамического напыления. В качестве материалов для нанесения использовали порошки, произведенные Обнинским центром порошкового напыления, следующих марок: А-20-11, АА-80-13. Испытания проводили на всех температурных режимах установки ДИМЕТ модели 403. Расход порошка определяли в зависимости от условий нанесения покрытия. Для получения математической модели необходимо задать параметр оптимизации, от которого зависит достоверность и возможность практического использования полученных результатов. В качестве исходной математической модели использовали выражение (1), а за параметр оптимизации приняли коэффициент использования порошкового материала k. За постоянный фактор принято рабочее давление носителя (воздуха) P = 0,7 МПа.

За варьируемые факторы, влияющие на параметр оптимизации исходя

из условия обязательной возможности их регулирования, независимости и однозначности, приняли значения расхода порошкового материала Q г/с и температурный режим Т °С. В полный факторный эксперимент для каждого фактора включают только два уровня варьирования – верхний и нижний, установленные по результатам однофакторных экспериментов.

Результаты и обсуждение. Уровни варьирования факторов, полученные в результате однофакторных экспериментов, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Исследуемые факторы в действительных и кодированных значениях

Уровни варьирования факторов	Факторы процесса в единицах измерения			
	(x_1) – Т		(x_2) – Q, г/с	
Верхний	4	1,39	0,3	-1,2
Нижний	2	0,69	0,1	-2,3
Основной	3	1,1	0,2	-1,61
Интервал варьирования	1	0	0,1	-2,3
Кодовое обозначение	Т	Ln Т	Q	Ln Q

где (X_1) – T – температурный режим, T-2 = 200 °С, Т-4 = 400 °С; (X_2) – Q – расход порошкового материала, г/с.

Сочетание факторов и полученные результаты опытов для коэффициента использования порошкового материала представлены в таблице 2.

Дисперсию воспроизводимости по данным трех параллельных наблюдений в каждой точке плана суммируют ($\sum S_{\upsilon}^2 = 0{,}00024$) и находят максимальное значение по текущим номерам точек плана ($S_{\upsilon_{max}}^2 = 0{,}00013$) [6].

Таблица 2

Сочетание факторов и полученные результаты опытов для толщины покрытия

Номер точки плана	Значения факторов в кодовых обозначениях			Комбинация произведений факторов в кодовых обозначениях	Действительное значение показателя параметра оптимизации		
	X_0	X_1	X_2	X_1X_2	Y_1	Y_2	Y_3
1	+	-	-	+	0,146	0,148	0,147
2	+	+	-	-	0,281	0,28	0,283
3	+	-	+	-	0,132	0,134	0,135
4	+	+	+	+	0,275	0,274	0,272

Проверку однородности дисперсии проводят по критерию Кохрена. Табличное значение критерия $G_{кр}$ = 0,7679 при уровне значимости q = 5%, степенях свободы V_{1b} = 2 и V_{2b} = 4. Расчетное значение критерия Кохрена составляет G = 0,66708. Оно меньше табличного значения (G = 0,55075 < $G_{кр}$ = 0,7679), следовательно, гипотеза об однородности дисперсий принималась. Значимость расчетных коэффициентов регрессии проводится по t – критерию Стьюдента. Его критическое значение $t_{кр}$ = 2,306 при уровне значимости q = 5% и степени свободы $V_{зн}$ = 8; t – критерий для каждого расчетного коэффициента регрессии определяется по формуле, представленной в методике [6]. Факторы, у которых расчетные значения этого критерия меньше критического $t_{кр}$, признавались незначимыми. Результаты расчета показаны в таблице 3.

Таблица 3

Результаты расчета коэффициентов регрессии и критерия Стьюдента

Факторы и их комбинации	Величина коэффициента регрессии	Расчетное значение критерия Стьюдента	Заключение о значимости
X_0	– 1,6235	243,03	Значим
X_1	0,34143	51,1109	Значим
X_2	– 0,0307	4,59354	Значим
X_1X_2	0,01687	2,52547	Значим

После расчета коэффициентов получено уравнение регрессии в виде:

$$Ln\,k = -1{,}6235 + 0{,}34143LnX_1 - 0{,}0307LnX_2 + 0{,}01687LnX_1X_2\,. \qquad (2)$$

После раскодирования и потенцирования уравнения регрессии (2) и замены кодированных значений факторов на действительные получили математическую модель в виде:

$$k = 0{,}0558 \cdot T^{1{,}1405} \cdot Q^{0{,}0886\,LnT - 0{,}147} \qquad (3)$$

Адекватность модели (3) проверяется по критерию Фишера. Табличное значение $F_{кр}$ = 5,32 при уровне значимости q = 5% и степенях свободы V_{1ad} = 2, $V_{2\,ad}$ = 8. Расчетное значение $F = 6{,}2149 \cdot 10^{-27}$, что меньше табличного значения, следовательно, гипотеза об адекватности модели принимается. Проверка адекватности математической модели показала, что относительное отклонение расчетных и экспериментальных значений коэффициента использования порошкового материала составляет для верхнего уровня Δ = 1,9%, для нижнего – Δ = 2%. Таким образом, математическая модель (3) с высокой точностью описывает связь коэффициента использования порошкового материала с технологическими режимами ХГДН. Степень влияния технологических режимов ХГДН на коэффициент использования порошкового материала представлена на рисунке 1.

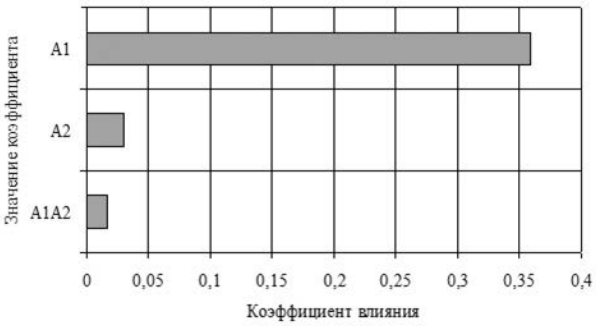


Рис. 1. Степень влияния технологических режимов ХГДН на коэффициент использования порошкового материала k

Анализ карты Парето (рис. 1) показал, что степень влияния значимых факторов на коэффициент использования порошкового материала располагается следующим образом: A_1 = 0,3594 – температурный режим; A_2 = 0,0307 – расход порошкового материала; A_1A_2 = 0,017 – совместное влияние

температурного режима и расхода порошкового материала. Оптимизация математической модели (3) методом крутого восхождения позволила определить рациональные технологические режимы ХГДН, при которых достигается необходимая нормативная толщина слоя покрытия для восстановления деталей при площади опорной поверхности не менее 80% [6-8]. Коэффициент использования порошкового материала – это безразмерная величина, определяемая отношением массы полученного покрытия к массе израсходованного при этом порошкового материала. Таким образом, толщина формируемого покрытия зависит от коэффициента использованного порошкового материала, выдаваемого установкой.

В технологическом процессе восстановления толщина формируемого покрытия является одним из важнейших параметров. Поэтому именно данный параметр выступал в качестве результирующего при оптимизации. Результаты оптимизации математической модели представлены в таблице 4. Наилучшие показатели по качеству слоя получены на температурном режиме 3 обработкой порошком алюминия с цинком марки А-20-11, при норме расхода порошкового материала 0,2-0,3 г/с. Толщина сформированного покрытия – 0,8 мм.

Таблица 4

Рациональные технологические режимы ХГДН

Марка порошка	Режимы ХГДН			Толщина слоя, мм	Сплошность покрытия, %
	Температурный режим установки	Расход порошка, г/с	Время напыления 1 см^2 в сек		
АА-80-13	3	0,1-0,3	30	2,0	90
АА-80-13	4	0,4		7,5	85
АА-80-13	5	0,5		11,5	80
А-20-11	3	0,2-0,3		0,8	95
А-20-11	4	0,3		1,5	90

Максимальная толщина покрытия порошком марки АА-80-13 составила 11,5 мм на температурном режиме 5 установки при норме расхода порошкового материала 0,5 г/с. Сплошность сформированного покрытия составила 80%. Необходимая нормативная толщина покрытия для различных деталей достигалась всеми исследуемыми марками порошкового материала на температурных режимах работы установки от 3-го до 5-го. Оптимальным по соотношению толщины и качества слоя является температурный режим 4 установки.

Выводы. Установили основные зависимости процесса ХГДН и факторы, влияющие на производительность. Определили рациональные технологические режимы ХГДН порошкового материала, обеспечивающие необходимые функциональные свойства формируемых покрытий. Полученные результаты могут быть использованы в условиях ремонтных предприятий и сервисных центров для восстановления деталей машин, изготовленных из алюминиевых сплавов.

Бибилиографический список

1. Применение металлов в автомобилестроении [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.metaljournal.com.ua . Загл. с экрана.

2. Димет. Официальный представитель Россия [Электронный ресурс]. Режим

доступа: http://www.dimet.org. Загл. с экрана.

3. Димет – оборудование для холодного газодинамического напыления металлов [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.dimet.info. Загл. с экрана.

4. Бобкова Т.И., Деев А.А., Быстров Р.Ю., Фармаковский Б.В. Нанесение износостойких покрытий с регулярной твердостью с помощью сверхзвукового холодного газодинамического напыления // Электрофизические и элекрохимические методы обработки. 2012. N5-6 (71-72). С. 45-49.

5. Джуринский Д.В. Разработка методики исследования и оптимизации технологии сверхзвукового холодного газодинамического напыления при консолидации алюминиевых конструкций // Вопросы материаловедения. 2004. N1. С. 41-48.

6. Методика выбора и оптимизации контролируемых параметров технологических процессов. РДМУ 109-77. М.: Издательство стандартов. 1978. 64 с.

7. Ионов П.А., Столяров А.В., Земсков А.М. Поиск рациональных технологических режимов электроискровой обработки поршней и золотников объемного гидропривода ГСТ-112 // Труды ГОСНИТИ. 2014. Т. 116. С. 66-70.

8. Ионов П.А., Сенин П.В., Столяров А.В., Земсков А.М. Исследование механизма потери работоспособности объемного гидропривода ГСТ-112 // Труды ГОСНИТИ. 2014. Т. 116. С. 16-23.

9. Клинков С.В., Косарев В.Ф., Желнина А.С. Нанесение методом холодного газодинамического напыления композитных (металл-металл) покрытий // Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. 2016. N47. С. 135-153.

10. Косарев В.Ф., Клинков С.В. Холодное газодинамическое напыление – альтернатива газотермическому напылению // Нефть и газ Сибири. 2018. N3 (32). С. 72-76.

References

1. The use of metals in the automotive industry [Electronic resource]. Mode of access: http:// http://www.metaljournal.com.ua. The Title. from the screen.

2. DIMET. Official representative of Russia [Electronic resource]. Mode of access: http://www.dimet.org. The Title. from the screen.

3. DIMET – equipment for cold gas-dynamic deposition of metals [Electronic resource]. Mode of access: http://www.dimet.info. Tit. from the screen.

4. Bobkova T.I., Deev A.A., Bystrov R.Yu., Farmakovsky B.V. Application of wear-resistant coatings with regular hardness using supersonic cold gas-dynamic spraying. Electrophysical and electrochemical processing methods. 2012. N5-6 (71-72). 45-49.

5. Dzhurinskiy D.V. Development of methodology for the study and optimization of the technology of supersonic cold gasdynamic spraying at consolidation of aluminium structures. Questions of materials science. 2004. N1. 41-48.

6. Methods of selection and optimization of controlled parameters of technological processes. RDMU 109-77. Moscow: Publishing house of standards. 1978. 64.

7. Ions P.A., Stolyarov A.V., Zemskov A.M. The Search for rational technological regimes of electric spark machining of the pistons and the spool of the hydraulic volume of GST-112. Proceedings of GOSNITI. 2014. Vol. 116. 66-70.

8. Ions P.A., Senin, P.V., Stolyarov A.V., Zemskov A.M. Investigation of the mechanism of loss of efficiency of volumetric hydraulic drive GST-112. Proceedings of GOSNITI. 2014. Vol. 116. 16-23.

9. Klinkov S.V., Kosarev V.F., Zhelnina A.S. Application of composite (metal-metal) coatings by cold gas-dynamic spraying. Vestnik PNRPU. Aerospace engineering. 2016. N47. 135-153.

10. Kosarev V.F., Klinkov S.V. Cold gas-dynamic spraying – alternative to gas-thermal spraying. Oil and gas of Siberia. 2018. N3 (32). 72-76.

УДК 620.178.162.43

ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ВОССТАНОВЛЕННЫХ НАПЛАВКОЙ БАЛАНСИРОВ ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН

Егор Олегович Рещиков[1], инженер, e-meil: egorreschikov@gmail.com;
Владислав Алексеевич Павлов[2], магистрант;
Дмитрий Борисович Слинко[1, 2], кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник;
[1]Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация
[2]Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), Москва, Российская Федерация

Реферат. *Наиболее интенсивному износу в гусеничных машинах подвергается ходовая часть. В технической литературе подробно изучено восстановление элементов ходовой части различными методами наплавки. (Цель исследования) Определить наиболее рациональный способ восстановления балансира гусеничной машины, обеспечивающий высокую износостойкость. (Материалы и методы) Провели сравнительные испытания на износостойкость балансиров БМП-1 как новых, так и восстановленных методами плазменно-порошковой и электродуговой наплавки проволокой в защитном газе. Осуществляли плазменную наплавку порошком ПГ-СР2 на основе никеля, при этом заявленная производителем твердость наплавленного слоя должна составлять 48-52 HRC. (Результаты и обсуждение) Установили, что балансиры, восстановленные электродуговой наплавкой проволокой в защитном газе и плазменно-порошковой наплавкой, обладают износостойкостью в 3,8 раза и в 2,4 раза выше чем новый соответственно. Отметили, что полученные результаты согласуются с заявленной производителями расходных материалов твердостью. Твердость наплавленного слоя при использовании указанной проволоки примерно на 8-10 процентов выше, чем при наплавки порошком, и на 40-45 процентов выше, чем твердость нового балансира. (Выводы) Электродуговую наплавку проволокой в защитном газе можно рассматривать как альтернативу методу плазменно-порошковой наплавки.*

Ключевые слова: *износостойкость, балансир, гусеничная техника, электродуговая наплавка в среде защитных газов, плазменно-порошковая наплавка.*

Для цитирования: *Рещиков Е.О., Павлов В.А., Слинко Д.Б. Износостойкость восстановленных наплавкой балансиров гусеничных машин // Технический сервис машин. 2019. N3(136). С. 114-119.*

TRACKED MACHINES BALANCERS RECOVERED BY SURFACING WEAR RESISTANCE

Egor O. Reshchikov[1], engeneer, e-meil: egorreschikov@gmail.com ;
Vladislav A. Pavlov[2], master student;
Dmitry B. Slinko[1, 2], Ph.D.(Eng.), leading researcher
[1]Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation;
[2]Moscow State Technical University named after N.E. Bauman (National Research University), Moscow, Russian Federation

Abstract. *The most intensive wear in tracked vehicles undergoes chassis. In the technical literature, the restoration of the chassis elements by various methods of surfacing is studied in detail. (Research purpose) to Determine the most rational way to restore the balance of the tracked vehicle, providing high wear resistance. (Materials and methods) Conducted comparative tests on the wear resistance of the BMP-1 balancers, both new and restored by the methods of plasma-powder and electric arc welding with wire in a protective gas. Plasma surfacing with PG-CP2 powder based on Nickel was carried out, while the hardness of the deposited layer declared by the manufacturer should be 48-52 HRC. (Results and discussion) Found that the balancers, reduced arc welding wire in shielding gas and plasma-powder surfacing, have a wear resistance of 3.8 times and 2.4 times higher than the new, respectively. It was noted that the results are consistent with the declared hardness of the manufacturers of consumables. The hardness of the deposited layer when using this wire is about 8-10 percent higher than when surfacing with powder, and 40-45 percent higher than the hardness of the new balancer. (Conclusions) Arc welding with wire in shielding gas can be considered as an alternative to the method of plasma-powder surfacing.*

Keywords: *wear resistance, balancer, crawler technique, electric arc surfacing in the environment of protective gases, plasma-powder surfacing.Keywords: wear resistance, balancer, tracked vehicles, protective gas surfacing, plasma-powder surfacing.*

For citation: *Reshchikov E.O., Pavlov V.A., Slinko D.B. Tracked machines balancers recovered by surfacing wear resistance. Tekhnicheskiy servis mashin. 2019. N3 (136). 114-119.*

Введение. Гусеничные машины широко распространены в народном хозяйстве. Работа таких машин как правило сопряжена с тяжелыми условиями эксплуатации. Наиболее интенсивному износу подвергается ходовая часть, функциональные элементы которой работают в условиях контакта с абразивной и влажной средой, что приводит к интенсивному износу и коррозии. Около трети отказов отдельных видов гусеничной техники приходится на ходовую часть. Ремонт и техническое обслуживание ходовой части гусеничных машин составляет почти половину всех затрат на ремонт машины [1, 2].

Балансир, который служит элементом подвески и обеспечивает соединение корпуса машины с опорными катками, подвержен значительному износу как узел трения, и влияет на надежность всей машины. Характерными видами износа детали являются абразивный и коррозионный [1-3].

В технической литературе уделено достаточно большое внимание восстановлению изношенных деталей ходовой части гусеничных машин [4-9].

Среди предложенных способов восстановления наиболее подробно рассмотрена плазменно-порошковая наплавка. К ее достоинствам следует отнести низкий уровень перемешивания присадочного и основного металла, что особенно важно при нанесении износостойких и коррозионностойких материалов, хорошее формирование и качество наплавленного слоя, стабильность процесса, воспроизводимость размеров, минимальный уровень тепловложений и деформаций [6-9].

Плазменная наплавка представляет собой технологически сложный и дорогостоящий способ. Кроме того, технологический процесс требует обязательной модернизации конструкции оборудования для наплавки [6, 7].

Цель исследования – определить наиболее рациональный способ восстановления балансира гусеничной машины, обеспечивающий высокую износостойкость.

Материалы и методы. В настоящей работе проведены сравнительные испытания на износостойкость балансиров БМП-1 как новых, так и восстановленных плазменно-порошковой наплавкой и наплавкой в среде защитных газов.

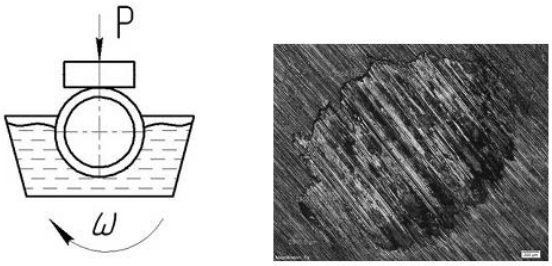
Материал балансира БМП-1 – сталь 38ХС ГОСТ 4543-2016.

Плазменная наплавка осуществлялась порошком ПГ-СР2 на основе никеля, при этом заявленная производителем твердость наплавленного слоя должна составлять 48-52 HRC.

Наплавку в среде аргона производили на разработанной ВИМ специализированной установке для наплавки деталей типа «вал» (частота вращения наплавляемой шейки 1,2 об/мин, подача 7 мм/мин), укомплектованной сварочным полуавтоматом HELVIUNIMIG 418 N + T4 (напряжение 24 В, ток 140 А), сварочной проволокой OK Trubodur 15.52 (хим. состав, %: Mo – 1,2; C – 0,4;Si – 0,3; Mn – 1,2;Al – 0,6; Cr – 5,0; Fe – основа) диаметром 1,6 мм производства компании ESAB. Заявленная производителем твердость наплавленного слоя 53-58 HRC.

Испытания проводили при помощи трибометра МТ-2 (модифицированная машина трения Тимкена-Айшингера) по схеме, приведенной на рисунке 1а, где к прямоугольному образцу прикладывается нагрузка [10].

Образцы для испытаний на износостойкость вырезали из нового и восстановленных балансиров и подготавливали в соответствии с требованиями методики [11]. Партии по три образца, вырезанные из каждого балансира, испытывали по указанной схеме на следующих режимах.



a *b*

Рис. 1. Схема проведения испытаний (a) и измерения износа (b)

Частота вращения ролика 200 об/мин, нагрузка 140 Н, без смазки, в течение 30 с.

После проведения испытаний измеряли линейный износ $U_л$ при помощи индикаторной скобы с индикатором часового типа с ценой деления 0,01 мм, размеры пятна контакта во взаимно перпендикулярных направлениях (a, b) измеряли при помощи инвертированного металлографического микроскопа *Olympus GX51* (рис. 1 b).

Площадь пятна контакта вычислили по формуле:

$$S_{пк} = \pi \times \frac{a}{2} \times \frac{b}{2} \quad (1)$$

Объемный износ определили по формуле:

$$U_{об} = 0{,}65 \times U_л \times S_{пк} \quad (2)$$

Измеренные для каждого образца партии значения Uл, a и b усредняли по количеству образцов. Полученные результаты сравнивали между собой, и по наименьшему объемному износу делали вывод о наилучшей износостойкости представленных образцов.

Результаты и обсуждение. Результаты испытаний на износостойкость представлены в таблице 1. Под номером 1 указаны результаты эталонной партии образцов, вырезанных из нового балансира, под номером 2 – восстановленного плазменной наплавкой, 3 – наплавкой в защитном газе.

Таблица 1

Результаты испытаний на износостойкость

№ образца	$U_л$, мм	a, мм	b, мм	$S_{пк}$, мм^2	$U_{об}$, мм^3
1	0,03	3,4	3,6	9,61	0,19
2	0,02	2,5	3,2	6,28	0,08
3	0,015	2,1	2,9	4,78	0,05

Видно, что образцы балансира, восстановленного электродуговой наплавкой проволокой в защитном газе и плазменно-порошковой наплавкой, обладают износостойкостью соответственно в 3,8 и в 2,4 раза выше чем новый. Полученные результаты согласуются с заявленной производителями расходных материалов твердостью. Так, твердость наплавленного слоя при использовании указанной проволоки примерно на 8-10% выше, чем при наплавки порошком, и на 40-45% выше, чем твердость нового балансира.

Выводы . Восстановление балансира гусеничной машины электродуговой наплавкой проволоки в защитном газе позволяет существенно (в 3,8 раз) повысить износостойкость по сравнению с новой деталью.

При этом восстановление плазменно-порошковой наплавкой повышает износостойкость в 2,4 раза.

Широкая распространенность установок для наплавки проволокой в защитном газе, низкая себестоимость данного способа, доступность наплавочных материалов, краткие сроки подготовки производства и технологичность процесса позволяют рассмотреть указанный способ как альтернативу методу плазменно-порошковой наплавки.

Библиографический список

1. Стрелков А.Г. Конструкция быстроходных гусеничных машин: учебное пособие. М.: МГТУ «МАМИ». 2005. 616 с.

2. Ищенко С.А. Диагностирование и ремонт гусеничного движителя рисозерноуборочных комбайнов в условиях Дальнего востока: дисс. … канд. техн. наук. М. 2010. 339 с.

3. Мельник С.В., Голощапов Г.А., Евстифеев В.В. Повышение ресурса опорных катков гусеничных машин путем совершенствования технического обслуживания // Вестник СибАДИ. 2014. N2 (36). С. 33-37.

4. Эдигаров В.Р., Малый В.В. Повышение износостойкости деталей ходовой части многоцелевых гусеничных машин комбинированными методами электромеханической обработки // Вестник СибАДИ. 2014. N4 (38). С. 57-64.

5. Кохан А.А., Кохан А.Г. Экономическая целесообразность внедрения инновационной технологии восстановления коленчатых осей сельскохозяйственной гусеничной техники методом плазменно-порошковой наплавки // Инновации и инвестиции. 2016. N7. С.130-133.

6. Слинко Д.Б., Павлов В.А., Ерёмин А.В. Восстановительная наплавка балансиров гусеничной техники // Труды ГОСНИТИ. 2017. Т. 126. С. 128-136.

7. Павлов В.А., Слинко Д.Б. Использование плазменной дуги при восстановлении балансиров // Труды ГОСНИТИ. 2017. Т. 128. С. 106-111.

8. Слинко Д.Б., Дорохов А.С., Денисов В.А., Павлов В.А. Технологические особенности восстановления валов плазменной наплавкой // Заготовительные производства в машиностроении. 2018. Т. 16. N12. С. 566-569.

9. Слинко Д.Б., Дорохов А.С., Денисов В.А., Лялякин В.П. Практика применения плазменно-порошковой наплавки при восстановлении изношенных деталей машин // Сварочное производство. 2018. N11. С. 35-40.

10. Серёжкин М.А., Гемуев Ш.Ш. Модернизация машины для испытания материалов трибосопряжений на трение и износ // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2016. N2. С. 22-25.

11. Методика 01-13-ОД-2011 экспериментальной оценки стойкости смазочных материалов при трении. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2011. 33 с.

12. Измайлов А.Ю., Кряжков В.М., Антышев Н.М., Елизаров В.П., Келлер Н.Д., Лобачевский Я.П., Сорокин Н.Т., Гурылев Г.С., Савельев Г.С., Сизов О.А., Шевцов В.Г. Концепция модернизации сельскохозяйственных тракторов и тракторного парка России на период до 2020 года. ВИМ. М.: 2012. 56 с.

References

1. Strelkov A.G. The design of high-speed tracked vehicles: tutorial. Moscow.: MSTU «MAMI». 2005. 616.

2. Ischenko S.A. Diagnosis and repair of the caterpillar propulsion device for grain harvesting combine harvesters in the Far East… Ph. D. thesis. Moscow. 2010. 339.

3. Melnik S.V., Goloshchapov G.A., Evstifeev V.V. Increasing the life of track rollers of tracked vehicles by improving maintenance. Bulletin of SibADI. 2014. N2 (36). 33-37.

4. Edigarov V.R., Maly V.V. Improving the wear resistance of parts of the undercarriage of multi-purpose tracked vehicles by combined methods of electromechanical processing. Vestnik SibADI. 2014. N4 (38). 57-64.

5. Kohan A.A., Kohan A.G. The economic feasibility of introducing innovative technology to restore the crankshafts of agricultural tracked vehicles using plasma-powder surfacing. Innovations and Investments. 2016. N7. 130-133.

6. Slinko D.B., Pavlov V.A., Eremin A.V. Reconstruction surfacing of balancers of

tracked vehicles. Proceedings of GOSNITI. 2017. Vol. 126. 128-136.

7. Pavlov V.A., Slinko D.B. Use of the plasma arc in restoring the balancers. Proceedings of GOSNITI. 2017. Vol. 128. 106-111.

8. Slinko D.B., Dorokhov A.S., Denisov V.A., Pavlov V.A. Technological features of shaft recovery by plasma surfacing. Procuring production in mechanical engineering. 2018. Vol. 16. N12. 566-569.

9. Slinko D.B., Dorokhov A.S., Denisov V.A., Lyalyakin V.P. The practice of using plasma-powder surfacing when restoring worn-out machine parts. Welding Production. 2018. N11. 35-40.

10. Seryozhkin MA, Gemuyev Sh.Sh. Modernization of the machine for testing materials friction and friction wear. Repair. Recovery. Modernization. 2016. N2. 22-25.

11. 01-13-OD-2011 Methodology experimental evaluation of the resistance of lubricants under friction. Moscow: BMSTU. 2011. 33.

12. Izmaylov A.Yu., Kryazhkov V.M., Antyshev N.M. Elizarov V.P., Lobachevskiy Ya.P., Sorokin N.T., Gurylev G.S., Savel'ev G.S., Sizov O.A., Shevtsov V.G. The concept of modernization of agricultural tractors and tractor fleet of Russia for the period up to 2020. VIM. Moscow: 2012. 56.

УДК 621.787

ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ИЗ СТАЛИ 65Г, УПРОЧНЕННЫХ ПЛАЗМЕННЫМИ МЕТОДАМИ

Саид Насибуллович Шарифуллин[1], доктор технических наук, профессор;
Наиль Рашатович Адигамов[2], доктор технических наук, профессор;
Елизавета Юрьевна Кудряшова[3], кандидат технических наук, научный сотрудник, e-mail: elizaveta_kudryashova@bk.ru;
Илья Владимирович Романов[3], младший научный сотрудник;
Егор Олегович Рещиков[3], инженер;
Вадим Николаевич Колокольников3, инженер
[1]Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Российская Федерация;
[2]Казанский государственный аграрный университет, Казань, Российская Федерация;
[3]Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *Основной составляющей износа рабочих органов почвообрабатывающих машин, таких как лемех плуга, диск сошника и стрельчатые лапы культиватора, является абразивное изнашивание. Поэтому необходимо разработать такие упрочняющие технологии структуры поверхностного слоя рабочих органов почвообрабатывающих машин, чтобы они могла противостоять абразивным частицам почвы. (Цель исследования) Изучить влияние вибродуговой обработки на износостойкость поверхностного слоя стали 65Г, являющейся основным материалом таких рабочих органов почвообрабатывающей техники, как лемех плуга, диск сошника сеялки, культиваторная лапа. (Материалы и методы) Провели исследования на образцах из стали 65Г размером 30х30 миллиметров с толщиной 2 миллиметра. Осуществили обработку на технологических установках вибродугового упрочнения разработки ГОСНИТИ. Выполнили испытания на износостойкость при помощи трибометра TRB-S-DE-0000 фирмы CSM Instruments. (Результаты и обсуждение) Оценили износостойкость образцов при их относительном перемещении (скольжении) по схеме штифт-диск в условиях изнашивания. Непрерывно измеряли коэффициент трения и глубину внедрения контробразца в тело образца. Выявили при сравнении зависимостей глубины внедрения контробразца в тело образца от пройденного пути индентора, что твердость обработанной поверхности вибродуговым разрядом в несколько раз больше твердости поверхности исходного образца. (Выводы) Вибродуговая обработка поверхности позволяет предположительно в 6-7 раз повысить износостойкость рабочих органов почвообрабатывающих машин и их ресурс работы. Дальнейшие исследования должны быть направлены на оптимизацию и моделирование процесса вибродуговой обработки, изучение плазмохимических процессов, происходящих в самой плазменной среде, и на решение вопросов взаимодействия самой плазмы с распыляемыми материалами и легируемыми элемен-*

тами. Для полноценного внедрения технологий упрочнения поверхностей металлических изделий в производство с применением концентрированных потоков энергии должны проводиться опытно-конструкторские работы по механизированному способу их реализации.

Ключевые слова: *упрочнение, плазма, вибродуга, рабочие органы, почвообрабатывающая техника, трибология, износостойкость.*

Для цитирования: *Шарифуллин С.Н., Адигамов Н.Р., Кудряшова Е.Ю., Романов И.В., Рещиков Е.О., Колокольников В.Н. Трибологические исследования поверхностей деталей из стали 65Г, упрочненных плазменными методами // Технический сервис машин. 2019. N3(136). С. 120-127*

TRIBOLOGICAL STUDIES OF THE SURFACES OF 65G STEEL PARTS REINFORCED BY PLASMA METHODS

Said N. Sharifullin[1], Dr.Sc(Eng.), professor;
Nail R. Adigamov[2], Dr.Sc(Eng.), professor;
Elizaveta Y. Kudryashova[3], Ph.D.(Eng.), research associate,
e-mail: elizaveta_kudryashova@bk.ru;
Ilya V. Romanov[3], junior researcher;
Egor O. Reschikov[3], engineer;
Vadim N. Kolokolnikov[3], engineer
[1]Kazan (Volga) Federal University, Kazan, Russian Federation;
[2]Kazan State Agrarian University, Kazan, Russian Federation;
[3] Federal Research Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The main component of the wear of the working bodies of tillage machines, such as the plowshare plowshare, the coulter disc and the cultivator lancet paws, is abrasive wear. Therefore, it is necessary to develop such strengthening technologies for the structure of the surface layer of the working bodies of the tillage machines so that they can resist the abrasive particles of the soil. (Purpose of research) To study the effect of vibration-arc processing on the wear resistance of the surface layer of 65G steel, which is the main material of such working bodies of tillage equipment as the plowshare plow, seeder disc, cultivator paw. (Materials and methods) Conducted research on samples of steel 65G in size 30×30 millimeters with a thickness of 2 millimeters. Carried out the processing on the technological installations of vibration-arc hardening the development of GOSNITI. Performed wear resistance tests using the TRB-S-DE-0000 tribometer by CSM Instruments. (Research purpose) The wear resistance of the samples was evaluated during their relative displacement (sliding) according to the pin-disk scheme under wear conditions. Continuously measured the coefficient of friction and the depth of the introduction of the counterpiece in the body of the sample. When comparing the dependencies of the depth of penetration of the contra-sample into the sample body from the distance traveled by the indenter, it was revealed that the hardness of the treated surface by a vibrating arc discharge is several times greater than the hardness of the surface of the original sample. (Conclusions) Vibro-arc surface treatment allows, presumably, to increase the durability of the working bodies of the tillage machines and their working life by 6-7 times. Further studies should focus on the optimization and modeling of*

the vibration-arc processing process, the study of plasma-chemical processes occurring in the plasma medium itself, and on the issues of the interaction of the plasma itself with the sputtered materials and doped elements. For the full implementation of the technology of hardening the surfaces of metal products into production using concentrated energy flows, experimental development work on the mechanized method of their implementation should be carried out.

Keywords: *hardening, plasma, vibratory arc, working bodies, soil tillage equipment, tribology, wear resistance.*

For citation: *Sharifullin S.N., Adigamov N.R., Kudryashova E.Yu., Romanov I.V., Reshchikov E.O., Kolokolnikov V.N. Tribological studies of the surfaces of 65G steel parts reinforced by plasma methods. Tekhnicheskiy servis mashin. 2019. N3(136). 120-127*

Введение. В Российской Федерации применение плазменных технологий по восстановлению и упрочнению поверхностей различных деталей довольно широко распространено. В этом направлении весомый вклад вносят ученые ГОСНИТИ (ныне входит в состав Федерального научного агроинженерного центра ВИМ), Орловского ГАУ, Казанского ГАУ, ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова и некоторых других научных и образовательных учреждений [1-13]. Несмотря на практическую применимость плазменных технологий, имеются неограниченные возможности их совершенствования. Лишь частично исследованы физико-механические и физико-химические процессы, происходящие при воздействии концентрированных потоков энергии на поверхность обрабатываемых изделий. Не решены вопросы оптимизации и моделирования процесса. Практически не исследованы плазмохимические процессы, происходящие в самой плазменной среде. Нет полноценных исследований взаимодействия самой плазмы с распыляемыми материалами и легируемыми элементами. В данной работе приведены результаты исследований трибологических свойств образцов из стали 65Г, обработанных вибродуговым разрядом. Эта информация будет полезна как в научном, так и в практическом плане для понимания сущности происходящих процессов при воздействии на поверхность концентрированных потоков энергии.

Цель исследования – изучить влияние вибродуговой обработки на износостойкость поверхностного слоя стали 65Г, являющейся основным материалом таких рабочих органов почвообрабатывающей техники, как лемех плуга, диск сошника сеялки, культиваторная лапа.

Материалы и методы. Исследования проводили на образцах из стали 65Г размером 30х30 мм с толщиной 2 мм. Обработку осуществляли на технологических установках вибродугового упрочнения разработки ГОСНИТИ (Москва). В качестве электрода служил омедненный графитовый пруток диаметром 8 мм. Испытания на износостойкость проводили при помощи трибометра TRB-S-DE-0000 фирмы CSM Instruments. Исследовали поверхностный слой следующих образцов: образец № 1 – исходный, образец № 2 – с вибродуговой обработкой.

Результаты и обсуждение. Износостойкость образцов оценивали при их относительном перемещении (скольжении) по схеме штифт-диск в условиях изнашивания. Испытательная машина TRB-S-DE-0000 обеспечивала вращение образца относительно его центра. Траектория скольжения представляла собой окружность на поверхности образца. Плоская поверхность дис-

ка расположена горизонтально. Параметры исследования: сухое трение; контробразец – шар, сталь 100Cr6, диаметр шара – 6 мм; путь трения – 2000 м; нагрузка на исследуемый образец – 8 Н. Износ образца определяли как ширину дорожки износа, в мкм. Износ контробразца оценивали качественно по размеру пятна контакта. На рисунках 1 и 2 приведены фотографии дорожки износа испытываемых образцов. Видно, что ширина дорожки износа поверхностного слоя образца при вибродуговой обработке в 2 раза меньше, чем без обработки. К сожалению, использованный в данном случае метод определения износостойкости позволяет отразить лишь качественную сторону вопроса, а не количественную. Износостойкость – это свойство материала оказывать сопротивление изнашиванию в определенных условиях трения, оцениваемое величиной обратной скорости изнашивания или интенсивности изнашивания. Интенсивность изнашивания – это отношение значения износа к обусловленному пути, на котором происходит изнашивание. Скорость изнашивания – это отношение значения износа к интервалу времени, за который он был наработан.

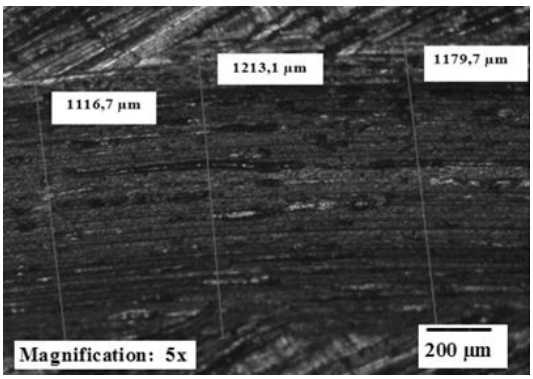


Рис. 1. Ширина дорожки износа исходного образца при испытании на трибометре TRB-S-DE-0000

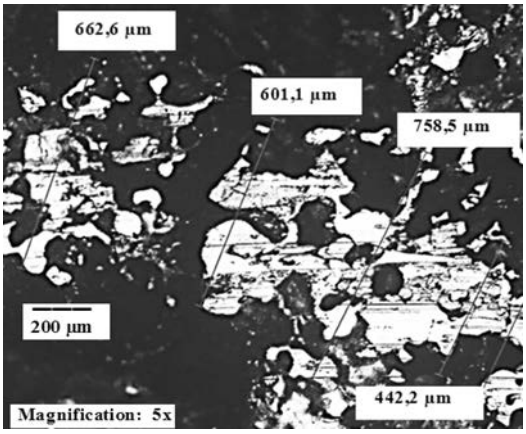


Рис. 2. Ширина дорожки износа образца с вибродуговой обработкой при испытании на трибометре TRB-S-DE-0000

Работа любой машины неизбежно сопровождается трением при относительном движении ее частей. При трении изнашивается (разрушается) поверхностный слой детали. Происходит изменение размеров, формы, массы

или состояния поверхности изделия. Возникает износ, который полностью устранить невозможно. Величина износа при непосредственном контакте поверхностей прямо пропорциональна работе сил трения. Сила трения прямо пропорциональна силе нормальной реакции, то есть зависит от того, насколько сильно тела прижаты друг к другу. Она зависит и от их материала, поэтому основной характеристикой трения является коэффициент трения, определяемый материалами, из которых изготовлены поверхности взаимодействующих тел. Таким образом, коэффициент трения представляет собой параметр, находящийся в прямо пропорциональной зависимости с интенсивностью изнашивания, скоростью изнашивания и, следовательно, с износостойкостью. Из рисунка 2 также видно, что вибродуговая обработка в ручном режиме не позволяет добиться сплошности упрочненного слоя поверхности. Светлые участки на фотографии относятся к локальным зонам обработки. При механизации процесса вибродуговой обработки можно достичь максимальную сплошность упрочненной поверхности.

В процессе испытания непрерывно проводили измерения коэффициента трения и глубины внедрения контробразца в тело образца. Их зависимости от пройденного пути индентора приведены на рисунках 3 и 4.

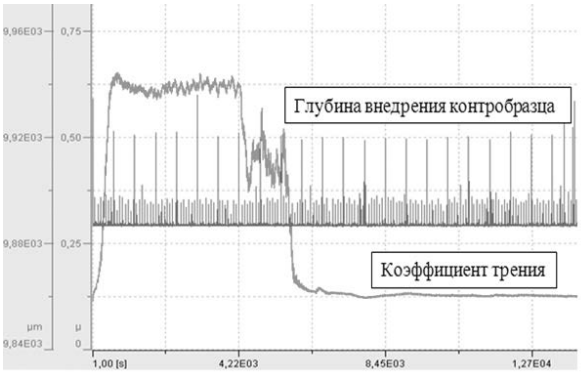


Рис. 3. Зависимости коэффициента трения и глубины внедрения контробразца в тело исходного образца от пройденного пути индентора

Проведем анализ зависимостей (рис. 3, 4). Сравнение зависимостей глубины внедрения контробразца в тело образца от пройденного пути индентора показывает, что твердость обработанной поверхности вибродуговым разрядом в несколько раз больше твердости поверхности исходного образца. Рассмотрим коэффициенты трения. Если на рисунке 3 не обращать внимание на всплеск графика, то можно сказать, что коэффициент трения для исходного образца величина постоянная и составляет значение порядка 0,11. Величина весьма незначительная, несмотря на то, что образец из стали 65Г. Что касается всплеска, то он связан с тем, что образец был отрезан от диска сошника, бывшего в эксплуатации. Поверхность диска была сильно окислена и имела множество вкраплений. Попытка удалить все загрязнения и окислы не удалась. Их твердость как раз и отразилась на всплеске.

Коэффициент трения обработанной поверхности вибродуговым разрядом вначале имеет величину порядка 0,63, затем постепенно приближается к значению 0,81 и продолжает оставаться постоянным. Его более низкое значение в начале графика связано с тем, что при обработке поверхности вибродуговым разрядом появляется нагар, который до конца не удается удалить.

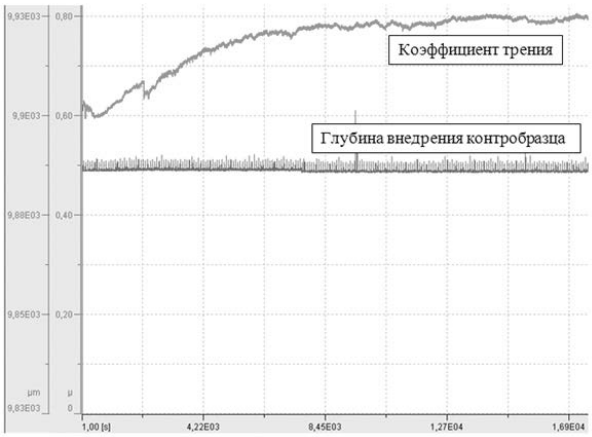


Рис. 4. Зависимости коэффициента трения и глубины внедрения контробразца в тело образца, обработанного вибродуговым разрядом, от пройденного пути индентора

После прохождения толщины нагара влияние на коэффициент трения будет оказывать только упрочненный слой. С учетом, что упрочненный слой порядка 2,0-3,0 мм, а углубление индентора не более 1,0 мм, то надо предположить постоянство коэффициента трения на всю глубину обработки поверхности. Обратим внимание на то, что по сравнению с коэффициентом трения исходной поверхности коэффициент трения обработанной поверхности вибродуговым разрядом имеет значение в 6-7 раз больше. Это означает, что с учетом прямо пропорциональной зависимости между коэффициентом трения и износостойкостью поверхности, износостойкость обработанной поверхности вибродуговым разрядом должна быть также выше в 6-7 раз. Однако факт в дальнейшем требует подтверждения.

Выводы:

1. Вибродуговая обработка поверхности позволяет в несколько раз (предположительно в 6-7 раз) повысить износостойкость рабочих органов почвообрабатывающих машин, а следовательно и их ресурс работы.

2. Дальнейшие исследования должны быть направлены на оптимизацию и моделирование процесса вибродуговой обработки, изучение плазмохимических процессов, происходящих в самой плазменной среде, и на решение вопросов взаимодействия самой плазмы с распыляемыми материалами и легируемыми элементами.

3. Для полноценного внедрения технологий упрочнения поверхностей металлических изделий в производство с применением концентрированных потоков энергии должны проводиться опытно-конструкторские работы по механизированному способу их реализации.

Библиографический список

1. Иванов В.И., Бурумкулов Ф.Х. Состояние и развитие электроискровых технологий и оборудования в России и за рубежом // Труды ГОСНИТИ. 2012. Т. 109. Ч. 2. С. 127-139.

2. Бурумкулов Ф.Х., Задорожний Р.Н., Потапов А.В. Восстановление и легирование сплавов на медной основе электроискровой обработкой в газовой среде // Труды ГОСНИТИ. 2010. Т. 106. С. 25-30.

3. Алимбаева Б.Ш. Разработка и оптимизация износостойких покрытий на

стальной подложке, синтезируемых методом электроискровой обработки: дисс… канд. техн. наук. Омск. 2014. 124 с.

4. Бурумкулов Ф.Х., Величко С.А., Денисов В.А., Задорожний Р.Н., Ионов П.А. Современные электроискровые технологии восстановления деталей // Достижения науки и техники АПК. 2009. N10. С. 49-52.

5. Денисов В.А. Восстановление базовых деталей дизельных двигателей с аварийными дефектами покрытиями на основе композиционных материалов: диссертация ... доктора технических наук: 05.20.03. Саранск. 2015. 383 с.

6. Лялякин В.П. Особенности нанесения тонкослойных покрытий плазменно-порошковой наплавкой // Сварочное производство. 2017. N10. С. 28-34.

7. Аулов В.Ф., Лялякин В.П., Ишков А.В. Разработка конструкции и технологии нанесения упрочняющего покрытия пальцев гусениц сельскохозяйственных тракторов // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сборник статей. Барнаул: Алтайский ГАУ. 2017. Т. 3. С. 16-18.

8. Kolomeichenko.A.V., Kuznetsov I.S., Izmaylov A.Yu., Solovyev R.Yu., Sharifullin S.N. Investigation of Finemet nanocrystalline alloy coating obtained by the electric spark method. Int. J. Nanotechnol. 2018. Vol. 15. N4-5. 380-387.

9. Kravchenko I.N., Kolomeichenko A.V., Sharifullin S.N., Kuznetsov Yu.A., Baranov Yu.N., Glinsky M.A., Kolomeichenko A.A. Application of nanostructured coatings by plasma spraying. Journal of Physics: Conf. Series. 2018. Vol. 1058. N1. 012046.

10. Kadyrmetov A.M., Sharifullin S.N. Physical processes and modeling of plasma deposition and hardening of coatings-switched electrical parameters. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2016. Vol. 158. N1. 012045.

11. Kadyrmetov A.M., Sharifullin S.N., Pustovalov A.S. Mathematical modeling of plasma deposition and hardening of coatings-switched electrical parameters. IOP Publishing Journal of Physics: Conference Series. 2016. Vol. 669. N1. 012052.

12. Sharifullin S.N., Adigamov N.R., Adigamov N.N., Solovev R.Y., Arakcheeva K.S. Surface hardening of cutting elements agricultural machinery vibro arc plasma. IOP Publishing Journal of Physics: Conference Series. 2016. Vol. 669. N1.

13. Sharifullin S.N., Trifonov G. I., Vyachina I.N. Calculation of parameters of particles in a plasma jet and modeling of kinematic modes of spraying of wear resistant material. Journal of Physics: Conf. Series. 2018. Vol. 1058. N1. 012047.

References

1. Ivanov V.I., Burumkulov F.Kh. State and development of electric-spark technologies and equipment in Russia and abroad. Proceedings of GOSNITI. 2012. Vol. 109. Part 2. 127-139.

2. Burumkulov F.Kh., Zadorozhny R.N., Potapov A.V. Recovery and alloying of copper-based alloys by electrospray gas treatment. Proceedings of GOSNITI. 2010. Vol. 106. 25-30.

3. Alimbaeva B.Sh. Development and optimization of wear-resistant coatings on a steel substrate, synthesized by the method of electric spark treatment: diss ... cand. tech. sciences. Omsk. 2014. 124.

4. Burumkulov F.Kh., Velichko S.A., Denisov V.A., Zadorozhny R.N., Ionov P.A. Modern electric spark technology parts recovery. Achievements of science and technology of the agroindustrial complex. 2009. N10. 49-52.

5. Denisov V.A. Restoration of basic parts of diesel engines with accidental defects by coatings based on composite materials: dis. ... doc. of tech. sciences: 05.20.03 Saransk. 2015. 383.

6. Lyalyakin V.P. Features of deposition of thin-layer coatings by plasma-powder

surfacing. Welding production. 2017. N10. 28-34.

7. Aulov V.F., Lyalyakin V.P., Ishkov A.V. Development of the design and technology of applying hardening coating for agricultural tractor caterpillar tracks. Agrarian Science for Agriculture: a collection of articles. Barnaul: Altai State Agrarian University. 2017. Vol. 3. 16-18.

8. Kolomeichenko A.V., Kuznetsov I.S., Izmaylov A.Yu., Solovyev R.Yu., Sharifullin S.N. Investigation of Finemet nanocrystalline alloy coating obtained by the electric spark method. Int. J. Nanotechnol. 2018. Vol. 15. N4-5. 380-387.

9. Kravchenko I.N., Kolomeichenko A.V., Sharifullin S.N., Kuznetsov Yu.A., Baranov Yu.N., Glinsky M.A., Kolomeichenko A.A. Application of nanostructured coatings by plasma spraying. Journal of Physics: Conf. Series. 2018. Vol. 1058. N1. 012046.

10.Kadyrmetov A.M. Sharifullin S.N. Physical processes and modeling of plasma deposition and hardening of coatings-switched electrical parameters. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2016. Vol. 158. N1. 012045.

11. Kadyrmetov A.M., Sharifullin S.N., Pustovalov A.S. Mathematical modeling of plasma deposition and hardening of coatings-switched electrical parameters. IOP Publishing Journal of Physics: Conference Series. 2016. Vol. 669. N1. 012052.

12. Sharifullin S.N., Adigamov N.R., Adigamov N.N., Solovev R.Y., Arakcheeva K.S. Surface hardening of cutting elements agricultural machinery vibro arc plasma. IOP Publishing Journal of Physics: Conference Series. 2016. Vol. 669. N1.

13. Sharifullin S.N., Trifonov G. I., Vyachina I.N. Calculation of parameters of particles in a plasma jet and modeling of kinematic modes of spraying of wear resistant material. Journal of Physics: Conf. Series. 2018. Vol. 1058. N1. 012047.

УДК 620.17

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН ИЗ СВЕРХВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

Сергей Андреевич Квас, аспирант,
e-mail: Kvas.Sergo@yandex.ru
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,
Москва, Российская Федерация

Реферат. *Нанесение покрытия из СВМПЭ на сложные пространственные поверхности рабочих органов почвообрабатывающих машин позволит при их достаточной и необходимой износостойкости уменьшить силы трения при обработке почвы и снизить ее энергоемкость. (Цель исследования) Определить трибологические характеристики рабочих органов из сверхвысокомолекулярного полиэтилена. (Материалы и методы) Использовали при испытаниях трибометр TRB-S-DE-0000 фирмы CSM Instruments. Проводили эксперименты на трибометре по схеме «круговое движение» с исследуемым образцом в виде диска, по которому перемещалось (скользило) контртело в виде шарика. Выбирали одинаковую длительность ступеней нагружения для каждого сопряжения с учетом стабилизации коэффициента трения, она составляла не менее 5-10 минут. В течение испытаний непрерывно фиксировали на диаграмме силу трения. Определяли оптимальную величину нагружения при устойчивом режиме линии разгрузки и минимальном значении коэффициента трения. Находили радиус дорожки трения из диаграммы зависимости коэффициента трения от пройденного пути контртела по материалу, отображенному в вкладке «Triboparameters», и ширину дорожки трения на инвертированном оптическом микроскопе OLYMPUSGX51. (Результаты и обсуждение) Установили, что потеря массы образца составила 0,0001 граммов, а потеря массы контртела – 3 грамма. Ширина дорожки образца из свервысокомолекулярного полиэтилена составила 0,8 миллиметров, а износ – 0,73 кубических миллиметров. (Выводы) Интенсивность изнашивания алюминиевого образца и образца из сверхвысокомолекулярного полиэтилена составила соответственно 0,00048 и 0,00046 кубических миллиметров на метр. Результаты исследования выявили, что трибологические характеристики свехвысокомолекулярного полиэтилена сопоставимы с трибологическими характеристиками алюминия. Минимальное значение коэффициента внешнего трения составило 0,09, максимальное – 0,21.*

Ключевые слова: *износ, интенсивность изнашивания, сверхвысокомолекулярный полиэтилен, коэффициент внешнего трения.*

Для цитирования: *Квас С.А. Результаты исследований на износостойкость рабочих органов почвообрабатывающих машин из сверхвысокомолекулярного полиэтилена // Технический сервис машин. 2019. N3(136). С. 128-134*

THE RESEARCH RESULTS ON THE WEAR RESISTANCE OF WORKING AUTHORITIES OF SOIL TREATMENT MACHINES FROM ULTRA HIGH-MOLECULAR POLYETHYLENE

Sergey A. Kvass, post-graduate student, e-mail: Kvas.Sergo@yandex.ru
Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. *The coating of UHMWPE on the complex spatial surfaces of the working bodies of tillage machines will, with their sufficient and necessary wear resistance, reduce the friction forces during soil treatment and reduce its energy consumption. (Research purpose) Determine the tribological characteristics of the working bodies of ultra-high molecular weight polyethylene. (Materials and methods) The Tests were carried out on the TRB-S-DE-0000 tribometer manufactured by CSM Instruments according to the «circular motion»scheme. Tests on the tribometer were carried out according to the scheme «circular motion» with the test sample in the form of a disk on which the counterbody moves (slides) in the form of a ball. The duration of the loading stages was chosen for each conjugation of the same, taking into account the stabilization of the friction coefficient and was at least 5-10 minutes. During the tests, the friction force was continuously recorded on the diagram. The optimal value of loading was determined at a stable mode of the unloading line with a minimum value of the coefficient of friction. The radius of the friction track was determined from the diagram of the friction coefficient dependence on the traveled path of the counterbody on the material displayed in the tab «Tribo parameters». The width of the friction path is determined by an inverted optical microscope OLYMPUS GX51. (Results and discussion) Found that the mass loss of the sample was 0.0001 g, and the mass loss of the counterbody – 3 g. the Width of the track of the sample from svervysokomolekulyarnogo polyethylene was 0.8 mm, and wear – 0.73 mm3. (Conclusions) the wear Rate of the aluminum sample and the sample of ultra-high molecular weight polyethylene is 0.00048 and 0.00046 mm3/m. based On the results of the study, it was found that the tribological characteristics of high molecular weight polyethylene are comparable with the tribological characteristics of aluminum. The minimum value of the coefficient of external friction was 0.09, the maximum – 0.21.*

Keywords: *wear, wear intensity, ultra-high molecular weight polyethylene, coefficient of external friction.*

For citation: *Kvass S.A. The research results on the wear resistance of working authorities of soil treatment machines from ultra high-molecular polyethylene. Tekhnicheskiy servis mashin. 2019. N3(136). 128-134*

Введение. Рабочие органы почвообрабатывающих машин выполнены целиком из сплавов различных металлов, имеющих достаточно высокие характеристики для долгой и непрерывной работы. Даже с появлением все более качественных металлических сплавов, многие проблемы почвообрабатывающих машин, такие как адгезия, износ и, как следствие, энергозатраты, остаются нерешенными [1-3].

Одним из решений данной проблемы является возможность применения синтетических материалов. К современным синтетическим материалам относятся: фторопласт, текстолит, стекловолокно, полиацеталь, сверхвысо-

комолекулярный полиэтилен [4-8]. Наибольшее распространение в настоящее время получает сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ). Данный материал обладает нулевым водопоглощением, низкой величиной адгезии к грунтам и сыпучим средам, высокой ударопрочностью за счет длинных молекулярных цепей, располагающихся параллельно друг другу, большой стойкостью к истиранию и низким коэффициентом трения [9].

Нанесение покрытия из СВМПЭ на сложные пространственные поверхности рабочих органов почвообрабатывающих машин позволит при их достаточной и необходимой износостойкости, уменьшить силы трения при обработке почвы и снизить ее энергоемкость. Таким образом, исследования рабочих органов почвообрабатывающих машин из сверхвысокомолекулярного полиэтилена на износостойкость становтся важной и актуальной задачей.

Цель исследования – определить трибологические характеристики рабочих органов из сверхвысокомолекулярного полиэтилена.

Материалы и методы. При испытаниях использовали трибометр TRB-S-DE-0000 фирмы CSM Instruments (рис.1).

Испытания на трибометре проводили по схеме «круговое движение» с исследуемым образцом в виде диска, по которому перемещается (скользит) контртело в виде шарика.

К индентору с шариком прикладывали нормируемую нагрузку. Испытания проводись при скорости относительного скольжения – 0,15 м/с; влажности – 45-50%; температуре окружающего воздуха – 23-25 оС.

Рис. 1. Трибометр TRB-S-DE-0000 фирмы CSM Instruments

В трибометре образцы прирабатывались при ступенчатом повышении нагрузки Р. Длительность ступеней нагружения выбирали одинаковую для каждого сопряжения с учетом стабилизации коэффициента трения, она составляла не менее 5-10 минут. В течение испытаний непрерывно фиксировали на диаграмме силу трения $F_{тр}$. Обработка диаграммы позволяет построить зависимость изменения коэффициента трения f от нагрузки P (рис. 2)

Анализ диаграммы показал, что оптимальная нагрузка составила 18 Н. Данная величина определяется при устойчивом режиме линии разгрузки при минимальном коэффициенте трения.

Износ образца равен:

$$W_{\text{обр}} = \frac{\pi \times R_{\text{д}} \times H_{\text{д}}^3}{6 \times R_{\text{шар}}} \quad (1)$$

где $R_Д$ – радиус дорожки трения, мм;
$H_Д$ – – ширина дорожки трения, мм;
$R_{шар}$ – – радиус шарика, мм.

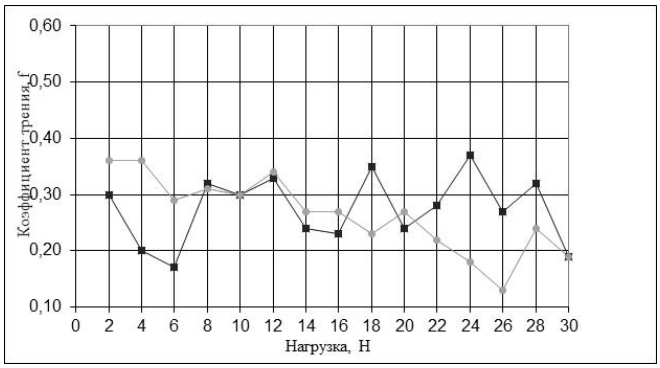


Рис. 2. График подбора оптимальной нагрузки

Радиус дорожки трения определяли из диаграммы зависимости коэффициента трения от пройденного пути контртела по материалу, отображенного в вкладке *«Triboparameters»* (рис. 3).

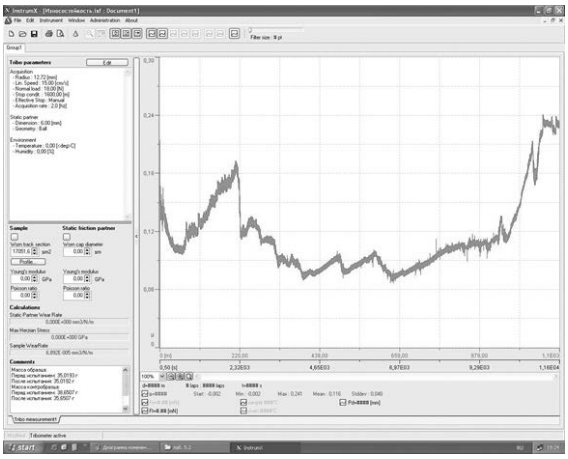


Рис. 3. Диаграмма зависимости коэффициента трения от пройденного пути

Ширина дорожки трения определяется на инвертированном оптическом микроскопе OLYMPUSGX51 (рис. 4, 5).

В качестве контртела был выбран шарик диаметром 6 мм из стали 100Cr6. Химический состав данной стали включает 1% углерода и 1,6 % хрома.

Интенсивность изнашивания образца

$$I_{обр} = \frac{W_{обр}}{L} \qquad (2)$$

где $W_{обр}$ – износ образца, мм^3;
L – длина пройденного пути, м.

Рис. 4. Инвертированный оптический микроскоп OLYMPUSGX51

Рис. 5. Фотография ширины дорожки трения

Длину пройденного пути *L* также определяли из диаграммы зависимости коэффициента трения от пройденного пути контртела по материалу, отображенному в вкладке *«Triboparameters»* (рис. 3).

Результаты и обсуждение. Результаты расчетов представлены в таблице. В результате исследования было установлено, что потеря массы образца составила 0,0001 г, а потеря массы контртела – 3 г.

Таблица

Износ и интенсивность изнашивания образца из сверхвысокомолекулярного полиэтилена

Параметр	Размерность	Значение
Радиус дорожки трения	мм	12,72
Изменение массы контртела	г	3
Изменение массы образца	г	0,0001
Износ образца	$мм^3$	0,73
Длина пройденного контртелом пути	м	1600
Интенсивность изнашивания образца	$мм^3/м$	0,00047

Зарубежные ученые при использовании трибометра TRB-S-DE-0000 по-

лучили, что если в исследуемую пару входит алюминий и стальной шарик, то ширина дорожки составляет 0, 64 мм, а износ образца равен 0,48 мм^3 [10]. Эти данные сопоставимы с результатами испытаний пары сверхвысокомолекулярный полиэтилен и стальной шарик. Интенсивность изнашивания алюминиевого образца и образца из сверхвысокомолекулярного полиэтилена составляет 0,00048 и 0,00046 мм^3/м.

Минимальное значение коэффициента внешнего трения СВМПЭ составило 0,09, максимальное – 0,21.

Выводы:

1. Интенсивность изнашивания алюминиевого образца и образца из сверхвысокомолекулярного полиэтилена составляет 0,00048 и 0,00046 мм3/м.

2. На основании результатов исследования установлено, что трибологические характеристики свехвысокомолекулярного полиэтилена сопоставимы с трибологическими характеристиками алюминия.

3. Минимальное значение коэффициента внешнего трения составило 0,09, максимальное – 0,21.

Библиографический список

1. . Бейлис В.М., Ценч Ю.С., Коротченя В.М.,Старовойтов С.И., Кынев Н.Г. Тенденции развития прогрессивных машинных технологий и техники в сельскохозяйственном производстве // Вестник ВИЭСХ. 2018 №4(33). С. 150-156.

2. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Сизов О.А., Ахалая Б.Х. Агротехнические и экологическое обоснование эффективности (целесообразности) использования биоактивных технологических способов обработки почвы в системе машинных технологий для обработки залежей и запущенных угодий // Система технологий и машин для инновационного развития АПК России: сборник. М.: Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства. 2013. С. 127-130.

3. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Смирнов И.Г., Хорт Д.О. Актуальные проблемы создания новых машин для промышленного садоводства // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2013. N3. С. 20-23.

4. Давыдова И.Ф., Кавун Н.С. Теплостойкие антифрикционные текстолиты // Труды ВИАМ. 2014. N11. С. 10-13.

5. Елизаров В.П., Артюшин А.А. Ценч Ю.С. Перспективные направления развития отечественной сельскохозяйственной техники //Вестник ВИЭСХ. 2018. 2(31) С. 12-18

6. Андрейчикова Г.Е., Токарев С.С., Костиков Ю.А., Павлов В.Ю., Терновский В.В., Терновсков В.Б. Отечественные альтернативы зарубежных разработок по фторопластсодержащим покрытиям // Современные технологии: сборник. Пенза: Наука и Просвещение. 2017. С. 26-28.

7. Николаева О.А., Зенитова Л.А., Бакирова И.Н., Абдуллин И.Ш. Полиацеталь – полимер будущего // Бутлеровские сообщения. 2014. N3. С. 1-6.

8. Бейдер Э.Я., Петрова Г.Н., Кондрашов Э.К. Покрытия из порошковых фторопластов // Пластические массы. 2013. N1. С. 5-8.

9. Московский М.Н. Изучение свойств СВМПЭ при изготовлении на их основе рабочих органов почвообрабатывающих машин // Инженерный вестник Дона. 2014. N1.

10. Czichos H., Becker S., Lexow J. Wear. 1987. Vol. 114. 109-130; Wear. 1987. Vol. 118. 379-380.

References

1. Beilis V.M., Cench Yu.S., Korotkina V. M.,Starovoytov, S.I., Kanev N.G. Trends in

the development of progressive machine technologies and machinery in agriculture // Bulletin of viesh. 2018. N4(33). P. 150-156.

2. Izmailov A.Yu., Lobachevsky Ya.P., Sizov O.A., Akhalaya B.Kh. Agrotechnical and environmental assessment of the effectiveness (feasibility) of using bioactive technological methods of tillage in the system of machine technologies for the treatment of deposits and neglected land. System technologies and machines for the innovative development of the Russian agro-industrial complex: collection. Moscow: All-Russian Research Institute of Agricultural Mechanization. 2013. 127-130.

3. Izmailov A.Yu., Lobachevsky Ya.P., Smirnov I.G., Hort D.O. Actual problems of creating new machines for industrial gardening. Agricultural machines and technologies. 2013. N3. 20-23.

4. Davydova I.F., Kavun N.S. Heat-resistant antifriction textolites. Proceedings of VIAM. 2014. N11. 10-13.

5. Elizarov V.P., Artyushin A.A. Cench Yu.S. Perspective directions of development of domestic agricultural equipment. Vestnik VIESH. 2018. 2 (31) pp. 12-18.

6. Andreichikova G.E., Tokarev S.S., Kostikov Yu.A., Pavlov V.Yu., Ternovsky V.V., Ternovskov V.B. Domestic alternatives of foreign developments on fluoroplast-containing coatings. Modern technologies: a collection. Penza: Science and Enlightenment. 2017. 26-28.

7. Nikolaeva O.A, Zenitova L.A., Bakirova I.N., Abdullin I.Sh. Polyacetal – polymer of the future. Butlerov messages. 2014. N3. 1-6.

8. Bader E.Ya., Petrova G.N., Kondrashov E.K. Fluoroplastic powder coatings. Plastics. 2013. N1. 5-8.

9. Moscow M.N. Study of the properties of UHMWPE in the manufacture on their basis of the working bodies of tillage machines. Engineering Bulletin of the Don. 2014. N1.

10. Czichos H., Becker S., Lexow J. Wear. 1987. Vol. 114. 109-130; Wear. 1987. Vol. 118. 379-380.

УДК 631.3

ВОПРОСЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ТЕХНИКИ, ВЫВЕДЕННОЙ ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Валерий Сергеевич Герасимов, ведущий специалист,
e-mail: rosagroserv@list.ru;
Владимир Ильич Игнатов, доктор технических наук,
главный специалист;
Сергей Анатольевич Буряков, старший научный сотрудник
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,
Москва, Российская Федерация

Реферат. *В последние годы значительно сократились поставки новых сельскохозяйственных машин, что приводит к старению их парка. Поддержание его в работоспособном состоянии вызывает необходимость увеличения поставок запасных частей, на изготовление которых требуется дополнительное количество материальных и трудовых ресурсов: на запасные части к автомобилям расходуется до 30, а к тракторам – около 40 процентов металла, идущего на изготовление этих машин. (Цель исследования) Проанализировать и обосновать возможность максимального использования годных деталей и деталей, подлежащих восстановлению, утилизируемой сельскохозяйственной техники, а также наиболее прогрессивных технологий и методов восстановления деталей. (Материалы и методы) Определили объемы годных и подлежащих восстановлению деталей отдельных сельскохозяйственных машин, при условии своевременного выведения их из эксплуатации. Отметили, что на некоторых ремонтных предприятиях доля восстановленных деталей достигала 40 процентов объема потребления запасных частей. Выявили, что в последние годы объемы восстановления деталей значительно сократились и их доля не превышает 10 процентов от потребляемых запасных частей. (Результаты и обсуждение) Анализ интернет-поиска показал, что в настоящий момент имеется обширная база предприятий, которые готовы приобретать полезные компоненты утилизированной техники. Определили, что ремонтное производство располагает достаточным количеством методов и способов, чтобы восстанавливать практически любую изношенную или поврежденную деталь. (Выводы) Сделали заключение о целесообразности проведения в процессе утилизации техники работ по дефектации и выявлению годных деталей и деталей, подлежащих восстановлению. Обосновали необходимость расширения масштабов реновации деталей, подлежащих восстановлению, утилизируемой техники с использованием инновационных технологий и развитием сети участков, цехов ЦВИД в инженерном блоке АПК.*

Ключевые слова: *утилизация, капитальный ремонт, исследования, детали, техника, методы, цена, дефект, способы восстановления.*

Для цитирования: *Герасимов В.С., Игнатов В.И., Буряков С.А. Вопросы восстановления деталей техники, выведенной из эксплуатации // Технический сервис машин. 2019. N3(136). С. 135-142.*

QUESTIONS OF RESTORATION OF DETAILS OF EQUIPMENT, DECOMMISSIONED

Valery S. Gerasimov, leading specialist, e-mail: rosagroserv@list.ru;
Vladimir I. Ignatov, Dr.Sc(Eng.), chief research engineer;
Sergey A. Buryakov, senior researcher associate
Federal Scientific Agroengineering Center VIM,
Moscow, Russian Federation

Abstract. *In recent years, the supply of new agricultural machines has decreased significantly, which leads to the aging of their fleet. Maintaining it in working condition necessitates an increase in the supply of spare parts, the manufacture of which requires an additional amount of material and labor resources: for spare parts for cars up to 30, and for tractors – about 40 percent of the metal going to the manufacture of these machines. (The purpose of the study) to Analyze and justify the possibility of maximum use of suitable parts and components to be restored, recyclable agricultural machinery, as well as the most advanced technologies and methods of restoration of parts. (Materials and methods) Determined the volume of suitable and recoverable parts of individual agricultural machines, subject to timely decommissioning. It was noted that in some repair facilities, the proportion of reconditioned parts reached 40 per cent of the consumption of spare parts. It was found that in recent years, the volume of restoration of parts has decreased significantly and their share does not exceed 10 percent of the consumed spare parts. (Results and discussion) the Analysis of the Internet search has shown that at the moment there is an extensive database of enterprises that are ready to purchase useful components of recycled equipment. It was determined that the repair production has a sufficient number of methods and techniques to restore almost any worn or damaged part. (Conclusions) Made the conclusion about expediency of carrying out in the course of utilization of equipment of works on defecation and identification of the suitable details and details which are subject to restoration. Justified the need to expand the scale of renovation of parts to be restored, recycled equipment using innovative technologies and the development of a network of sites, shops in the engineering unit of the AGRICULTURAL complex.*

Keywords: *recycling, repair, research, details, techniques, methods, price, defect repair options.*

For citation: *Gerasimov V.S., Ignatov V.I., Buryakov S.A. Questions of restoration of details of equipment, decommissioned. Tekhnicheskiy servis mashin. 2019. N3(136). 135-142.*

Введение. Снижение производства отечественных машин привело к экспансии зарубежных фирм, которые буквально захватили российский рынок сельскохозяйственных машин. В настоящее время продажа отечественных машин не превышает 6-10% от общего числа вводимых в эксплуатацию. Стоимость запасных частей к таким машинам достаточно высокая, а введение санкций создает проблемы с поставкой даже дорогих запчастей к импортным машинам. Использование годных и восстановленных деталей, снятых с утилизируемых машин, существенно снизит затраты на поддержание техники в работоспособном состоянии и импортозависимость сельхозпредприятий от поставок запасных частей на зарубежные машины. Все эти факто-

ры усиливают необходимость развития предприятий, осуществляющих восстановление деталей. В настоящее время существует большое количество относительно мелких предприятий, оснащенных современным оборудованием и технологиями, обеспечивающими восстановление практически любой детали с рабочими характеристиками, которые не уступают, а порой и превосходят параметры новых оригинальных деталей.

Восстановление деталей, как правило, исключает экологически разрушительный энергоемкий металлургический цикл производства. При этом восстановление 1 т деталей из стали дает экономию 180 кВт·ч электроэнергии, 0,8 т угля, 0,5 т известняка, 175 м^3 природного газа. В процессе восстановления деталей число производственных операций сокращается в 5-8 раз по сравнению с изготовлением новых, объем затрачиваемого на восстановление детали металла не достигает порой и 1% от веса самой детали.

Себестоимость восстановления не превышает 40-70% от цены на аналогичную новую деталь при восстановлении 90% их ресурса по сравнению с новыми. Так, стоимость восстановленного ведущего колеса трактора тягового класса 30 кН в 2 раза дешевле нового, стоимость восстановленной гильзы двигателя ЗИЛ-130 составляет 50-60% стоимости новой. Восстановление деталей до уровня, при котором все параметры и ресурс деталей соответствуют новым, является частным случаем их ремонта.

Восстановление деталей на сумму в 1 млн руб. (в ценах 1990 г.) сохранило народному хозяйству в 1990 году почти 2 тыс. тонн металла; восстановление только опорных катков (1,6 млн шт./год) и звеньев гусениц (3 млн шт./год) позволяет экономить свыше 60 тыс. тонн стального литья. Восстановление поршневых пальцев дизелей (1 млн шт./год) экономило около 300 тонн хромоникелевой стали. При этом обеспечивалась значительная экономия топливно-энергетических и других ресурсов. Восстановление металлоемких крупногабаритных корпусных деталей с практически незначительными износами сокращает потребность в экологически неблагоприятном металлургическом цикле – литье [1].

За рубежом изношенные, но годные к восстановлению детали собирают через широкую сеть дилеров, а также путем обмена отказавших или требующих ремонта агрегатов на новые или отремонтированные, продажей мелкими ремонтными предприятиями крупным заводам или специализированным фирмам изношенных дорогостоящих деталей, годных к восстановлению. Международная практика свидетельствует, что доля восстанавливаемых деталей в общем объеме потребления запасных частей достигает в зарубежных странах до 30-35%. При продаже новых запасных частей или узлов дилеры снижают цены на 20-25%.

Цель исследования – проанализировать и обосновать возможность максимального использования годных деталей и деталей, подлежащих восстановлению, утилизируемой сельскохозяйственной техники, а также наиболее прогрессивных технологий и методов восстановления деталей.

Материалы и методы. Восстановление дефектных (изношенных) деталей можно осуществить тремя различными методами (рис. 1).

Поскольку под методом понимается способ теоретического исследования или практического осуществления чего-нибудь, а под способом – действие или система действий, применяемые при исполнении какой-либо работы (при осуществлении чего-либо), методом ремонта мы будем называть группы различных по принципу выполнения способов восстановления де-

талей [2]. Наиболее простым является метод восстановления детали под ремонтный размер. Этот метод позволяет получать сразу из изношенной детали восстановленную.

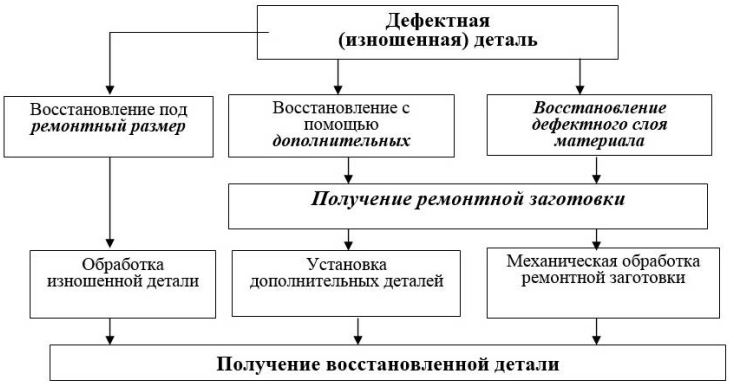


Рис. 1. Алгоритм восстановления дефектных деталей различными методами

На практике чаще всего приходится сталкиваться с необходимостью создания ремонтной заготовки, то есть детали с промежуточными характеристиками, которая предварительно подвергается каким-то ремонтным воздействиям.

После получения ремонтной заготовки осуществляется ее окончательная обработка. Результат обработки ремонтной заготовки – восстановленная деталь, размеры которой в большинстве случаев соответствуют номинальным значениям.

Как видно из рисунка 1, восстановление деталей на основе создания ремонтной заготовки может осуществляться методом дополнительных элементов и методом восстановления дефектного (изношенного) слоя материала детали. Достаточно часто метод восстановления дефектного (изношенного) слоя материала детали используется для восстановления валов, например, в подшипниках скольжения. В этом случае размер вала делается заведомо бóльше того, который определен прочностным расчетом.

Метод восстановления с помощью дополнительных элементов состоит в том, что изношенную поверхность предварительно обрабатывают, получая ремонтную заготовку. Размеры восстанавливаемых поверхностей на этом этапе отличаются от номинальных. После этого устанавливают специально изготовленную деталь – насадку. Этот метод применяют при постановке втулок в гнезда под наружные кольца подшипников коренных опор коленчатого вала двигателей ЯМЗ; установке полуколец под вкладыши коренных опор коленчатого вала двигателей и закреплении их штифтами; запрессовке сухих гильз или втулок в гильзы, исчерпавшие ресурс последнего ремонтного размера; установке всевозможных дополнительных колец, накладок.

Обработка изношенных деталей под втулки производится различными способами, чаще всего расточкой, рассверливанием, рассверливанием с разверткой. Метод позволяет «вернуться» при ремонте к номинальным размерам заменяемых деталей (поршней, вкладышей, толкателей) со всеми вытекающими отсюда положительными моментами, касающимися условий работы соединений, предусмотренных при конструировании. В связи с этим

можно также говорить об улучшении условий взаимозаменяемости.

Однако основным методом является метод восстановления дефектного слоя материала до номинального значения. Основу метода составляют различные способы получения ремонтной заготовки, у которой дефектный слой материала восстанавливается до размеров, больших номинальных. После этого ремонтная заготовка обрабатывается, в основном, до номинального размера.

Восстановить дефектный (изношенный) слой материала и получить ремонтную заготовку можно различными способами (рис. 2).

Рис. 2. Способы получения ремонтной заготовки восстановлением дефектного слоя материала

Электролитические способы для восстановления деталей предпочтительнее, чем наплавки, так как процессы гальванического осаждения металла не вызывают структурных изменений в деталях, позволяют наносить покрытия необходимой толщины, что снижает припуски на последующую механическую обработку или вовсе ее исключает. Такие способы легче поддаются механизации и автоматизации. Гальванические подразделения имеются практически на всех ремонтных предприятиях, занимающихся восстановлением деталей.

Наиболее распространен способ создания ремонтной заготовки путем сварки и наплавки. Сварку применяют при устранении механических повреждений деталей (трещин, отколов, пробоин и т.д.). Наплавку используют для нанесения металлических покрытий на поверхности деталей для компенсации их износа. На рисунке 3 представлена классификация способов сварки и наплавки.

Рис 3. Классификация способов сварки и наплавки

На рисунке 4 представлена классификация методов металлизации. Процесс металлизации заключается в том, что расплавленный в специальном устройстве – металлизаторе – металл подхватывается струей воздуха или

газа и мельчайшими частицами переносится на предварительно подготовленную поверхность детали. Расплавленные частицы металла в процессе распыления приобретают шарообразную форму и покрываются тонкой пленкой окислов. Степень окисления зависит от химического состава металла, температуры плавления, окружающей среды, размеров частиц и времени нахождения их полете.

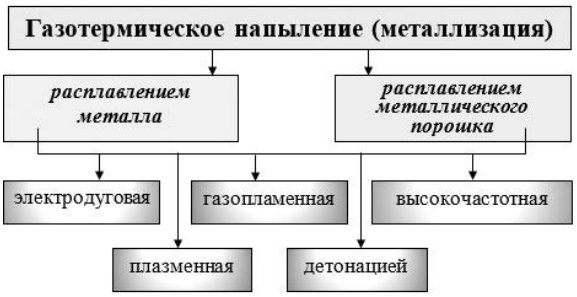


Рис 4. Классификация методов металлизации

Результаты и обсуждение. Расширение номенклатуры восстанав-ливаемых деталей сельскохозяйственной техники – одно из важнейших направлений деятельности ВИМ. За последнее десятилетие разработано и апробировано в производственных условиях более 30 различных технологий и оборудования. Одна из таких установок показана на рисунке 5.

Рис. 5. Автоматическая 5-D установка для восстановления и упрочнения деталей сельскохозяйственной техники

Важным моментом создания участков по восстановлению деталей является их полная технологическая и техническая обеспеченность. По экспертным оценкам, повторное использование деталей и узлов, демонтированных при утилизации тракторов Т-150К, К-700/701, комбайнов Дон-1500Б и другой сложной сельскохозяйственной техники, на 10-15% снижает затраты собственников этой техники на ее ремонт. Проведенные исследования позволили определить объемы годных и подлежащих восстановлению деталей отдельных сельскохозяйственных машин при своевременном выведении их из эксплуатации (табл. 1). На выбор варианта использования годных деталей влияет много факторов: уровень спроса на конкретную деталь (агрегат), предполагаемые сроки хранения и наличие площадей складских помещений, уровень цен и прочее.

Таблица 1

Объемы годных и подлежащих восстановлению деталей

Наименование машины		Марка машины	Масса машины, т	Кол-во деталей в машине шт.	Цена машины, млн руб.	Годные и восстановлению детали, шт.
1.	Пресс-подборщик	ПРФ-145	1,9	1983	0,50	≈1400
2.	Косилка	КСФ-2ДБ-04	0,19	365	0,32	≈260
3.	Косилка роторная	КРН-2,1	0,57	863	0,429	≈640
4.	Грабли	ГВР-630	1,1	524	0,320	≈380
5.	Плуг	ПЛН-3-35	0,463	258	0,750	≈170
6.	Сеялка	СЗ-5,4	3,0	1837	0,800	≈1200
7.	Трактор	К-744Р	14,9	5767	8,274	≈4000
8.	Зерноуборочный комбайн	TORUM-780	16,0	6042	11,80	≈4200

При этом следует помнить о правилах продажи бывших в употреблении товаров. Они изложены в ПП РФ № 55 от 19.01.1998 г. (в редакции от 04.10. 2012 г.). На текущий момент в Интернете имеется около 776 зарегистрированных компаний [3]. Все эти предприятия занимаются продажей и поставкой запчастей для строительной, сельскохозяйственной, лесной техники, грузовиков и самосвалов, с указанием телефонов и адресов, а также полный список товаров и услуг с ценами. В том числе специализирующихся на продаже компонентов СХТ, например, сайт АгроСервер.ru, на торговой площадке которого в разделе «Запчасти для сельхозтехники» можно размесить информацию о наличии у собственника запчастей для любого вида СХТ [4].

Представлены 124 компании, которые принимают металлолом с указанием телефонов и адресов, а также полный список товаров и услуг с ценами [5]. На сайте приводятся цены на различные металлы всех категорий [6]. Так, на 25.12.2018 г. цена (тыс. руб./т) на лом черных металлов составляла 14,5, а стружка черных металлов – 5; медь – от 0,24 до 0,345; алюминий от 0,055 до 0,1 и т. д. для всех металлов, включая свинец, титан, магний.

Закупкой стеклобоя занимаются как минимум 26 компаний, цены на него колеблются от 1,5 (смешанный) до 19 (эрклез – цветное кусковое стекло) тыс. руб./т. [7]. Вторичным полимерным сырьем занимается более 400 предприятий [8]. Цены на отходы пластика колеблются от 22 до 45 руб./кг в зависимости от качества вторсырья [9].

На сайте представлены 155 компаний, занимающихся покупкой, транспортировкой и утилизацией отработанных масел, имеющих лицензию на этот вид деятельности [10]. В таблице 2 приведены закупочные цены компании «ECOSOM» на отработанные моторные, индустриальные масла, а также на автомобильное топливо.

Таблица 2

Закупочные цены компании «ECOSOM» в период: ноябрь-декабрь 2018 г., руб./л.

Наименование отходов	Объемы закупок, м^3				
	0.4-1	1-2	2-5	от 5	от 10
Масла моторные отработанные	6.0 / 8.0	9.0 / 11.0	от 10.0 / от 12.0	от 12.0 / от 15.0	от 14.0 / от 17.0
Масла индустриальные отработанные	8.0 / 10.0	10.0 / 12.0	от 12.0 / от 15	от 15.0 / от 17.0	Договорная
Керосин, дизель, бензин отработанные	8.0 / 10.0	14.0 / 14.0	от 20.0 / от 20.0	от 25.0 / от 25.0	Договорная

Выводы. Проведенные исследования позволили обосновать необходимость расширения масштабов реновации деталей, подлежащих восстановлению, утилизируемой техники с использованием инновационных технологий и развитием сети участков, цехов ЦВИД в инженерном блоке АПК.

Библиографический список

1. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве: учебное пособие / под ред. В.И.Черноиванова. Москва – Челябинск: ГОСНИТИ.ЧГАУ. 2003. 992 с.

2. Ожегов С.И., Шведова Н.Ю. Толковый словарь русского языка. М.: Азбуковник. 1997. 994 с.

3. Запчасти к сельхозтехнике. Фирмы России. www. cataloxy.ru

4. Запчасти для сельхозтехники. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.agroserver.ru/zapchasti/

6. Цены на металлолом сегодня. https://vtorlom24.ru/pricelist/

7. Стеклобой, фирмы России. www.cataloxy.ru

8. Полимерное сырье. Каталог фирм и организаций России. www.cataloxy.ru

9. Вторичный пластик цена. https://moscow. flagma.ru

10. Отработанное масло. Фирмы России. www.cataloxy.ru

References

1. Maintenance and repair of machines in agriculture: Textbook / ed. V.I. Chernoivanov. Moscow – Chelyabinsk: GOSNITI, Chelyabinsk State Agrarian University. 2003. 992.

2. Ozhegov S.I., Shvedova N.Yu. Explanatory dictionary of the Russian language. M.: Azbukovnik 1997. 994.

3. Spare parts for agricultural machinery. firm of Russia. www. cataloxy.ru

4. Spare parts for agricultural machinery. [Electronic resource.] Mode of access: http://www.agroserver.ru/zapchasti/.

5. To sell scrap metal. Catalog of companies and organizations in Russia. www. cataloxy.ru

6. The price of scrap metal today. https://vtorlom24.ru/pricelist/

7. Broken glass films. www.cataloxy.ru

8. Polymer raw material. Catalog of companies and organizations in Russia. www. cataloxy.ru

9. Recycled plastic price https://moscow. flagma.ru

10. Waste oil. firm of Russia. www.cataloxy.ru

УДК 621.785.53; 621.793

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРМЕТАЛЛИДОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПОКРЫТИЙ ПРИ СКОРОСТНОМ ТВЧ-БОРИРОВАНИИ

Алексей Семенович Дорохов[2], доктор технических наук, профессор, член-корреспондент Российской академии наук;
Алексей Владимирович Ишков[1], доктор технических наук, профессор;
Виктор Васильевич Иванайский[1], доктор технических наук, профессор;
Николай Тихонович Кривочуров[1], кандидат технических наук, доцент;
Вячеслав Федорович Аулов[2], кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник;
Валерий Игоревич Иванов[2], кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, mail: tehnoinvest-vip@mail.ru
[1]Алтайский государственный аграрный университет, г. Барнаул, Российская Федерация;
[2]Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *Особое место среди процессов упрочнения занимает борирование, когда на стальной поверхности получают протяженные (до 500-800 микрометров) слои, отличающиеся высокой твердостью, прочностью, износостойкостью и стойкостью к коррозии. (Цель исследования) Разработка и материаловедческие исследования износостойких покрытий, полученных при скоростном борировании стали 65Г токами высокой частоты, дополнительно модифицированных термодинамически устойчивыми алюминидами Fe_2Al5 и Ni_2Al_3. (Материалы и методы) Исследовали влияние добавок при осуществлении борирования токами высокой частоты конструкционной стали 65Г под слоем шихты на основе карбида бора и интерметаллидов Fe_xAl_y, Ni_xAl_y, образующихся в системах Fe-Al и Ni-Al по реакциям самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Получили износостойкие композиционные покрытия FeB-(Fe-B)-Me_xAl_y, где Me – это Fe, Ni. Определили, что толщина покрытий достигает 500-800 микрометров, время наплавки 1-2 минуты. Обнаружили в покрытиях новые фазы интерметаллидов двойного сверхтвердого борида Fe_2AlB_2, в покрытиях в качестве основного борида железа присутствует FeB, что приводит к увеличению их твердости и износостойкости. (Результаты и обсуждение) Модификация образующихся боридных покрытий интерметаллидами с температурами плавления, близкими к технологической температуре наплавки токами высокой частоты, приводит к уменьшению количества трещин и появлению новых потребительских качеств материала. Показали, что добавка интерметаллидов способствует образованию новых твердых, высокодисперсных и структурированных фаз в покрытии, которые при определенных условиях их образования и выделения влияют на структуру стали, осуществляют дисперсное или зонное упрочнение покрытия. (Выводы) Получили термодинамически устойчивые интерметаллиды Fe_2Al_5 и Ni_2Al_3, которые могут быть использованы как эффективные модификаторы износостойких боридных покрытий.*

Ключевые слова: *ТВЧ-нагрев, скоростное ТВЧ-борирование, карбид бора, железо-боридная эвтектика, интерметаллиды.*

Для цитирования: *Дорохов А.С., Ишков А.В., Иванайский В.В., Кривочуров Н.Т., Аулов В.Ф., Иванов В.И. Применение интерметаллидов для повышения износостойкости покрытий при скоростном ТВЧ-борировании // Технический сервис машин. 2019. N3(136). С. 143-155.*

THE USE OF INTERMETALLIC COMPOUNDS TO IMPROVE THE WEAR RESISTANCE OF COATINGS WITH HIGH-SPEED HIGH-FREQUENCY BOROTION

Alexey S. Dorokhov[2], Dr.Sc(Eng.), professor,
Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences;
Alexey V. Ishkov[1], Dr.Sc(Eng.), professor;
Viktor V. Ivanaysky[1], Dr.Sc(Eng.), professor;
Nikolay T. Krivochurov[1], Ph.D.(Eng.), associate professor;
Valery I. Ivanov[2], Ph.D.(Eng.), associate professor, e-mail: tehnoinvest-vip@mail.ru
[1] Altai state agricultural university, Barnaul, Russian Federation;
[2] Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. *A specific place among processes of hardening is held by borating when on a steel surface receive extended (to 500-800 micrometers) the layers differing in the high hardness, durability, wear resistance and resistance to corrosion. (Purpose research) Development and materials research researches of the wearproof coverings received at high-speed borating of steel 65G by currents of high frequency, in addition modified thermodynamic by steady alyuminida of Fe_2Al5 and Ni_2Al3. (Materials and methods) Investigated influence of additives at borating implementation by currents of high frequency of structural steel 65G under a furnace charge layer on the basis of carbide of a pine forest and intermetallid of FexAly, NixAly which are formed in the Fe-Al and Ni-Al systems on reactions of the self-extending high-temperature synthesis. Received wearproof composite coverings of FeB-(Fe-B) - MexAly where Me is Fe, Ni. Defined that thickness of coverings reaches 500-800 micrometers, building up time 1-2 minutes. Found new phases of intermetallid of a double superfirm borid Fe_2AlB_2 in coverings, at coverings as the main borid of iron there is FeB that leads to increase in their hardness and wear resistance. (Results and discussion) Modification of the intermetallidama coverings which are formed the boridnykh with melting temperatures, currents of high frequency, close to technological temperature of building up, leads to reduction of quantity of cracks and emergence of new consumer qualities of material. Showed that additive of intermetallid promotes formation of the new firm, high-disperse and structured phases in a covering which under certain conditions their educations and allocations affect structure of steel, carry out disperse or zonal hardening of a covering. (Conclusions) Received thermodynamic steady intermetallida of Fe_2Al5 and Ni_2Al3 which can be used as effective modifiers wearproof the boridnykh of coverings.*

Keywords: *high-frequency heating, high-speed high-frequency boronation, boron carbide, iron-boride eutectic, intermetallic compounds.*

For citation: *Dorokhov A.S., Ishkov A.V., Ivanayskiy V.V., Krivotulov N.T., Aulov V.F., Ivanov V.I. The use of intermetallic compounds to improve the wear resistance of coatings with high-speed high-frequency borotion. Tekhnicheskiy servis mashin. 2019. N3(136). 143-155.*

Введение. Для улучшения физико-механических характеристик и восстановления изношенной поверхности различных деталей, функционализации их поверхности, поверхностного упрочнения и повышения ресурса техники в машиностроении широко применяются методы нанесения покрытий наплавкой, напылением, электроискровой обработкой, химико-термической обработкой и другие [1, 2]. Особое место среди процессов упрочнения занимает борирование, когда на стальной поверхности получают протяженные (до 500-800 мкм) слои, отличающиеся высокой твердостью, прочностью, износостойкостью и стойкостью к коррозии [3]. Однако большинство из известных в настоящее время методов борирования стали (печное, газовое, электролитическое) длительны, трудоемки, не автоматизированы и плохо встраиваются в технологические схемы современных производств.

Значительная интенсификация борирования происходит при ТВЧ-нагреве стальной поверхности под слоем специальной борирующей шихты до температур образования новых боридных фаз и эвтектик при 1100-1350 °С, в системах *Fe-B, Fe-B-C и Fe-Me-B-C,* где *Me* – это легирующий сталь элемент из группы: Cr, Mn, Ni [4]. Были рассмотрены вопросы применения таких покрытий для увеличения срока службы различных деталей, а учитывая высокую скорость борирования, новый технологический процесс было предложено называть термином скоростное ТВЧ-борирование [5, 6].

В связи с совершенствованием процесса скоростного борирования токами высокой частоты (ТВЧ-борирование) и разработки пилотных технологий, ранее были проведены систематические исследования структуры и свойств получающихся износостойких покрытий, образующихся на различных марках конструкционных сталей, а также влияние на них различных технологических факторов [7, 8]. Существенным недостатком таких покрытий являются структурная неоднородность, поры и трещины, образующиеся за счет большой разницы в физических свойствах и отличающиеся в 1,5-2 раза от температурных коэффициентов линейного расширения основного материала покрытия, а также их ограниченная область применения. Для повышения функциональности боридных покрытий, устранения трещин и расширения области их применения предложено осуществлять модификацию их материала различными интерметаллидами, температуры плавления которых близки к 1100-1350 °С.

Цель исследования – разработка и материаловедческие исследования износостойких покрытий, полученных при скоростном ТВЧ-борировании стали 65Г, дополнительно модифицированных термодинамически устойчивыми алюминидами Fe_2Al5 и Ni_2Al_3.

Материалы и методы. Покрытия получали скоростным ТВЧ-борированием заготовок (образцов) из стали 65Г, толщиной 5 мм (ГОСТ 14959-79) в базовой порошковой смеси (шихте), дополнительно модифицированной 3-10 мас. % интерметаллидов. Технология скоростного ТВЧ-борирования и состав базовой шихты подробно описаны в работах [5-9].

В качестве борирующего агента в базовой шихте использовали карбид бора марки М40 (ГОСТ 3647-80), в качестве флюса применяли известный

плавленый флюс для индукционной наплавки (флюс П-0,66), состава, мас. %: 30 – $Na_2B_4O_7$, 20 – B_2O_3, 10 – $CaSi_2$, 40 – сварочный флюс АН-348А [9].

Интерметаллиды состава Fe_2Al_5, Ni_2Al_3 получали, осуществляя самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) в прессованных заготовках из порошков исходных металлов (порошок железа марки ПЖВ, порошок никеля марки ПНК или порошок ПТ-19Н-01, алюминиевый порошок марки АСД или пудра марки ПАП-1) [10]. Для предотвращения окисления, подавления побочных реакций и увеличения выхода целевого продукта СВС проводили в герметичном стальном реакторе, оборудованным сменной, расходуемой нихромовой инициирующей спиралью и ТЭНом для подогрева исходных прессовок. Синтез выполняли при постоянной продувке реактора аргоном под избыточным давлением 0,1-0,2 атм. Готовые продукты измельчали, фракционировали и отбирали порошок с размером частиц 0,315 мм. Нагрев образцов с нанесенной шихтой и получение покрытий осуществляли в петлевом индукторе диаметром 160 мм, выполненном из медной трубки ∅5 мм, на промышленной ТВЧ-установке ЭЛСИТ-100/20-70 на частотах 60-65 кГц. Настройка программы инвертора и оптимизация геометрии индуктора обеспечивали нагрев образцов до температуры 1100-1350 °С в течение 40-60 сек, с ее последующей стабилизацией. Температуру поверхности образцов определяли с помощью пирометра ОППИР-017-II. После выдержки при указанной температуре в течение времени 1-2 мин образцы вынимали из индуктора, давали им свободно остыть и подкалиться на воздухе.

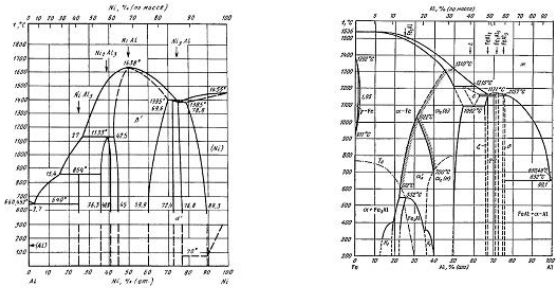
Химический состав интерметаллидов (после растворения в HNO_3) и полученных боридных покрытий (*in situ*) устанавливали с помощью спектрального анализа (атомно-эмиссионный спектрометр с индуктивно-связанной плазмой i*CAP*-6300 *Duo*, оптико-эмиссионный спектрометр ДФС-500). У покрытий также определяли микротвердость (микротвердомер КМТ-1, нагрузка 100 г), фазовый состав (рентгеновский дифрактометр XRD-6000 *Shimadzu*, *Cu* K_α-излучение, 1 град/мин), микроструктуру и толщину борированного слоя (инвертированный металлографический микроскоп *Olympus GX*51).

Результаты и обсуждение. Интерметаллиды вообще и алюминиды *Fe* и *Ni* в частности являются перспективными материалами для изготовления деталей машин, функциональных, упрочняющих покрытий, электродных, магнитных и сверхпроводящих материалов, катализаторов [11, 12].

Так, конструкционные материалы и покрытия на основе алюминидов железа обладают высокой коррозионной и окислительной стойкостью, жаростойкостью, достаточно высокими показателями твердости и износостойкости и не содержат дорогостоящих легирующих элементов, что значительно снижает стоимость изделий из них. Однако невысокая прочность и низкая пластичность алюминидов железа *FeAl, Fe*3*A*l все еще сильно сдерживают их использование в машиностроении и энерегетике при температурах 630-680°С как заменителей нержавеющих сталей и титановых суперсплавов в выхлопных системах, узлах газовых турбин, деталях транспортеров, колосников и нагревательных элементов [13, 14]. Алюминиды никеля также характеризуются высокими механическими свойствами, коррозионной стойкостью и стойкостью к окислению при повышенных температурах, а алюминид Ni_3Al, кроме того, обладает еще и аномальной зависимостью предела текучести от температуры, что способствует использованию этого мате-

риала для создания покрытий в химическом машиностроении, авиации, космосе и в других экстремальных условиях [15, 16]. Широкому применению в промышленности, как и в случае алюминидов железа, также препятствуют низкий уровень его пластичности, склонность к образованию трещин и плохая обрабатываемость. При комнатной температуре образцы из поликристаллического интерметаллида Ni_3Al являются хрупкими, а при высоких температурах имеют очень низкое сопротивление ползучести [17].

Указанные недостатки этих конструкционных материалов и покрытий могут быть устранены как технологическими приемами, так и путем создания композиционных покрытий интерметаллидов с другими материалами, например, боридами железа, в которых оба компонента могут проявить лучшие эксплуатационные характеристики [18]. При получении таких покрытий в условиях ТВЧ-нагрева необходимо, чтобы используемые интерметаллиды были термодинамически устойчивы и имели температуры плавления близкие к 1100-1350 °С, то есть были бы «*совместимы*» с технологической температурой процесса скоростного ТВЧ-борирования.



a) *b)*

a) *b)*

Рис. 1. Диаграммы состояния систем: Ni-Al (a) и Fe-Al (b)

Как следует из диаграмм состояния, приведенных на рисунке 1, в системе *Ni*-Al (рис. 1, a) образуется пять интерметаллидов, имеющих формулы: $NiAl_3$, Ni_2Al_3, $NiAl$, Ni_3Al, Ni_5Al_3, причем только соединение $NiAl_3$ имеет постоянный состав, а остальные интерметаллиды – существенные области гомогенности. Соединение $NiAl$ плавится конгруэнтно, Ni_2Al_3, $NiAl$, Ni_3Al – по перитектическим реакциям. Соединение Ni_5Al_3 образуется/расплавляется при температуре 700 °С и имеет область гомогенности 32-36 ат. % *Al*. Соединение Ni_3Al в ряде случаев обозначается так же, как γ'-фаза. Со стороны *Al* в системе *Ni-Al* имеет место эвтектическое превращение, температура которого по данным различных авторов колеблется в пределах 630-640 °С, а концентрация эвтектической точки – в пределах 2,5-3,06 ат. % *Al*. Со стороны *Ni* нонвариантное превращение при 1385 °С является эвтектическим, а при температуре 1395 °С – перитектическим, а небольшая добавка *Al* к *Ni* снижает температуру магнитного превращения до 70 °С. Температура перитектического превращения, при котором образуется/расплавляется соединение $NiAl_3$, равна 854 °С, а концентрация жидкой фазы, участвующей в этом превращении, 15,1 и 15,3 ат. % *Ni*. Соединение Ni_2Al_3 возникает при температуре 1133 °С. При последнем превращении в системе *Ni-Al* образуется соединение Ni_3Al [19, 20].

В сплавах системы *Fe-Al* (рис. 1, b) получается также пять стабильных

фаз: Fe_3Al, $FeAl$, $FeAl_2$, Fe_2Al_5, $FeAl_3$, каждая из которых обладает определенной областью гомогенности. Фаза FeAl с упорядоченной, объемно-центрированной кубической решеткой типа B2 (CsCl) образуется непосредственно при кристаллизации сплавов по перитектической реакции. Сплавы, содержащие 32-40 ат. % *Al*, в интервале температур 1022-700 °С претерпевают вторичное упорядочение, связанное, очевидно, с изменением типа дальнего порядка, подобно вторичному упорядочиванию типа B2→B2', наблюдаемое также в сплавах систем Fe-Si и Fe-Ge. При 552° С и 26,8 ат. % Al реализуется вырожденное перитектоидное превращение – двойная точка Кюри, так как в ней сосуществуют ферромагнитная фаза α-Fe и парамагнитная Fe_3Al. При 652° С и 99,1 ат. % *Al* в системе *Fe-Al* кристаллизуется эвтектика *Fe*Al + αAl, при этой эвтектической температуре в алюминии растворяется только 0,03 ат. % Fe.

Таким образом, обозначенным ранее критериям «совместимости» интерметаллидов с боридами железа в покрытиях, образующихся при ТВЧ-нагреве и температурах 1100-1350 °С, однозначно отвечают лишь два соединения, в системе *Ni-Al* – это интерметаллид Ni_2Al_3, а в системе *Fe-Al* – интерметаллид Fe_2Al_5. Оба указанных соединения имеют широкие области гомогенности и значительные отрицательные энтальпии образования, следовательно, могут быть легко получены в виде индивидуальных соединений методом СВС. Отметим, что из системы *Ni-Al* в качестве модификатора может быть использован и *Ni*Al_3, который плавится с разложением и образует эвтектику с Ni_2Al_3 при 1133 °С, а из системы *Fe-Al*, также возможно применение алюминидов *Fe*Al_2, $FeAl_3$ как модификаторов исследуемых покрытий.

Рентгенофазовый анализ (РФА) интерметаллидов Ni_2Al_3 и Fe_2Al, полученных методом СВС из порошков исходных металлов по реакциям 1, 2 в атмосфере аргона:

$$2Ni + 3Al \rightarrow Ni_2Al_3,\ \Delta H^o_{298} = 171\ кДж/моль, \quad (1)$$

$$2Fe + 5Al \rightarrow Fe_2Al_5,\ \Delta H^o_{298} = 188\ кДж/моль \quad (2)$$

показал, что в продуктах первой реакции присутствуют два алюминида, основной фазой является $NiAl_3$, примерно 25-30% составляет Ni_2Al_3, также имеется незначительная примесь *Al*, а продуктом реакции 2 является только фаза Fe_2Al_5 (рис. 2).

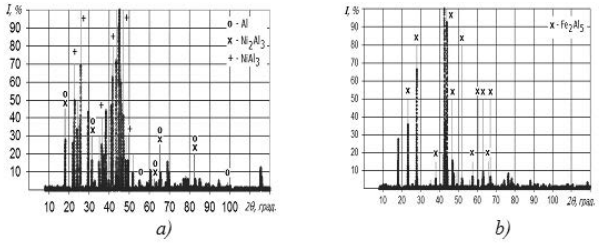


Рис. 2. Рентгенограммы продуктов, образующихся в реакциях СВС: Ni_2Al^3 (a), Fe^2Al^5 (b)

Образование в продуктах реакции 1 сразу двух интерметаллидов объясняется наличием широкой области гомогенности у Ni_2Al_3, вариантностью системы *Ni-Al* заданного состава при достижении ею температуры 1133 °С,

а также величиной адиабатической температуры СВС реакции 1132 °С. То есть получение монофазного продукта этой стехиометрии методом СВС невозможно, тем не менее оба из полученных нами соединений отвечают критерию «совместимости» с продуктами ТВЧ-борирования стали. Образование по реакции 2 единственного продукта Fe_2Al_5 в свою очередь объясняется также наличием некоторой области гомогенности у этого соединения, его природой и термодинамической устойчивостью, и дополнительной стабилизацией (автозакалкой) продуктов синтеза, так как $T_{ад}$. СВС в системе *Fe-Al* этого состава составляет 1011 °С, что на 160 °С ниже $T_{пл}$. продукта. Таким образом, оба полученных СВС-продукта могут выступать модификаторами износостойких покрытий, полученных на сталях при скоростном ТВЧ-борировании.

При получении композиционных боридных покрытий, модифицированных исследованными интерметаллидами, последние добавляли в количествах 3-5 мас. % к базовой шихте, содержащей, мас. %: карбид бора – 80-85, флюс П-0,66 – 20-15, за счет уменьшения доли флюса. В предварительных экспериментах при нанесении на стальную поверхность составов с содержанием интерметаллидов в шихте выше 5 мас. % и ее ТВЧ-нагреве до температуры 1100-1350 °С с различным временем выдержки были получены неоднородные по толщине, островковые интерметаллидные покрытия с включением оксидов, шлаков и непрореагировавшего карбида бора, толщиной 10-15 мкм, что не удовлетворяет технологическим требованиям и ведет к перерасходу материала.

При уменьшении содержания интерметаллидов в шихте ниже 3 мас. %, на образцах образовывались также неоднородные, но уже боридные покрытия низкого качества. Содержание модификаторов от 3 до 5 мас. % является оптимальным, так как при этом образуются композиционные покрытия, в которых и карбид бора, и интерметаллиды полностью усваиваются. Кроме того, при их получении наблюдаются признаки химических реакций между компонентами, металлом основой с образованием новых фаз: улучшение смачивания и растекаемости расплава, свечение и дополнительный разогрев, изменение поверхностного натяжения расплава, приводящее к формированию неровной поверхности. Поэтому все дальнейшие исследования проводили с составом шихты, содержащей 3-5 мас. % интерметаллидов.

При проведении скоростного ТВЧ-борирования образцов стали 65Г только базовой шихтой (без интерметаллидов) получили покрытия, толщиной 100-300 мкм, с дендритной структурой и ледебуритоподобной эвтектикой *Fe-B*, в матрице эвтектики наблюдаются также равномерно распределенные замкнутые темные и светлые карбидные (боридные) области, что совпадает с ранее полученными результатами (рис. 3).

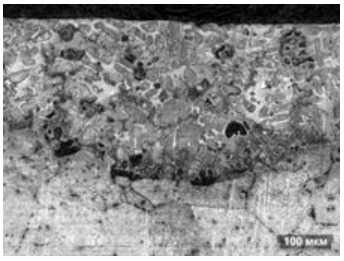
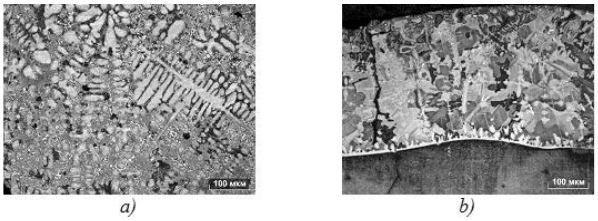


Рис. 3. Микроструктура образца покрытия (×250), полученного из базовой шихты без модификации интерметаллидами

Микротвердость образующегося покрытия доходит до 850-900 HV. Наблюдаемые в наплавке дендриты основного металла имеют структуру мелкоигольчатого мартенсита, что свидетельствует о высокой температуре при нанесении покрытия, высокой скорости нагрева и закалке основы образца при нагреве/остывании. Наплавленный слой неоднороден по толщине, есть участки, где он практически отсутствует, максимальная толщина слоя составляет 200-300 мкм. На образцах с покрытиями модифцированными интерметаллидами Ni_2Al_3 и Fe_2Al_5 (рисунок 4, а, б соответственно) микроструктура наплавленного слоя иная.



a) b)

Рис. 4. Микроструктура образцов покрытия (×250), модифицированных 5 мас. %: Ni2Al3 (a) и Fe2Al5 (b)

Как следует из рисунка 4, толщина наплавки в этом случае достигает 600-700 мкм и 450-600 мкм соответственно, в слоях наблюдаются трещины, поры, неоднородности. В случае боридного покрытия (модифицированного Ni_2Al_3) структура дендритная, содержит крупные и мелкие дендриты первого и более высоких порядков, структура материала которых отличается от основного металла, и мелкую эвтектику между ними. В структуре наплавки, модифицированной Fe_2Al_5, присутствуют светлые и темные кристаллы, серые кристаллические феррито-перлитные области и незначительные включения белых дендритов, растуших из тонкой аустенитной прослойки, расположенной по границе сплавления основной металл/покрытие. Микроструктура сердцевины всех образцов, в отличие от дендритов, представляет собой крупноигольчатый мартенсит с микротвердостью 650-750 HV.

Химический анализ покрытий и сопоставление его результатов с нормированным ГОСТ 14959-79 химическим составом стали 65Г (табл. 1), подтвердили обнаруженное образование новых фаз и факты внесения новых элементов на поверхность образцов, протекание диффузионных и химических процессов с участием металла основы и покрытия, приводящих к перераспределению его отдельных элементов между ними.

Из данных, приведенных в таблице 1, следует: основным элементом в материале полученных покрытий является *Fe*. Содержание *Si* в покрытиях в 4,2-8,7 раза превышает его количество в металле основы, что, очевидно, связано с повышенной растворимостью этого элемента в эвтектиках, являющихся основными фазами покрытий, а содержание *Al* различается в этих покрытиях почти в 2 раза. Mn переходит в покрытие из основного металла, практически не меняя своего содержания, а повышенное в 3 раза содержание *Ni* в первом образце связано с его внесением на поверхность из модификатора, в то время как во втором образце его содержание сопоставимо с основой. В обоих образцах легирующие элементы *Cr*, *Mo*, *Cu*, а также *S* и *C*, дополнительно вносятся в покрытия из модификаторов или карбида бора, в то же время *P* не меняет своего содержания.

Таблица 1

Химический состав материала модифицированных покрытий/основы (n=4, P=0,95)

Покрытие (модификатор)	Химический элемент, мас. %											
	Fe	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	Cu	Al	S	P	C*	B*
Ni_2Al_3	88,92	0,92	1,48	0,77	0,48	0,023	0,31	5,65	0,07	0,03	0,95	0,23
Fe_2Al_5	84,82	0,93	1,55	0,26	0,45	0,003	0,24	10,58	0,06	0,01	0,98	0,15
исходный металл (65Г)	97-98	0,9-1,2	0,17-0,37	0,25	0,25	-	0,2	-	0,03	0,03	0,62-0,7	-

Примечание: содержание элементов определено расчетным путем из уравнения материального баланса.

Наличие бора от 0,15 до 0,23 мас. % в обоих образцах вместе с железом и повышенным содержанием углерода подтверждает факт образования легкоплавкой эвтектики Fe-B, а также боридов и карбоборидов железа и легирующих элементов, что совпадает с данными работ.

Рентгенофазовый анализ покрытий показал наличие в них как фаз исходных интерметаллидов-модификаторов и интерметаллидов-примесей, так и фазы борида железа FeB, а также новых интерметаллидных фаз, образовавшихся вследствие перетектического плавления интерметаллидов и их химического взаимодействия с компонентами боридного покрытия в условиях его получения (табл. 2). То есть при модификации боридных покрытий алюминидами Fe_2Al_5 и Ni_2Al_3 в условиях скоростного ТВЧ-борирования происходит образование композиционных износостойких покрытий.

Таблица 2

Фазы композиционных износостойких боридных покрытий

Модификатор	Фазы, обнаруженные на рентгенограмме модификатора	Фазы, обнаруженные на рентгенограмме покрытия
Ni_2Al_3	Ni_2Al_3, $NiAl_3$ (основная)	Ni_2Al_3 (основная), $NiAl_3$, Fe_4Al_{13}, FeB
Fe_2Al_5	Fe_2Al_5 (основная)	Fe_2Al_5 (основная), $FeAl_2$, Fe_2AlB_2, FeB

Данные таблицы 2 показывают, что при модификации боридных покрытий, полученных при скоростном ТВЧ-борировании стали 65Г в присутствии исследованных интерметаллидных модификаторов, основной борсодержащей фазой покрытия является борид железа *FeB*, который локализуется в областях железоборидной эвтектики (рис. 3, 4). Кроме того, в покрытиях образуются новые фазы: интерметаллид Fe_4Al_{13}, интерметаллид $FeAl_2$, а также сверхтвердый двойной борид Fe_2AlB_2, что подтверждает протекание химического взаимодействия при образовании покрытия и их сложную, композиционную природу.

Это коренным образом отличает полученные модифицированные покрытия от покрытий, описанных нами ранее, так как в покрытиях, полученных при скоростном ТВЧ-борировании стали 65Г в базовой немодифицированной шихте РФА показал наличие следующих фаз: α-*Fe*, Fe_2B, Fe_3(C,B) и $Fe_{23}(C,B)_6$, а также смешанных боридов и карбоборидов *Fe* и *Mn* [4-8, 21].

Борид железа *FeB* – более твердый, термо- и износостойкий материал

чем борид Fe_2B, образуется в исследованных модифицированных покрытиях по реакции диспропорционирования последнего (4), который в свою очередь образуется за счет протекания поверхностной химической (топохимической) реакции (3), между железом металла основы и активными формами бора B^*, образующимися из компонентов шихты при ТВЧ-нагреве:

$$Fe + 2B^* \rightarrow Fe_2B, \quad (3)$$

$$Fe_2B \rightarrow FeB + Fe^*. \quad (4)$$

Активная форма железа, образующаяся при диспропорционировании Fe_2B, далее способна вступать во взаимодействие с интерметаллидами, продуктами их перетектического распада, а также активными формами бора, образуя новые фазы Fe_4Al_{13} и Fe_2AlB_2. Проведенный ранее микрорентгеноспектральный анализ позволил установить состав основных фаз эвтектики *Fe-B* композиционных боридных (табл. 3).

Таблица 3

Результаты металлографического и микрорентгеноспектрального анализа основных фаз эвтектики в композиционных боридных покрытиях на стали 65Г

Обозначение фазы, элементы	Описание фазы, морфология	Состав, элемент, %		Химическая (брутто) формула
		весовой	атомный	
■ - Fe, C, B	матрица - серое поле в ледебурито-подобной эвтектике	Fe - 57,25 C - 28,02 B - 14,73	21,72 49,42 28,86	$FeC_{2,3}B_{1,3}$
■* - Fe, C, B	то же	Fe - 64,31 C - 22,30 B - 13,38	27,12 43,73 29,15	$FeC_{1,6}B_{1,1}$
▲ - Fe, C, B	упрочняющая фаза - светлые области эвтектики	Fe - 50,63 C - 23,11 B - 26,25	17,24 36,59 46,17	$FeC_{2,1}B_{2,7}$
♦* - Fe, C	упрочняющая фаза - темные замкнутые области	Fe - 86,60 C - 13,40	58,15 41,85	$Fe_{1,4}C$

Примечание: данные для фазы в покрытии, полученном за 1 мин.

Как следует из результатов, приведенных в таблице 3, в состав основной матричной и упрочняющих фаз всех исследованных композиционных боридных покрытий, помимо железа и бора всегда входит углерод, причем его доля колеблется от 13,4 до 28 масс. %, что отвечает углеродным фазам от цементита, карбоборидов Fe и специальных карбидов.

Измерение твердости и микротвердости покрытий показало, что самое твердое покрытие образуется при модификации боридов интерметаллидом Fe_2Al_5 на втором образце – свыше 1200-1450 HV. На образцах, модифицированных Ni_2Al_3, твердость превышает 1000-1200 HV, при этом твердость немодифицированного боридного покрытия аналогичной морфологии составляет 950-990 HV, а твердость основного (незакаленного) металла не превышает величину 500-600 HV. Из рисунка 5 следует, что распределение микротвердости полученных покрытий по толщине неоднородное; у материалов, модифицированных Fe_2Al_5, образуется две зоны – более твердый поверхностный слой 1200-1250 HV и менее твердый подслой 900-950 HV, толщина которых различается. У материалов, модифицированных Ni_2Al_3, покрытие до толщины 700 мкм имеет примерно одинаковую твердость 1000-1100 HV. При этом твердость не модифицированного боридного покрытия оказалась также примерно одинаковой по всей его толщине 900-950 HV.

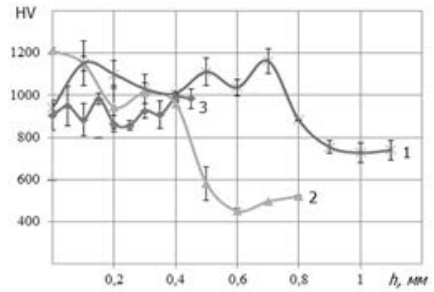


Рис. 5. Распределение микротвердости по толщине боридных покрытий на образцах: модифицированных Ni_2Al_3 (1), модифицированных Fe_2Al_5 (2), не модифицированных (3)

Таким образом, прием модификации износостойких боридных покрытий, образующихся при скоростном ТВЧ-борировании стали 65Г, путем введения 3-5 мас. % термодинамически устойчивых интерметаллидов Fe_2Al_5 и Ni_2Al_3 в состав базовой шихты, оказался эффективным методом повышения их твердости, износостойкости и толщины. При этом основные технологические параметры процесса (температура 1100-1350 °С, время 1-2 мин) не изменились.

Выводы:

1. Методом СВС в системах *Fe-Al* и *Ni-Al* получены термодинамически устойчивые интерметаллиды Fe_2Al_5 и Ni_2Al_3, которые могут быть использованы как эффективные модификаторы износостойких боридных покрытий, полученных при скоростном ТВЧ-борировании стали 65Г.

2. При введении до 3-5 мас. % указанных алюминидов в базовую шихту для скоростного ТВЧ-борирования, мас. %: B_4C 80-85, флюс П-0,66 20-15, за счет уменьшения доли флюса на поверхности стальных образцов образуются композиционные покрытия, содержащие эвтектику Fe-B, борид железа *FeB*, интерметаллиды Fe_2Al_5 и Ni_2Al_3, а также новые фазы Fe_4Al_{13}, FeA_{12}, Fe_2AlB_2.

3. Распределение микротвердости полученных покрытий по толщине неоднородное, у материалов, модифицированных Fe_2Al_5 образуется две зоны – более твердый поверхностный слой 1200-1250 HV и менее твердый подслой 900-950 HV, толщина которых различается; у материалов, модифицированных Ni_2Al_3, образуется однородное покрытие с твердостью 1000-1100 HV.

Библиографический список

1. Лялякин В.П. О восстановлении деталей машин и механизмов // Вестник РАСХН. 2012. N5. С. 9-10.

2. Химико-термическая обработка металлов и сплавов / Под ред. Л.С. Ляховича. М.: Металлургия. 1981. 424 с.

3. Ворошнин Л.Г., Ляхович Л.С. Борирование стали. М.: Металлургия. 1978. 239 с.

4. Ишков А.В., Мишустин Н.М., Иванайский В.В. Физико-химические и инженерные основы создания функциональных боридных покрытий на сталях при ТВЧ-нагреве // Научно-технический вестник Поволжья. 2010. N2. С. 92-97.

5. Ишков А.В., Кривочуров Н.Т., Мишустин Н.М. Износостойкие боридные покрытия для почвообрабатывающих органов сельхозтехники // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2010. Т. 71. N9. С. 71-75.

6. Мишустин Н.М., Иванайский В.В., Ишков А.В. Состав, структура и свойства износостойких покрытий, полученных на сталях 65Г и 50ХГА при скоростном ТВЧ-борировании // Известия Томского политехнического университета. 2012. Т. 320. N2. С. 68-72.

7. Аулов В.Ф., Иванайский В.В., Ишков А.В., Коваль Д.В., Кривочуров Н.Т., Соколов А.В. Получение износостойких композиционных покрытий на стали 65Г при ТВЧ-нагреве // Технология машиностроения. 2015. N2. С. 30-34.

8. Ишков А.В., Власов Н.М., Иванайский В.В., Кривочуров Н.Т. Скоростное ТВЧ-борирование сталей 38ХН3МА и 30CrMoV9 // Состояние и перспективы развития социально-культурного и технического сервиса: сборник. Бийск: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. 2013. С. 35-39.

9. Ткачев В.Н., Фиштейн Б.Ч., Казинцев Н.В., Алдырев Д.А. Индукционная наплавка твердых сплавов. М.: Машиностроение. 1970. 183 с.

10. Итин В.И., Найбороденко Ю.С. Высокотемпературный синтез интерметаллических соединений. Томск: Томский государственный университет. 1989. 209 с.

11. Desterfani S.D. Advances in intermetallics. Advanced Materials and Processes. 1989. Vol. 135. N2. 37-41.

12. Колачев Б.А., Ильин А.А., Дроздов П.Д. Состав, структура и механические свойства двойных интерметаллидов // Известия ВУЗов. Цветная металлургия. 1997. N6. С. 41-52.

13. Alman D.E. Wear of iron-aluminide intermetallic-based alloys and composites by hard particles. Wear. 2001. Vol. 251. N1-12. 875-884.

14. Deevi S.C., Sikka V.K. Nickel and iron aluminides: an overview on properties, processing, and applications. Intermetallics. 1996. Vol. 4. N5. 357-375.

15. Toshio M., Toshiyuki H. Effects of unidirectional solidification conditions on the microstructure and tensile properties of Ni3 Al. Intermetallics. 1995. Vol. 3. Iss. 1. 23-33.

16. Базылева О.А., Оспенникова О.Г., Аргинбаева Э.Г., Летникова Е.Ю., Шестаков А.В. Тенденции развития интерметаллидных сплавов на основе никеля // Авиационные материалы и технологии. 2017. Sp. С. 104-115.

17. Овчаренко В.Е., Перевалова О.Б. Эволюция зеренной структуры при экструзии интерметаллического соединения Ni3Al в процессе высокотемпературного синтеза под давлением. II. Экспериментальные данные // Физика и химия обработки материалов. 2007. N4. С. 78-82.

18. Шевцова Л.И. Структура и механические свойства интерметаллида Ni3Al, полученного по технологии искрового плазменного спекания механически активированной порошковой смеси Ni – Al // Обработка металлов. 2014. N3(64). С. 21-27.

19. Банных О.А., Будберг П.Б., Алисова С.П., Банных О.А., Дриц М.Е. Диаграммы состояния двойных и многокомпонентных систем на основе железа: справочник. М.: Металлургия. 1986. 439 с.

20. Ковалев О.Б., Неронов В.А. Металлохимический анализ реакционного взаимодействия в смеси порошков никеля и алюминия // Физика горения и взрыва. 2004. Т. 40. N2. С. 52-60.

21. Фомичев О.И., Катков В.Ф., Кушнерева А.К. Исследование тройной диаграммы Fe-Fe2B-Fe3C // Журнал физической химии. 1978. Т. 52. N9. С. 2240-2243.

References

1. Lyalyakin V.P. About restoration of details of machines and mechanisms. The Russian Academy of Agrarian Sciences Bulletin. 2012. N5. 9-10.

2. Chemical heat treatment of metals and alloys / Under the editorship of L.S. Lyakhovich. Moscow: Metallurgy. 1981. 424.

3. Voroshnin L.G., Lyakhovich Hp. Steel borating. Moscow: Metallurgy. 1978. 239.

4. Ishkov A.V., Mishustin N.M., Ivanaysky V.V. Physical and chemical and engineering bases of creation functional the boridnykh of coverings on the stalyakh at TVCh-heating. The Scientific and technical bulletin of the Volga region. 2010. N2. 92-97.

5. Ishkov A.V., Krivochurov N.T., Mishustin N.M. Wearproof boridny coverings for soil-cultivating bodies of agricultural machinery. The Bulletin of the Altai state agricultural university. 2010. T. 71. N9. 71-75.

6. Mishustin N.M., Ivanaysky V.V., Ishkov A.V. Structure, structure and properties of the wearproof coverings received on the stalyakh 65G and 50HGA at high-speed TVCh-borating. News of the Tomsk Polytechnic University. 2012. T. 320. N2. 68-72.

7. Aulov V.F., Ivanaysky V.V., Ishkov A.V., Koval D.V., Krivochurov N.T., Sokolov A.V. Receiving wearproof composite coverings on steel 65G at TVCh-heating. Technology of mechanical engineering. 2015. N2. 30-34.

8. Ishkov A.V., Vlasov N.M., Ivanaysky V.V., Krivochurov N.T. High-speed TVCh-borating staly 38ХН3МА and 30CrMoV9. State and prospects of development of welfare and technical service: collection. Biysk: Altai state technical university of I.I. Polzunov. 2013. 35-39.

9. Tkachyov V.N., Fistein B.Ch., Kazintsev N.V., Aldyrev D.A. Induction building up of solid alloys. Moscow: Mechanical engineering. 1970. 183.

10. Itin V.I., Nayborodenko Yu.S. High-temperature synthesis of intermetallic connections. Tomsk: Tomsk state university. 1989. 209.

11. Desterfani S.D. Advances in intermetallics. Advanced Materials and Processes. 1989. Vol. 135. N2. 37-41.

12. Kolachev B.A., Ilyin A.A., Drozdov P.D. Structure, structure and mechanical properties of double intermetallid. News of higher education institutions. Nonferrous metallurgy. 1997. N6. 41-52.

13. Alman D.E. Wear of iron-aluminide intermetallic-based alloys and composites by hard particles. Wear. 2001. Vol. 251. N1-12. 875-884.

14. Deevi S.C., Sikka V.K. Nickel and iron aluminides: an overview on properties, processing, and applications. Intermetallics. 1996. Vol. 4. N5. 357-375.

15. Toshio M., Toshiyuki H. Effects of unidirectional solidification conditions on the microstructure and tensile properties of Ni3 Al. Intermetallics. 1995. Vol. 3. Iss. 1. 23-33.

16. Базылева О.А., Оспенникова О.Г., Аргинбаева Э.Г., Летникова Е.Ю., Шестаков А.В. Тенденции развития интерметаллидных сплавов на основе никеля. Авиационные материалы и технологии. 2017. Sp. 104-115.

17. Ovcharenko V.E., Perevalova O.B. Evolution of zerenny structure at extrusion of the intermetallic Ni3Al connection in the course of high-temperature synthesis under pressure. II. Experimental data. Physics and chemistry of processing of materials. 2007. N4. 78-82.

18.Shevtsova L.I. Structure and mechanical properties of an intermetallid Ni3Al received on technology of spark plasma agglomeration of mechanically activated powder mix Ni – Al. Processing of metals. 2014. N3(64). 21-27.

19. Bathing O.A., Budberg P. B., Alisova S.P., Bathing O.A., Drits M.E. Charts of a condition of double and multicomponent systems on the basis of iron: reference book. Moscow: Metallurgy. 1986. 439.

20. Kovalyov O.B., Neronov V. A. The metalchemical analysis of reactionary interaction in mix of powders of nickel and aluminum. Physics of burning and explosion. 2004. T. 40. N2. 52-60.

21.Fomichev O.I., Katkov V.F., Kushnereva A.K. Research of the threefold chart Fe-Fe2B-Fe3C. Magazine of physical chemistry. 1978. T. 52. N9. 2240-2243.

УДК 621.892:621.43

ОБОСНОВАНИЕ НОРМАТИВНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ДАВЛЕНИЯ МОТОРНОГО МАСЛА ТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА Д-240 ДЛЯ ИХ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА В АПК

Анатолий Васильевич Дунаев, доктор технических наук, главный специалист, e-mail: dunaev135@mail.ru;
Алексей Алексеевич Соломашкин, ведущий специалист, инженер,
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,
Москва, Российская Федерация

Реферат. *Определение оптимальных значений параметров, управляющих техническим состоянием и надежностью машин и оборудования, становится важной народно-хозяйственной задачей. (Цель исследования) Апробация метода экспресс-определения оптимальных допускаемых значений параметров состояния машин исходя из закономерностей их динамики в эксплуатации, но с учетом конкретной скорости их деградации. (Материалы и методы). Использовали математический аппарат теории надежности машин и общие закономерности динамики диагностических параметров. (Результаты и обсуждение). Предложили рассчитывать допускаемые значения параметров только по фактическим кривым их динамики. Отметили, что объектам с высокой скоростью расходования ресурса назначать низкие допускаемые значения, а объектам с низкой скоростью – высокие. Привели соответствующие формулы расчетов. Выявили, что предлагаемый подход уменьшает полноту использования ресурса объектов из-за ужесточения допускаемых значений параметров. Однако при значительных затратах на устранение отказов и издержках от простоев, особенно импортных машин, недоиспользование ресурса перекрывается заметным уменьшением отказов объектов с повышенной интенсивностью деградации. (Выводы) Предложили и апробировали эмпирический экспресс-метод расчета допускаемых значений диагностических и структурных параметров технического состояния машин. Определили, что его можно применять для обоснования допускаемых значений параметров, изменение которых в эксплуатации подчиняется конкретным закономерностям. Для реализации метода требуется знать текущее значение параметра и предшествующую наработку.*

Ключевые слова: *параметр технического состояния, номинальное, допускаемое, предельное значения, оптимизация, моторное масло, тракторный дизель, кривошипно-шатунный механизм, давление в главной масляной магистрали.*

Для цитирования: *Дунаев А.В., Соломашкин А.А. Обоснование нормативных значений давления моторного масла тракторных дизелей семейства д-240 для их технического сервиса в АПК // Технический сервис машин. 2019. N3(136). С. 156-167.*

THE JUSTIFICATION FOR NORMATIVE VALUES ENGINE OIL PRESSURE TRACTOR DIESEL ENGINES OF THE FAMILY D-240 FOR TECHNICAL SERVICE IN AGRICULTURE

Anatoly V. Dunaev, doctor of technical sciences,
chief specialist,e-mail: dunaev135@mail.ru;
Aleksey A. Solomashkin, leading specialist, engineer
Federal Scientific Agroengineering Center VIM,
Moscow, Russian Federation

Abstract. *Determination of optimum values of the parameters operating technical condition and reliability of machines and the equipment becomes an important economic task. (Purpose research) Approbation of the method of rapid determination of the optimal permissible values of the parameters of the state of machines based on the laws of their dynamics in operation, but taking into account the specific rate of degradation. (Materials and methods). The mathematical apparatus of the theory of reliability of machines and general laws of dynamics of diagnostic parameters are used. (Results and discussion) Suggested to count the allowed values of parameters only on the actual curves of their dynamics. Noted that to objects with a high speed of expenditure of a resource to appoint the low allowed values, and to objects with a low speed – high. Gave the corresponding formulas of calculations. Revealed that the offered approach reduces completeness of use of a resource of objects because of toughening of the allowed values of parameters. However at considerable costs of elimination of refusals and costs of idle times, especially import cars, underexploitation of a resource it is blocked by noticeable reduction of refusals of objects from the degradation increased by intensity. (Conclusions) The Express method of calculation of permissible values of diagnostic parameters of machines is proposed and tested. It can also be used to justify the permissible repair of wear and other defects of parts, the change of which in operation is subject to known laws.*

Keywords: *parameter of technical condition, nominal, permissible, limit values, optimization of engine oil parameters, tractor diesel, crank mechanism, pressure in the main oil line.*

For citation: *Dunaev A.V., Solomashkin A.A. The justification for normative values engine oil pressure tractor diesel engines of the family D-240 for technical service in agriculture. Tekhnicheskiy servis mashin. 2019. N3(136). 156-167.*

Введение. Определение оптимальных значений параметров, управляющих техническим состоянием и надежностью машин и оборудования, является важной народно-хозяйственной задачей [1-6]. Требуется обоснование структурных и диагностических параметров состояния деталей, узлов, агрегатов, удельного расхода топливо-смазочных материалов, полного, а для технического обслуживания и ремонта – остаточного срока службы объектов контроля и других нормативов [7-11]. Развитие методов оптимизации данных показателей с 1925 г. имеет долгую историю [12]. Так, графический метод оптимизации срока службы локомотивов впервые был предложен в СССР инженером путей сообщения В.О. Васильевым. Им получена графическая зависимость величин отчислений и расходов на возобновление имущества железнодорожных предприятий в размерности на 1 т веса паровозов*.

В 1939 г. А.И. Буянов графически решил задачу определения оптимального срока службы комбайна «Коммунар» и плуга ТК-30П. А в 1953 г. Н.Г. Кабенин впервые решил аналитически определение срока службы паровоза, выразив ежегодные затраты S на его эксплуатацию формулой:

$$S = a + \frac{b(t + t^2)}{2t} + \frac{A}{t} \qquad (1)$$

где a – постоянная часть годовых расходов на ремонт паровоза; b – возрастающая часть этих расходов; t – срок службы в годах; A – исходная стоимость паровоза. Приравняв нулю первую производную dS/dt и решая ее уравнение относительно t, Н.Г. Кабенин получил первое выражение оптимального срока службы:

$$t_{опт} = \sqrt{\frac{2A}{b}} \qquad (2)$$

Далее академик А.И. Селиванов, один из основателей науки о ремонте машин, выразил суммарные затраты на их использование и сервис более простой функцией:

$$Y = A + Bt + Ct^{\delta}, \qquad (3)$$

где A – первоначальная стоимость машины/агрегата, уменьшенная на стоимость реализованных остатков при утилизации машины/агрегата; B – коэффициент роста затрат потребителя на эксплуатацию машины, пропорциональных времени t; C – коэффициент роста прогрессирующих затрат на эксплуатацию машины/агрегата; δ – показатель степени роста прогрессирующих эксплуатационных затрат.

Оптимизация срока службы машины/агрегата приведена к нахождению минимума функции удельных затрат U:

$$\mathrm{U} = \frac{A}{t} + B + Ct^{\frac{\delta \quad 1}{}} \qquad (4)$$

Приравняв к нулю производную функции (4) и решая это равенство относительно t, А.И. Селиванов получил более точное выражение для определения оптимального срока службы объектов:

$$\mathrm{t} = \delta\sqrt{\frac{A}{(\delta \quad 1)C}} \qquad (5)$$

В 70-80-х гг. XX в. технико-экономический метод оптимизации показателей использования машин далее развил профессор В.М. Михлин и довел до универсального использования по номограммам, таблицам [2-6]. При этом целевая функция, например, оптимизации остаточного ресурса объекта через минимум суммарных удельных затрат и потерь «C», выражена им в виде:

$$\mathrm{C(tост)} = \min \ \frac{Q(t_{ост})A}{t_{ф}(t_{ост})} + \frac{\left[1 \quad Q(t_{ост})\right]C}{t_{ф}(t_{ост})} \qquad (6)$$

где Q – вероятность отказа элемента (объекта исследования); A и C – показатели затрат на устранение последствий вероятного отказа элементов,

на замену элементов (со значениями их параметров выше допускаемых) для предотвращения отказов соответственно; $t_{ост}$ – искомый остаточный, $t_ф$ – фактический ресурс объекта исследований.

Изменения во времени структурных и диагностических параметров U описаны В.М. Михлиным степенной функцией:

$$U(t) = \Delta U + \upsilon_c t^{\alpha}, \tag{7}$$

где ΔU – приработочное значение параметра (показателя) перед началом эксплуатации, υ_c – скорость изменения параметра; α – показатель степенной части функции нарастания параметра. В частном случае остаточный ресурс объекта контроля (а при $t_{ост}$ равном нулю косвенно определяется и оптимальный срок службы) по ресурсоопределяющему параметру предложено вычислять по ниже приведенному уравнению:

$$t_{оост} = t \left(\frac{u_n}{u(t)} \right)^{\frac{1}{\alpha}} - 1, \tag{8}$$

где $U_п$ – предельное значение параметра.

В конце прошлого века методики В.М. Михлина по оптимизации технико-экономических параметров, управляющих надежностью машин (допускаемые, предельные значения структурных и диагностических параметров; периодичность ТО; сроки службы объектов контроля; технические требования на ремонт, расход запасных частей, послеремонтный ресурс при заданной вероятности отказов; предельные издержки на технический сервис и др.) математиками Хельсинки были реализованы в компьютерной программе ТУРБО-НЭК, получившей признание в РФ и за рубежом.

Математический аппарат В.М. Михлина и программа ТУРБО-НЭК основаны на использовании данных изменения ресурсоопределяющих параметров, отказов и неисправностей, непрерывных и дискретных затрат на ТО, ремонт и устранение отказов, а также издержек и потерь от простоя машин и оборудования. Поэтому реализация такого технико-экономического метода требует сбора весьма немалых по объему и времени диагностических и технико-экономических данных.

В 2000-2002 гг. в монголо-российском СП *«Эрдэнэт»* апробирован на автосамосвалах БелАЗ-7512 вполне достоверный метод, по которому оптимальный срок списания машин определяется тем периодом эксплуатации, когда суммарные затраты на ремонт и устранение неисправностей машины (или хотя бы стоимость использованных запасных частей) становятся равными стоимости новой машины [12].

Проверка этого метода показала, что ему соответствует и минимум себестоимости перевозки руды, снижавшейся через 4-6 лет с 0,25-0,30 $/т·км до 0,0700-0,0604 $/т·км (рис. 1).

После этого периода эксплуатации происходило резкое ухудшение технического состояния машин, снижение их производительности, рост простоев, а затраты на ремонт достигали или несколько превышала стоимость автосамосвалов (520 тыс. $).

Вместе с тем для инженерных служб АПК требуется достоверное экспресс-обоснование допускаемых значений диагностических и структурных параметров, в том числе определяющих потребность ДВС в ремонте.

Рис. 1. Динамика в эксплуатации удельной стоимости перевозок автосамосвалами БелАЗ-7512, использованная для определения срока их списания: учтены первоначальная стоимость машин и затраты на их ремонт; оптимальный срок службы разных машин (хоз. № 11-16) оказался в пределах 18-24 тыс. ч или 4-6 лет

Цель исследования – апробация метода экспресс-определения оптимальных допускаемых значений параметров состояния машин исходя из закономерностей их динамики в эксплуатации, но с учетом конкретной скорости их деградации.

Материалы и методы. Использовали данные динамики диагностических параметров тракторных дизелей и математический аппарат теории надежности машин. В отличие от универсального технико-экономического обоснования допускаемых значений параметров в работе предложено эмпирически рассчитывать эти величины и ужесточать их значения пропорционально скорости их деградации в эксплуатации, чтобы в следующем межконтрольном периоде у никаких объектов ресурсные параметры не превысили предельного значения.

Апробация метода проводилась в обосновании допускаемых значений давления масла в главной масляной магистрали дизелей семейства Д-240 при ТО тракторов МТЗ. При этом согласно существующей НТД в АПК [7, 8, 11, 13-15, 18-22] давление в главной масляной магистрали тракторного двигателя для его кривошипно-шатунного механизма является первым, главным диагностическим параметром.

Известно, что показатели масел обеспечивают важнейшие параметры диагностирования агрегатов машин, т.к. смазывание – один из способов управления их ресурсом и работоспособностью. Показатели же работающих моторных масел обеспечивают диагностирование автотракторных ДВС, управление их ресурсом и работоспособностью. Так, по данным НАТИ, диагностирование дизелей по показателям масел позволяет на 40% увеличивать их межремонтный ресурс, на 10 – снижать затраты на ремонт, на 11 – расход запасных частей, на 6% – расход топлива и простои машин из-за отказов дизелей. А потеря рабочих свойств масел на 50% обуславливает порой аварийный ремонт кривошипно-шатунного механизма ДВС. Поэтому показатели масел, в т.ч. их рабочее давление, позволяют упреждать интенсивное изнашивание ДВС, точнее устанавливают необходимость их ТО и ремонта, повышать надежность и срок службы, снижать затраты на эксплуатацию машин. Из этого следует, что все отрасли, в том числе АПК, нуждаются в обоснованных рекомендациях по рациональному управлению показателями состояния масел в ДВС.

Известны основные функции моторных масел:

- задавать поверхностям трения противоизносные, антифрикционные и антикоррозионные свойства;
- обеспечивать в КШМ гидродинамический режим смазки для уменьшения динамических нагрузок и, соответственно, уменьшения трения и изнашивания; в этом давление масла в главной масляной магистрали является определяющим фактором,
- обеспечивать малую интенсивность загрязнения деталей ДВС;
- выносить из зон трения продукты изнашивания, герметизировать сопряжения. Эти функции обеспечивают высокие значения таких показателей качества масел, как:
- щелочное число в качестве основного показателя;
- моюще-диспергирующая способность, которую можно контролировать по «капельной пробе»;
- вязкость и индекс вязкости, характеризующие возможную толщину смазочной пленки на поверхностях деталей в различных температурных режимах;
- содержание абразивных частиц, резко повышающих изнашивание ДВС, содержание воды, топлива, повышающихся в эксплуатации неисправных ДВС и резко ухудшающих рабочие свойства масел.

Комплекс свойств и показателей состояния масел определяют лабораторными анализами и моторными испытаниями, что возможно только на НПЗ и в НИИ. Их часть, определяемая инженерными службами АПК, приведена в таблице 1 [12]. Но давление масла в ДВС – первейший и непрерывно контролируемый параметр – так же обстоятельно, как параметры в таблице 1, не нормировано.

Таблица 1

Нормативы параметров масел мобильной техники, определяемые инженерными службами АПК

Параметры масел	Дизельные			Трансмиссионные			Гидравлические		
	Ном	Доп	Пред	Ном	Доп	Пред	Ном	Доп	Пред
Температура вспышки, *°С*	>205	>185	>170	По паспорту	90 %	80 %	По паспорту	90 %	85 %
Содержание воды, *%*	следы	<0,15	< 0,3	следы	<0,3	<0,5	следы	<0,15	<0,3
Моюще-диспергирующие свойства, *баллы*	0	<3	<6	1-2	3-4	<6	1-2	3-4	<6
Вязкость при 100 °С, в *%* от паспортных значений	По паспорту	80-120	75-135	По паспорту	90-130	80-150	По паспорту	90-110	80-125
Вязкость при 50 °С, в *%* от паспортных значений	-	-	-	По паспорту	90-130	80-150	По паспорту	90-110	80-125
Вязкость при 40 °С, в *%* от паспортных значений	-	-	-	-	-	-	По паспорту	90-110	80-125
Щелочное число, *мг/г*	>8	>5	>4	1-3	1-2	0,5	-	-	-
Оптическая плотность, *%*	<0,15	< 1,5	< 2,5 -3,0	0,15-0,40	<2,5	<3,5	0,12	<0,18	<0,25

Примечание: Доп – значения параметров для эксплуатации масел на очередной межконтрольный период; Пред – браковочные значения, при которых масло подлежит смене

Нормальный режим смазывания в КШМ ДВС – гидродинамический с толстым слоем масляной пленки [19-21]. Но с износом ДВС, с увеличением зазоров в коренных и шатунных подшипниках, подшипниках распредвала утечки масла из них увеличиваются, его давление в них значительно уменьшается и гидродинамический режим смазки ухудшается до смешанного и

граничного с толщиной пленки масла 0,1-0,5 мкм. При этом возникает вероятность схватывания и аварийного изнашивания КШМ. Поэтому оператором машин проводится непрерывный, а при ТО – инструментальный регламентный контроль давления масел, чтобы не допустить аварийную работу мотора. Так, специалисты SAE считают, что 50% износа ДВС приходится на последние 20% срока службы мотора и его масла. Таким образом, если КШМ отработал примерно 80% ресурса, то задачей диагностирования ДВС является определить, например, по показателям давления масла, его остаточный ресурс и срок постановки ДВС на ремонт КШМ [12]. Ориентировочная связь изменения давления масла в главной масляной магистрали ДВС с зазорами в подшипниках КШМ ДВС представлена так [13]:

$$U_{\Sigma} = (a/Pм)^{1/m}, \text{ а также } U_{вала} = c_{вала}(a/Pм)^{1/m} \text{ и } U_{подш} = c_{подш}(a/Pм)^{1/m}, \quad (9)$$

где U_{Σ} – суммарные зазоры в коренных подшипниках;

$U_{вала}$, $U_{подш}$ – износы, соответственно, шеек валов и их подшипников;

a – эмпирический коэффициент;

$Pм$ – давление масла в главной масляной магистрали;

m – показатель степени связи износов в КШМ и изменением давления масла в его подшипниках;

$c_{вала}$, $c_{подш}$ – доли зазоров, обусловленные износом шеек вала и его подшипников соответственно.

Эллипсность шеек вала, зависящая от разности в интенсивностях изнашивания шеек вала в плоскостях кривошипа и перпендикулярных ей, представлена аналогичной формулой:

$$\varepsilon = (a/Pм)^{1/m\varepsilon}. \quad (10)$$

Конечно, формулы (9 и 10) сугубо ориентировочные, но связь спада давления моторного масла с износами в КШМ очевидна и подтверждена многими исследованиями самых разных автотракторных ДВС.

Требования к моторным маслам для новых и изношенных ДВС обоснованы весьма обстоятельно [12-17, 19-22]. Исходные, ориентировочные значения давления моторного масла задаются заводом-изготовителем в расчете на эксплуатацию в строго заданных нормальных условиях для исправных и мало изношенных ДВС. Но эти ориентировочные нормативы не дают возможности надежно диагностировать ДВС и состояние КШМ в различных условиях эксплуатации новых и отремонтированных ДВС. Отсюда корректное обоснование эксплуатационных нормативов давления моторного масла для инженерных служб АПК актуально, особенно с тем, что стандартные нормативы даны для номинальной частоты вращения коленвала, но критичным является давление при минимальной (700-800 мин-1) частоте вращения прогретого дизеля, что занимает 5-10% времени работы тракторных дизелей.

Результаты и обсуждение. Известная методика обоснования допускаемых значений диагностических и структурных параметров (ПРМ) технического состояния машин в АПК использует их оптимальные по технико-экономическому критерию (минимуму удельных затрат на эксплуатацию и сервис машин) значения [2, 4]. С ними сравнивают их фактическое значения. Допускаемые значения ПРМ устанавливают так, что обусловливают неко-

торые вероятности предупредительных замен деталей при ТО или ремонте машин, а в следующей межконтрольной наработке – вероятности эксплуатационных отказов. То есть задается баланс между затратами на принудительную замену некоторой доли деталей при сервисе машин с неизбежными затратами на устранение некоторой доли отказов.

С учетом необходимости экспресс-расчетов допускаемых значений ПРМ и в предположении, что в настоящее время, особенно для импортных машин, стоимость устранения отказов и потери от простоев отказавших машин значительно выросли, принято, что вместо технико-экономической можно применять эмпирическую методику по фактической зависимости изменения ПРМ в эксплуатации.В эксплуатации первыми выходят из строя элементы, имеющие большую скорость изменения параметра, и им нужно ужесточать допускаемые значения ПРМ согласно высокой скорости их деградации или же, по определяемому остаточному ресурсу, задавать более раннее проведение ремонтно-обслуживающих работ.

Главное, чтобы максимально возможно предотвращать отказы, допускаемые значение ПРМ нужно рассчитывать так, чтобы обеспечивать полный запас эксплуатационного изменения ПРМ, при котором он не превысит предельного значения. А элементы, не имеющие такого запаса отбраковывать. Это уменьшит число отказов, однако приведет и к недоиспользованию ресурса у отбракованных элементов. В экспресс-методе это недоиспользование не учитывается, поэтому он является ориентировочным. Однако предположено, что максимально возможное уменьшение числа отказов предлагаемым методом, устранение которых требует постоянно растущих затрат и издержек, перекроет потери от недоиспользования части ресурсов.

Обоснование допускаемых значений ПРМ оперирует следующими показателями: номинальное $U_{ном}$, допускаемое $U_{доп}$, предельное $U_{пр}$, текущее U_i значения ПРМ, а также текущей t_i и предстоящей $t_к$ наработкой на межконтрольный период и уравнением (7) кривой изменения ПРМ.

Примеры расчета допускаемых значений давления моторного масла дизелей семейства Д-240 при их диагностировании при ТО тракторов приведены ниже:

$$U_{доп} = U_{ном} - (U_{ном} - U_{пр})\cdot[t/(t+ t_к)]^{\alpha} . \qquad (11)$$

А. Расчет для стандартного приема контроля – при номинальной частоте вращения коленчатого вала прогретых моторов. Для этого приняты следующие исходные параметры: $U_{ном}$ = 2,5 кгс/см^2 или 0,25 МПа, $U_{пр}$ = 1 кгс/ см^2 или 0,1 Мпа. Результаты расчетов показаны на рисунке 2 и в таблице 2.

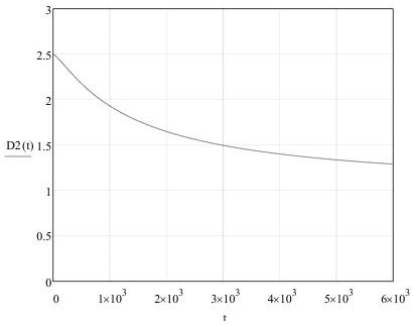


Рис. 2. Динамика по наработке давления масла на номинальной частоте вращения коленвала прогретых дизелей семейства Д-240, но при неизменном состоянии высококачественного масла

Таблица 2

Допускаемые давления масла для обеспечения безаварийной работы на предстоящую межконтрольную наработку прогретых дизелей семейства Д-240 на номинальной частоте вращения

Предстоящая межконтрольная наработка, мото•ч	6000	5000	4000	3000	2000	1000	500
Допускаемое $U_{доп}$ значение давления на межконтрольную наработку, кгс/см^2 МПа	2,5 0,20	1,93 0,19	1,65 0,16	1,50 0,15	1,40 0,14	1,34 0,13	1,29 0,12

Б. Расчет для контроля при критическом условии минимальной частоты вращения коленчатого вала. Для этого приняты следующие исходные параметры:

$U_{ном}$ = 2,0 кгс/см^2 или 0,20 МПа, $U_{пр}$ = 0,4 кгс/см^2 или 0,04 МПа

Результаты расчетов показаны на рисунке 3 и в таблице 3.

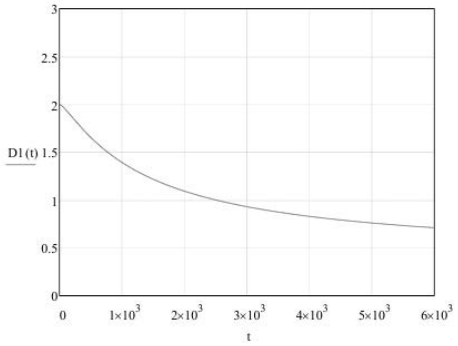


Рис. 3. Динамика по наработке давления масла при минимальной частоте вращения коленвала прогретых дизелей семейства Д-240, но при неизменном состоянии высококачественного масла

Таблица 3

Допускаемые давления масла для обеспечения безаварийной работы на предстоящую межконтрольную наработку прогретых дизелей семейства Д-240 на минимальной частоте вращения

Предстоящая межконтрольная наработка, мото•ч	6000	5000	4000	3000	2000	1000	500
Допускаемое Uдоп значение давления на межконтрольную наработку, кгс/см2 МПа	2,0 0,20	1,39 0,14	1,09 0,11	0,93 0,09	0,83 0,08	0,76 0,08	0,50 0,05

Примечание: В критической ситуации и при сомнительном качестве моторного масла для исключения ошибок диагностирования целесообразно перепроверить давление масла при номинальной и минимально-устойчивой частотах вращения коленвала и со свежим маслом.

При более наглядном подходе к расчету допускаемых значений ресурсных ПРМ весь диапазон их изменения ($U_{ном}$ – $U_{пр}$) можно представить суммой величин име-ющегося изменения ПРМ, т.е. допускаемого значения ПРМ ($U_{доп}$) и запаса на изменение ПРМ в предстоящий межконтрольный период эксплуатации $t_к$:

$$U_{ном} - U_{пр} = U_{доп} + (U_i/t_i^{\alpha})t_к^{\alpha}, \quad (12)$$

где отношение (U_i/t_i^{α}) представляет собой скорость изменения ПРМ в прошедший период эксплуатации, а все слагаемое $(U_i/t_i^{\alpha})t_к^{\alpha}$ – это назначаемый запас изменения ПРМ на предстоящий период эксплуатации tк

Примечание: принятое условие равенства скорости изменения ПРМ в прошедшем (t_i) и в конечном ($t_к$) периоде эксплуатации объекта контроля до достижения им предельного значения ПРМ соблюдается не всегда.

Из (12) можно устанавливать переменное значение ресурсного диагностического параметра $U_{доп}$:

$$U_{доп} = (U_{ном} - U_{пр}) - U_i(t_к/t_i)^{\alpha}. \quad (13)$$

В данном выражении наглядно учитывается переменность допускаемого значения ПРМ (Uдоп) по фактическому (текущему U_i) его значению и по фактической наработке (t_i), т.е. учитывается переменность интенсивности деградации ПРМ для максимально возможного уменьшения эксплуатационных отказов.

Естественно, что для расчета по формуле (13) требуется знать фактические значения ПРМ (U_i), величины предшествующих наработок t_i от начала снижения номинального значения параметра до его значения при контроле и значения последующих межконтрольных наработок $t_к$.

Выводы. Несмотря на некоторое недоиспользование ресурса КШМ автотракторных дизелей, более жесткое обоснование допускаемых значений давлений масла в главной масляной магистрали с учетом реальной интенсивности их спада позволяет несколько уменьшать вероятность отказа КШМ дизелей.

Предлагаемый экспресс-метод может быть использован и для обоснования допускаемых при ремонте износов и дефектов деталей машин, но при этом требуется дополнительно знать предшествующую их наработку и обеспечивать рациональную комплектацию разноизношенных деталей.

Библиографический список

1. *Комплексная система технического обслуживания и ремонта машин в сельском хозяйстве // ГОСНИТИ. 1985. 144 с.*
2. *Михлин В.М. Управление надежностью сельскохозяйственной техники. М.: Колос. 1984. 336 с.*
3. *Михлин В.М., Халфин М.А., Мухамадеев С.Б., Дунаев А.В. Система технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственных машин по результатам диагностирования. М.: Информагротех. 1995. 64 с.*
4. *Михлин В.М. Оптимизация технических требований на техническое обслуживание и ремонт. Тезисы докладов Международной конференции «Автоматизация производственных процессов в сельском хозяйстве» 13-15.03.1995, г. Углич. М.: ВИМ. 1995. С. 80-82.*
5. *Михлин В.М., Дунаев А.В. Оптимизация допусков на топливно-экономические показатели автотракторных дизелей // Приводная техника. 1997. N4. С. 28-31.*
6. *Михлин В.М., Зуль М.Н. Рекомендации по постановке машин на ремонт по результатам диагностирования. М.: ГОСНИТИ. 1979. 52 с.*

7. ГОСТ 20760-75 Техническая диагностика. Тракторы. Параметры и качественные признаки технического состояния. М.: ИПК Издательство стандартов. 2003. 8 с.

8. ГОСТ 23435-79 Техническая диагностика. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Номенклатура диагностических параметров. М.: Изд-во стандартов. 1976. 28 с.

9. Предельные и допускаемые параметры дизелей, их деталей и сопряжений. РТМ 10.001.008-88. М.: ГОСНИТИ. 1989. 100 с.

10. Кривенко П.М., Федосов И.М., Аверьянов В.Н. Ремонт дизелей сельхозназначения. М.: Агропромиздат. 1990. 271 с.

11. ГОСТ 20793-2009 Тракторы и машины сельскохозяйственные. Техническое обслуживание. М.: Изд-во стандартов. 2011. 19 с.

12. Дунаев А.В., Соловьев С.А. Исследование диагностических параметров, разработка методов и средств их контроля для совершенствования диагностирования, технического обслуживания МТП АПК. М.: ГОСНИТИ. 2015. 360 с.

13. Никитин Е.А., Станиславский Л.В., Улановский Э.А., Дзенцина О.П., Алексеев В.Г., Щетинин В.Г., Самойлов С.Н. Диагностирование дизелей. М.: Машиностроение. 1987. 224 с.

14. ГОСТ 8581-78 Масла моторные для автотракторных дизелей. Технические условия. М.: Изд-во стандартов. 1987. 11 с.

15. ГОСТ Р 51634-2000 Масла моторные автотракторные. Общие технические требования. М.: Изд-во стандартов. 2002. 5 с.

16. ГОСТ 33-2000 Нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической вязкости и расчет динамической вязкости. М.: ФГУП Стандартинформ. 2008. 23 с.

17. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение. Справочник. М.: Техинформ. 1999. 488 с.

18. Технологическое руководство по контролю и регулировке тракторных и комбайновых дизелей при эксплуатации. М.: Росинформагротех. 2005. 134 с.

19. Венцель С.В. Применение смазочных масел в двигателях внутреннего сгорания. М.: Химия. 1979. 240 с.

20. Григорьев М.А., Бунаков Б.М., Долецкий В.А. Качество моторного масла и надежность двигателей. М.: Издательство стандартов. 1981. 232 с.

21. Арабян С.Г., Виппер А.Б., Холомонов И.А. Масла и присадки для тракторных и комбайновых двигателей. Справочник. М.: Машиностроение. 1984. 208 с.

22. Остриков В.В., Клейменов О.А., Баутин В.М. Смазочные материалы и контроль их качества в АПК. М.: Росинформагротех. 2003. 175 с.

References

1. Complex system of maintenance and repair of machines in agriculture. Moscow: GOSNITI. 1985. 144.

2. Mikhlin V.M. Management of reliability of agricultural machinery. Moscow: Kolos. 1984. 336.

3. Mikhlin V.M., Halfin M.A., Muhamadiev B.S., Dunaev A.V. The System of technical maintenance and repair of agricultural machinery on the diagnostic results. Moscow: Informagrotekh. 1995. 64.

4. Mikhlin V.M. Optimization of technical requirements for maintenance and repair. Abstracts of the International conference «Automation of production processes in agriculture» 13-15.03.1995, Uglich. Moscow: VIM. 1995. 80-82.

5. Mikhlin V.M., Dunaev A.V. Optimization of tolerances for fuel and economic

indicators of automotive diesel engines. Drive engineering. 1997. N4. 28-31.

6. Mikhlin V.M., Suhl M.N. Recommendations for the production of machines for the repair of the diagnostic results. Moscow: GOSNITI. 1979. 52.

7. GOST 20760-75 Technical diagnostics. Tractors. Parameters and qualitative characteristics of the technical condition. Moscow: IPK Publishing house of standards. 2003. 8.

8. GOST 23435-79 Technical diagnostics. Internal combustion piston engines. Nomenclature of diagnostic parameters. Moscow: Publishing house of standards. 1976. 28.

9. Limit and permissible parameters of diesel engines, their parts and mates. RTM 10.001.008-88. Moscow: GOSNITI. 1989. 100.

10. Krivenko P.M., Fedosov I.M., Averyanov V.N. Repair of diesel engines agricu-ltural. Moscow: Agropromizdat. 1990. 271.

11. GOST 20793-2009 Tractors and agricultural machines. Maintenance service. Moscow: Publishing house of standards. 2011. 19.

12. Dunaev A.V., Soloviev S.A. Study of diagnostic parameters, development of methods and means of their control to improve the diagnosis, maintenance of machine and tractor fleet agroindustrial complex. Moscow: GOSNITI. 2015. 360.

13. Nikitin E.A., Stanislavsky L.V., Ulanovsky E.A., Dzentsina O.P., Alekseev V.G., Schetinin V.G., Samoilov S.N. Diagnostics of diesel engines. Moscow: Mashinostroenie. 1987. 224.

14. GOST 8581-78 Motor oils for automotive diesel engines. Technical conditions. Moscow: Publishing house of standards. 1987. 11.

15. GOST R 51634-2000 Oil automotive engine. General technical requirements. Moscow: Publishing house of standards. 2002. 5.

16. GOST 33-2000 Oil products. Transparent and opaque liquids. Determination of kinematic viscosity and calculation of dynamic viscosity. Moscow: Standartinform publ. 2008. 23.

17. Fuel, lubricants, technical fluids. Range and application. Handbook. Moscow: Techinform. 1999. 488.

18. Technological guidance for the control and adjustment of tractor and combine diesel engines when operating. Moscow: Rosinformagrotekh. 2005. 134.

19. Wencel S.V. Application of lubricating oils in internal combustion engines. Moscow: Chemistry. 1979. 240.

20. Grigoriev M.A., Bunakov B.M., Doletsky V.A. Engine oil quality and engine reliability. Moscow: Publishing house of standards. 1981. 232.

21. Arabyan S.G., Vipper A.B., Kholomonov I.A. Oils and additives for tractor and combine engines. Handbook. Moscow: Engineering. 1984. 208.

22. Ostrikov V.V., Kleymenov O.A., Bautin V.M. Lubricants and quality control in agroindustrial complex. Moscow: Rosinformagrotech. 2003. 175.

ИСТОРИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ

УДК 629.3014.2

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Лялякин Валентин Павлович[1], доктор технических наук, профессор, главный специалист, e-mail: valpal-1938@mail.ru;
Огородник Иван Андреевич[2], кандидат технических наук
[1]Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация;
[2]г. Дзержинск, Республика Беларусь

Реферат. *Статья содержит данные о первых шагах науки о ремонте. Вместе с производством сельскохозяйственных агрегатов возникали проблемы с изучением износа отечественных машин, определением потребности в запасных частях. (Цель исследования) Изучить начальные стадии научного обеспечения ремонтного производства. (Материалы и методы) В 1930 году был организован Всесоюзный научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства. Определили, что одной из задач нового института стало изучение износа и подготовка документации по техническому обслуживанию техники. Привели результаты деятельности специалистов ВИМа по техническому обслуживанию и ремонту сельскохозяйственной техники. (Результаты и обсуждение) Выявили, что важным этапом исследований стало создание планово-предупредительной системы технического обслуживания. Создали структуру звеньев ремонтной сети сельского хозяйства, наладили производство оснастки и оборудования для ремонта техники. Отметили положительные результаты деятельности кафедр учебных сельскохозяйственных институтов, расположенных в различных зонах страны. (Выводы) Типовая технология ремонта повысила эффективность организации и проведения ремонта машин. В соответствии с этой технологией были созданы нормативы затрат труда на ремонт машин, нормативы расходования потребных при ремонте материалов, нормы расходования запасных частей на основные используемые тогда в сельском хозяйстве машины. Ее применение позволило сократить количество рабочих, занятых ремонтом; время пребывания машин в мастерской; повысить производительность труда и стабилизировать заработную плату рабочих-ремонтников, качество ремонта при снижении затрат на его проведение.*

Ключевые слова: *Износы, технические уходы, типовая технология ремонта, планово-предупредительная система ремонта.*

Для цитирования: *Лялякин В.П., Огородник И.А. История развития ремонтного производства // Технический сервис машин. 2019. N3(136). С. 170-186.*

THE HISTORY OF THE DEVELOPMENT OF REPAIR PRODUCTION

Valentin P. Lyalyakin[1], Dr.Sc(Eng.), professor, chief specialist,
e-mail: valpal-1938@mail.ru;
Ivan A. Ogorodnik[2], Ph.D.(Eng.)
[1] Federal Scientific Agroengineering Center VIM,
Moscow, Russian Federation;
[2]Dzerzhinsk, Republic of Belarus

Abstract. *The article contains data on the first steps of the science of repair. Along with the production of agricultural units, problems arose with the study of the deterioration of domestic machinery and the determination of the need for spare parts. (Purpose research) To study the initial stages of scientific support of repair production. (Materials and methods) In 1930, the All-Union Research Institute of Agricultural Mechanization was organized. We determined that one of the tasks of the new institute was the study of wear and preparation of technical maintenance documentation. They cited the results of the activities of VIM specialists in the maintenance and repair of agricultural machinery. (Results and discussion) It was revealed that an important stage in the research was the creation of a preventive maintenance system. We created the structure of links in the agricultural repair network, and set up production of tooling and equipment for the repair of machinery. We noted the positive results of the activities of the departments of educational agricultural institutes located in various zones of the country. (Conclusions) Typical repair technology has improved the organization and conduct of machine repair. In accordance with this technology, standards for labor costs for repairing machines, standards for the expenditure of materials required for the repair of materials, norms for consuming spare parts for the main machines used in agriculture were created. Its use has reduced the number of workers engaged in repairs; the time spent by the machines in the workshop; to increase labor productivity and stabilize the wages of repair workers, the quality of repairs while reducing the cost of its implementation.*

Keyword: *Iznosa, technical goings, standard technology of repair, scheduled preventive system of repair.*

For citation: *Lyalyakin V.P., Ogorodnik I.A. The history of the development of repair production. Tekhnicheskiy servis mashin. 2019. N3(136). 170-186.*

Введение. Техника, применяемая в сельском хозяйстве, имеет один весьма серьезный недостаток: она быстро выходит из строя и не работает, если нет систематического и квалифицированного технического обслуживания и ремонта при одновременной замене недолговечных деталей.

Кроме того, она работает непроизводительно и не оправдывает затрат на ее содержание, если не будет обеспечено правильное комплектование агрегатов, своевременной заправки топливом и смазочными материалами, семенами или своевременной транспортировки собранного урожая и других видов производственного обслуживания.

Нельзя недооценивать значимость этих вопросов. Жизнь, производство, общественные интересы требуют не какого-нибудь упрощенного решения, а научного разрешения данных проблем. Справедливы снова Ф. Энгельса, который сказал: «Если у общества появляется техническая потребность, то

она продвигает науку вперед больше, чем десяток университетов».

У развивающегося механизированного сельскохозяйственного производства при существовавшем в то время уровне надежности и долговечности техники возникала потребность в правильной организации и проведении технического обслуживания и ремонта машин, а также их материально-технического обеспечения. Эти проблемы неизбежно должны были стать предметом научного исследования.

Социалистическому Советскому государству нельзя было долго базировать механизацию сельского хозяйства на импортной технике. Началось быстрое освоение выпуска отечественных тракторов и сельскохозяйственных машин [1, 2]. В 1928 г. был выпущен уже двухтысячный трактор «Форд-зон- Путиловец». Набирал темпы работы гигант сельскохозяйственного машиностроения «Ростсельмаш», расширялись заводы им. Октябрьской революции в Одессе, им. Ухтомского в Люберцах, им. Калющенко на Урале и другие. Отечественные машины выпускали десятками тысяч. Началось бурное строительство совхозов и МТС. Сталинградский (а позднее и Харьковский) заводы начали подготовку к массовому производству колесных тракторов СХТЗ; строился Челябинский тракторный завод по выпуску гусеничных машин.

Вместе с освоением производства отечественных тракторов и развитием производства сельскохозяйственных машин на заводах сельскохозяйственного машиностроения неизбежно возникали задачи организованного изучения износов отечественных машин, определения потребности в запасных частях к ним и организации их регулярного технического обслуживания и ремонта. Уже тогда поднимался вопрос о научно-исследовательских работах по этим проблемам.

Цель исследования – изучить начальные стадии научного обеспечения ремонтного производства.

Материалы и методы. В 1930 г. в только что организованной Академии сельскохозяйственных наук был создан Всесоюзный научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства (ВИМ). С первых дней существования этого института перед ним была поставлена задача изучать износы и готовить решения по техническому обслуживанию и ремонту машин в сельском хозяйстве.

Первым научно-исследовательским подразделением, начавшим разработку проблем ремонта машин в СССР, была группа ремонта машин, созданная в ВИМе в декабре 1930 года инженерами Д.А. Клепиковым и А.Р. Либерманом.

Вскоре в ее составе работали С.А. Петров (по сельско¬хозяйственным машинам), Н.Г. Горовой, Л.Г. Лившиц (по износу деталей тракторов и ремонту подшипников), М.А. Лапицкий и Б.С. Ферберг (по организации ремонта), П.Г. Макарьев и А.И. Селиванов (по техническому обслуживанию и ремонту тракторов) и другие. Эта группа ремонта с декабря 1930 по май 1932 г. вела работу в Москве (на Кузнецком мосту, 15) и в многочисленных опытных станциях по всей стране.

Для того, чтобы давать научно обоснованные рекомендации по техническому обслуживанию и ремонту тракторов и сложных сельскохозяйственных машин необходимо было накапливать материалы и прежде всего: а) сведения о конструкции деталей и механизмов машины; б) данные о технологии изготовления деталей и сборки узлов, агрегатов и всей машины при

промышленном их производстве; в) данные об интенсивности износов и об условиях поломки деталей, устанавливаемые в результате специальных наблюдений и микрометража, а также учета массово- статистических сведений; г) данные практического осуществления ремонта, упрочнения или восстановления геометрических форм и раз¬меров деталей и проверки результатов этого ремонта в эксплуатационных условиях; д) данные специальных исследований по изысканию рациональной технологии ремонта и требуемому для этой цели оборудованию.

Всем этим и начала заниматься группа ремонта, а позднее лаборатория ремонта ВИМа.

Поскольку основные марки тракторов и других машин того времени были заимствованы и данных конструктивного расчета деталей не было, в основу разработки предложений по техническому обслуживанию и ремонту машин были положены материалы массовых наблюдений за содержанием и сроками фактического выполнения операций технического ухода наиболее передовыми трактористами и механиками, а также данные массовых наблюдений за износами и поломками машин.

Масштабы наблюдений для того времени были исключительно большими. Только по трактору СХТЗ группа ремонта ВИМа имела под наблюдением 300 шт. контрольных тракторов, эксплуатировавшихся в 35 МТС и опытных станциях различных почвенно-климатических зон Союза и подвергавшихся систематическому (через 300 час. выработки) микрометражу всех деталей.

Большую работу по подготовке первой методики микрометража деталей тракторов выполнил тогда Л.Г. Лившиц.

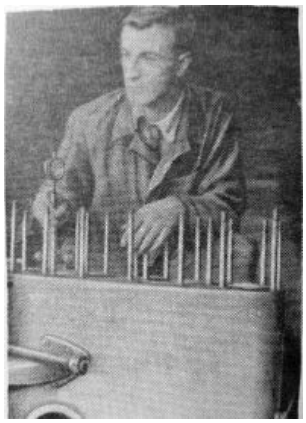


Рис. 1. Микрометраж блока цилиндров проводит Л.Г. Лившиц, сотрудник лаборатории ВИМ, ставший кандидатом технических наук и руководителем одной из лабораторий ГОСНИТИ.

Тогда же был широко организован сбор техно-статистических данных о сроках службы деталей тракторов. Методические указания и иллюстрированные таблицы для заполнения данных о сроках службы деталей были изданы типографским способом и разосланы примерно в 1000 хозяйств (МТС и совхозы) Советского Союза.

Обработка этих материалов заключалась главным образом в том, чтобы из обширного первичного материала отобрать наиболее достоверные и непротиворечивые сведения и путем сопоставления и расчета определить

средние сроки проведения операции технического ухода и средние сроки регулировки, ремонта или общей службы деталей применительно к той или другой почвенно-климатической зоне.

Информация о поломках деталей тракторов поступала в ВИМ даже телеграфно, настолько строгим было задание. На основании непосредственных наблюдений на местах и полученной информации коллективом группы ремонта ВИМа в короткий срок были созданы первые правила технического ухода за тракторами (изданные в 1932 г.), первые нормы расхода запасных частей на ремонт машин (изданные в 1931-1932 гг.), первые проекты ремонтных мастерских (1933 г.). В октябре 1931 г. был издан первый специальный номер журнала «Механизация социалистического сельского хозяйства», посвященный проблемам ремонта.

Перечень статей специального номера говорит уже о новом уровне работ по проблеме технического обслуживания и ремонта машин в сельском хозяйстве. В этом номере были опубликованы статьи:

- передовая «Ремонт в системе производства социалистического сельского хозяйства»;
- И. Ройтерштейна «Структура производственного процесса в тракторо-ремонтных мастерских».

Журнал стал систематически публиковать материалы по ремонту, техническому обслуживанию и использованию техники в сельском хозяйстве.

Рис.2. Микрометраж деталей двигателя проводят сотрудники ВИМа. Справа А.В. Моршин, ставший позднее руководителем лаборатории ГОСНИТИ

К маю 1932 г. под Москвой была построена экспериментальная база ВИМа, где организовали крупную по тем временам лабораторию ремонта (она размещалась на площади 700 кв. м), которая располагала оборудованием, обеспечивающим любой ремонт каких угодно частей машин тех времен. В расширении и оборудовании этой лаборатории в те трудные времена следует усматривать признание важности научного решения проблем технического обслуживания и ремонта машин с самого начала их массового применения в сельском хозяйстве. Тракторы, над которыми велись эксперименты, работавшие станки и стенды, столы научных сотрудников и чертежные приборы конструкторов размещались тогда все вместе в одном зале, но все работали целеустремленно, напористо, с большим подъемом. Лаборатория эффективно выполняла возложенные на нее функции. Именно здесь начались первые исследования по технологии ремонта тракторов и сельскохозяйственных машин. Здесь были созданы первые отечественные комплекты

оборудования и другой оснастки для ремонтных мастерских сельского хозяйства, приостановившие их импорт из заграницы. Именно здесь были написаны первые книги и руководства по ремонту отечественных тракторов при помощи российских приборов и приспособлений, разработаны первые режимы и технологические решения по процессам ремонта, типовые проекты мастерских, по которым лаборатория ремонта рекомендовала технологические планировки.

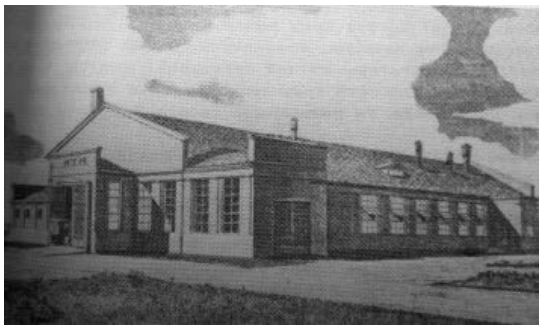


Рис. 3. Один из первых типовых проектов ремонтных мастерских

Наряду с инженерами и научными работниками с 1932 г. в этой лаборатории трудился небольшой коллектив механиков, оказывавших творческую помощь ученым в экспериментальной работе.

Большую помощь в развертывании работ по ремонтной и эксплуатационной тематике в 1934-1940 гг. оказывало руководство ВИМа в лице Н.А. Сороко, Т.П. Зиновьева, Н.Ф. Андреева, относившихся к этой работе с большим пониманием и участием, они активно содействовали созданию книг по этой тематике.

Результаты и обсуждение. Главным итогом работы лаборатории ремонта ВИМа в эти годы несомненно следует считать создание (совместно с многими специалистами в области сельского хозяйства – В.В. Вахониным, П.Г. Макарьевым, Б.Н. Антоновским и другими) планово-предупредительной системы технического обслуживания и ремонта тракторов и сельскохозяйственных машин с достаточно обоснованной и зафиксированной периодичностью и содержанием отдельных видов технического обслуживания и ремонта, с нормативами трудоемкости и материально-технического обеспечения их проведения.

Именно в этот период были разработаны (в основном Б.Н. Антоновским) в качестве измерителя объема выполненной тракторами работы гектары мягкой (условной) пахоты и в качестве измерителя мощности тракторов условные тракторы в 15-сильном исчислении, не потерявшие своего значения до сих пор.

Планово-предупредительная система технического обслуживания и ремонта машин включала в себя: межсменные технические уходы; периодические технические уходы и периодические ремонты машин.

Она сыграла в сельском хозяйстве в высшей степени важную роль в налаживании массовой эксплуатации тракторов, комбайнов и других сельскохозяйственных машин, в воспитании механизаторских кадров, организации работ ремонтных мастерских, создании необходимой технической документации по техническому обслуживанию и ремонту.

Правила технического ухода и содержание ремонта машин как элемен-

ты системы технического обслуживания и ремонта машин не были закостенелым и навсегда установившимся положением – они все время изменялись в зависимости от конструкции машин и условий, регламентирующих состояние машин, используемых в течение определенного оптимального срока их службы. Изменение правил технического ухода за тракторами, которые происходили в то время довольно часто, отражали как прогресс техники машиностроения, так и прогресс в техническом обслуживании машин при их использовании.

Большим достоинством самых первых и далеко не лучших правил технического ухода за тракторами и сельскохозяйственными машинами или первых рекомендаций по технологии ремонта машин являлось то, что практическая работа тракторов и других машин, обслуживаемых с соблюдением этих правил и технологии, была весьма эффективной.

Академик Б.С. Свирщевский писал: «... обкатка, хранение технический уход составляют основу правильной технической эксплуатации машин».

Соблюдение правил технического ухода и технологии ремонта было непременным условием успешной работы тракторных бригад, совхозов, МТС и в более поздний период; оно сказалось на высоких показателях по выработке и экономичности использования, например, тракторов в целом по всему Советскому Союзу.

Почти все правила технического ухода за тракторами и технология ремонта тракторов и комбайнов до войны разрабатывались и обосновывались специалистами ВИМа с активным участием передовиков производства. Другим крупным итогом работы научных работников и специалистов по ремонту машин в эти годы было создание достаточно обоснованной структуры звеньев ремонтной сети сельского хозяйства и его материально-технического обеспечения, а также разработка проектов (совместно со специалистами проектных организаций и земельных ведомств) типовых ремонтных мастерских сельского хозяйства. Эта структура включала: а) промышленные предприятия, изготовляющие для сельского хозяйства запасные части, агрегаты и узлы, оборудование и ремонтные материалы; б) механические заводы сельского хозяйства, выпускающие для ремонтных мастерских приборы, приспособления, инструмент и различное нестандартное оборудование, а также межрайонные мастерские и ремонтные заводы сельского хозяйства, занимающиеся главным образом ремонтом двигателей и агрегатов, централизованным ремонтом (восстановлением) деталей и изготовлением оснащения для мастерских, бывших МТС, совхозов и колхозов; в) мастерские машинно-тракторных станций; г) мастерские колхозов и совхозов; д) автопередвижные мастерские; е) мастерские тракторных бригад и отделений совхозов.

Кроме того, были составлены наборы инструментов бригадиров и трактористов-машинистов.

В создании этой системы определенную роль играли научные работники, систематически изучавшие износы машин, технологию ремонта деталей, разрабатывавшие технические условия и режимы регулировки механизмов, нормативы затрат труда, материалов и запасных частей, создававшие конструкции оснащения, участвовавшие в проектировании мастерских и т.д., а также передовые механизаторы, практически осуществлявшие техническое обслуживание и ремонт машин.

Большинство мастерских, построенных по типовым проектам и осна-

щенных типовым оборудованием, работали рентабельно и эффективно.

Качество исследовательских работ, служивших основой для рекомендаций по проблемам ремонта, имело одну важную особенность: достоверность данных исследования, надежность рекомендуемых образцов конструкций всегда гарантировались многократными проверками, дискуссиями, тщательностью оформления.

В работе лаборатории в 1933-1940 гг. большое место занимали темы по созданию рациональных технологических процессов разборки, сборки, испытания и регулировки тракторов и автомобилей и создания для этой цели комплектов монтажного оборудования.

В лабораторию поступали тракторы и автомобили. Их разбирали, собирали, испытывали, снова разбирали и собирали. Но при этом старались ничего не ломать, не портить, не терять, а детали, требующие исправления, ремонтировали так, чтобы они полностью отвечали требованиям новой машины. Когда в 1941 г. началась война и потребовались гусеничные тракторы, а также все автомашины привести в порядок и сдать на приемные пункты военкомата, все тракторы и автомобили лаборатории ремонта ВИМа, несмотря на многократные эксперименты с ними, отвечали требованиям технически исправных машин и были сданы военным приемщикам с первого предъявления.

В лаборатории перед войной постоянно действовали курсы мастеров ремонтного дела. Это было проявлением одной из важных черт научных работ по техническому обслуживанию и ремонту машин – связи с производством. Многие сотни специалистов ремонтного дела получили квалификацию на этих курсах, а затем успешно работали десятки лет на руководящей работе в МТС или областных управлениях сельского хозяйства.

Контакту специалистов производства и научных работников по ремонту и техническому обслуживанию машинно-тракторного парка в сельском хозяйстве способствовали и ежегодно проводившиеся всесоюзные и зональные совещания-семинары по организации и технологии ремонта и технического обслуживания. Систематически проводились также совместные совещания-семинары с работниками аппарата МСХ СССР и республиканских министерств.

Много времени специалисты, занимавшиеся про¬блемами ремонта машин, проводили в тракторных бригадах совхозов, колхозов и МТС, разъясняя правильные режимы технического обслуживания и ремонта машин или суть какого-либо нового эксперимента, проводимого в хозяйстве.

Конечно, было очень много трудностей, численность лаборатории была крайне ничтожной (22 чел.), задачи, стоявшие перед специалистами, возрастали. Одно дело – заниматься проблемами техобслуживания и ремонта сравнительно небольшого парка тракторов СХТЗ, «Универсал» и С-60 или комбайнов «Коммунар» и «С-1», которые были скопированы с соответствующих американских образцов и имели некоторые готовые образцы оборудования, а другое дело решать эти проблемы для новых типов тракторов и сельскохозяйственных машин при огромном количественном росте парка и разнообразии организаций, которые ими пользовались.

Трудно было с конструированием ремонтно-технологической оснастки, ее изготовлением и внедрением, с разработкой технологии ремонта и ее распространением. Оснастка изготовлялась медленно. Ее распространение во многих случаях ограничивалось лишь публикацией журнальных статей и

рекомендацией «изготовления на местах». Не хватало средств для централизованного производства всей необходимой оснастки для ремонтных мастерских, многое делалось кустарно. Значительное распространение в предвоенные годы получили лишь комплекты монтажного оборудования, станки для расточки подшипников (РБ-10-ВИМ), контрольно-испытательное оборудование по электрооборудованию, топливной аппаратуре и по двигателям. Некоторые виды оборудования для ремонта машин и технологические процессы (например, по разборке, сборке тракторов СТЗ-НАТИ), созданные лабораторией еще до войны, официально были изготовлены только после войны.

Параллельно с лабораторией ремонта ВИМа в тридцатых годах вели исследовательскую работу по износу и ремонту тракторов и сельскохозяйственных машин лаборатории ремонта и трактороиспользования Украинского научно-исследовательского института механизации сельского хозяйства, работавшие под руководством А.М. Урина и М.И. Медведева, лаборатории ремонта и трактороиспользования научно-исследовательской станции механизации (НИМИС) при учебно-опытном совхозе «Верблюд» под Ростовом-на-Дону (впоследствии ВНИИМЭСХ), которые возглавляли Е.Н. Грибов, П.Л. Гольдберг, А.Н. Комаров, Г.И. Костровский, Г.К. Ксынкин, группа использования и ремонта машин Среднеазиатской станции механизации хлопководства (впоследствии институт САИМЭ) в Янги-Юле (под Ташкентом). Во многих вузах были созданы кафедры ремонта машин, на которых взращивались квалифицированные специалисты и ученые, по износу и ремонту машин.

Необходимо отметить кафедру ремонта машин в Ленинградском институте механизации сельского хозяйства, где Г.И. Вавера создавал первый курс ремонта машин. На этой кафедре сначала аспирантом, а с 1936 г. заведующим работал В.И. Казарцев. Также соответствующие кафедры были созданы в институтах Челябинска, Воронежа, Новосибирска.

Уже к 1939-1940 гг. чрезвычайно изменились методы использования, технического обслуживания и ремонта машин в сельском хозяйстве, разнообразной стала технология ремонта, усложнились применяемые при этом оборудование и аппаратура. Накапливался колоссальный опыт по ремонту машин, проводимому механизаторами колхозов, совхозов, МТС, ремонтных предприятий, который надо было изучать и обобщать.

Масштабы ис-следовательской работы по этим проблемам требовали непрерывного расширения, а методы ее проведения требовали тщательной детализации, углубления. Перед Отечественной войной в ВИМе было уже две лаборатории ремонта (ремонта тракторов и ремонта сельскохозяйственных машин) с количеством сотрудников до 50 человек. В вузах организовали много новых кафедр ремонта машин и кафедр эксплуатации машинно-тракторного парка. Во время войны многочисленные специалисты и научные работники по ремонту и техническому обслуживанию машин были на фронте (С.А. Петров, Г.Г. Аствацагуров, М.А. Лапицкий, Г.Р. Ардашев, Ю.Н. Артемьев, СИ. Бисноватый, Г.Г. Иванов, А.И. Селиванов и другие).

Часть специалистов и ученых по ремонту машин продолжали работать в эвакуации (В.И. Казарцев (Курган), В.С. Крамаров (Кзыл-Орда), И.Е. Ульман (Челябинск)), но перед ними уже стояли иные вопросы: ускоренная подготовка кадров, разработка предложений по оказанию помощи фронту.

Здания многих вузов во временно оккупированных районах были унич-

тожены вместе со всей лабораторной базой кафедр. Но после войны снова началось бурное восстановление вузов и организация кафедр ремонта машин и эксплуатации машинно-тракторного парка.

Внимание к проблемам технического обслуживания и ремонта машин в ВИМе, Ленинградском отделении ВИМа, УНДИМе, ВНИИМЭСХе снова было усилено: страна работала на старых машинах. В 1945 г. в ВИМе были организованы новые лаборатории – лаборатория технического обслуживания машин, лаборатория ремонта электрооборудования и лаборатория электрических методов ремонта деталей машин. Но существенного развития это направление в работе ВИМа, к сожалению, тогда не получило.

Через год-два ремонтные лаборатории снова стали сокращаться, одна из них совсем была закрыта. В ВИМе снова началось усиление работ по обычной тематике механизации (система машин, рабочие органы, новые конструкции), а не по эксплуатации и ремонту.

Бывший вице-президент ВАСХНИЛа В.П. Мосолов на совещании при обсуждении тематики ВИМа предлагал совсем закрыть все ремонтные лаборатории, назвав их тематику цыганским ремеслом. Если первые лаборатории (в ВИМе, УНДИМе и другие) занимались изучением износов тракторов и сельхоз машин, созданием правил технического ухода, отработкой технологических процессов ремонта, технических условий контроля качества, созданием участков мастерских и основной оснастки для выполнения ремонтных работ, то первые кафедры ремонта вузов усиленно работали над становлением курса ремонта машин как научной дисциплины. Наибольшего успеха в этом деле добился В.И. Казарцев, именно он первым провел глубокий обобщенный анализ все более и более накапливавшихся материалов по износу деталей тракторов и сельскохозяйственных машин и пришел к закономерностям установления предельных износов. Его книга «Установление предельных износов тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин», изданная в 1936 г., в некотором отношении не потеряла своей актуальности и поныне.

Безусловно, самой крупной заслугой этого ученого следует считать создание первого и до сих пор основного для всех вузов и факультетов механизации сельского хозяйства учебника «Ремонт машин», который был им написан еще в 1939 г., и на Всесоюзном конкурсе признан наилучшим. С тех пор он издавался массовыми тиражами трижды.

В работах В.И. Казарцева нашли свое отражение многие теоретические исследования по ремонту машин. лавным в этих работах, с нашей точки зрения, является обоснование выбора рациональных методов и приемов ремонта, исходя из характеристик износа деталей и оптимальных технологических режимов выполнения ремонтных работ. Систематизация методов ремонта деталей машин и анализ эффективности их применения к различным категориям деталей, выполненные В.И. Казарцевым на основании большого количества научных исследований и обобщения передового опыта, представляют особую ценность.

Становление дисциплины по эксплуатации машинно-тракторного парка было начато в трудах Б.А. Линтварева. Позднее Б.С. Свирщевский создал первый учебник по этой дисциплине, за который ему была присуждена Государственная премия СССР.

Одной из наиболее крупных и оригинальных работ специалистов по ремонту тракторов, выполненных в первые послевоенные годы, было созда-

ние технологии и оборудования для восстановительного ремонта базисных деталей тракторов старых марок.

Проблема стояла чрезвычайно остро. Почти вся промышленность тракторостроения во время войны была разрушена, и сельское хозяйство не могло получить необходимого количества новых тракторов.

Тракторы, имевшиеся в сельском хозяйстве, были сильно изношены, и не могли работать из-за нарушения базовых поверхностей корпусных деталей. Выход заключался в быстрой разработке технологии и оборудования для ремонта таких деталей, доступные для применения в условиях сравнительно примитивных мастерских МТС и совхозов.

В короткий срок создали целую серию преимущественно ручных приспособлений, которые обеспечивали достаточно точную обработку изношенных поверхностей при ремонте базисных деталей и возможность восстановления нормальной координации валов, работающих механизмов старых тракторов.

Серийное производство этой оснастки, освоение ее применения через многочисленные семинары и контроль за выполнением ремонта базисных деталей на местах позволили быстро восстановить нормальную работоспособность огромного парка старых тракторов (СХТЗ, СТЗ-НАТИ, «Универсал», ЧТЗ), которые работали затем еще 5-6 лет, пока заново налаживали производство новых тракторов для сельского хозяйства.

В 1951 г. впервые группе ведущих специалистов по ремонту машин (П.С. Кучумову, А.Ф. Бондаренко, М.А. Луканову и А.И. Селиванову) была присуждена Государственная премия СССР второй степени.

Еще более крупной по объему работой послевоенных лет, начатой в 1949 году, было создание типовой технологии ремонта тракторов и комбайнов. Сравнительно долгое время правила технического ухода были единственным документом по обслуживанию и ремонту машин в сельском хозяйстве, если не считать книг и журнальных статей, которые не являлись официальной технической документацией по ремонту машин, хотя и приносили большую пользу в освоении новой технологии и оборудования.

В 1934 г. специальной комиссией НКЗ СССР была разработана классификация видов ремонта тракторов, в которой сформулировали содержание работ по ремонту машин и установили средние нормативы трудозатрат на их выполнение.

Позднее (1936 г.) были разработаны и утверждены краткие технические условия на ремонт тракторов сельскохозяйственных машин, которые затем почти ежегодно переутверждались и издавались. Но все это не было достаточно полноценной технической документацией на ремонт тракторов и других машин в сельском хозяйстве. Не сыграл решающей роли в обеспечении ремонтных мастерских технической документацией альбом технологических карт на ремонт некоторых деталей тракторов, изданный в 1939 г., хотя составление его было уроком в создании более обстоятельной документации на ремонт машин. Для создания надлежащей полной технической документации по организации и технологии ремонта машин в сельском хозяйстве в то время не было необходимых условий.

Быстрые темпы механизации сельского хозяйства в послевоенные годы, широкое внедрение машинной техники, усложнение работ по техническому обслуживанию и ремонту машин и увеличение объемов этих работ, привлечение для работ в ремонтных мастерских больших коллективов моло-

дых механизаторов настоятельно требовали надлежащей организации технического обслуживания и ремонта машин и создания для этой цели соответствующих условий.

Однако долгое время техническое обслуживание и ремонт тракторов, комбайнов и других сельскохозяйственных машин считалось делом персонала, эксплуатирующего эти машины в поле, т.е. на трактористах, комбайнерах, машинистах, бригадирах тракторных бригад. Кроме того, имевшиеся в сельском хозяйстве средства ремонта были плохо организованы и крайне примитивны. Строительство и оснащение мастерских для ремонта машин до 1947 г. шло медленно. Только осуществление решений февральского Пленума ЦК КПСС 1953 г. внесло существенный перелом. С тех пор в течение многих лет во все возрастающих масштабах в сельском хозяйстве создавалась мощная материально-техническая база: мастерские, заводы и другие средства технического обслуживания и ремонта машин.

Но полноценная работа всех средств технического обслуживания и ремонта машин могла быть более или менее эффективной лишь при наличии соответствующей технической документации не только по техническому уходу, но и по ремонту машин. Широко применяющийся в сельском хозяйстве бригадный метод ремонта всех машин (в том числе и сложных) означал организацию ремонтных работ без документации и без специализации труда, при которой каждая тракторная бригада всем своим составом полностью ремонтирует «свои» тракторы, а ремонтная мастерская используется лишь как место, где тракторная бригада может ремонтировать тракторы, используя оборудование мастерской.

По этой причине одни и те же технологические процессы ремонта в различных мастерских выполнялись по-разному и нередко неправильно, приемы ремонта и технические условия передавались от старшего механика и бригадира к рабочим устно, по памяти, и лишь в редких случаях по имеющимся кратким техническим условиям. Успешные результаты тех или иных исследований по технологии ремонта машин преодолевали долгий путь, прежде чем доходили до исполнителей, да и то лишь в небольшое число мастерских. Специализированное ремонтное оборудование и приспособления, которыми оснащались мастерские, часто не использовались из-за незнания способов их применения. Качество ремонта было низким.

В промышленности такого положения давно уже не было и быть не могло: рабочий, работающий на станке, не занимается ремонтом станка, так как он для этой цели не подходит по квалификации. На заводах промышленности ремонт станков выполняют и за состояние станков отвечают специальные бригады высококвалифицированных рабочих-наладчиков.

Необходимость создания единой типовой технологии ремонта тракторов, комбайнов и других машин особенно остро выявилась к 1949-1952 гг. в результате одновременного изменения нескольких условий:

1. В сельском хозяйстве СССР в этот период резко возросло общее количество машин. Ремонтировать большой парк машин при старых методах организации этого ремонта сложнее и труднее, следовательно, для успешного проведения ремонта возросшего парка машин необходимы были такие методы его организации, которые обеспечивали бы более эффективное использование площадей мастерских, ремонтного оборудования, квалифицированных рабочих и общее снижение затрат труда на производство ремонта.

2. Поступающие в сельское хозяйство во все возрастающем количестве тракторы, комбайны и другие сельскохозяйственные машины новых марок (дизельные тракторы, самоходные комбайны) отличались от старых машин, с одной стороны, более высокой производительностью и более высокой экономичностью, а с другой – более сложной конструкцией узлов и агрегатов, требующей более высокой культуры ремонта и более высокой квалификации ремонтных рабочих. Ремонтировать, например, гидравлические подъемники или дизельную топливную аппаратуру по бригадам, колхозам или отделениям совхозов было совершенно невозможно.

3. Технология промышленного производства новых машин зачастую резко отличалась от технологии, применявшейся при изготовлении старых машин. Так, например, при изготовлении старых колесных тракторов не применялась закалка деталей токами высокой частоты, не применялась свинцовистая бронза или сталеалюминиевые сплавы, как материал для подшипников, не применялось мелкошлицевое соединение деталей, не применялась взаимная притирка спариваемых деталей с использованием доводочных паст; все это стало широко применяться после войны, когда большинство тракторов стали дизельными. Рабочий, ремонтирующий тот или другой узел или деталь машины, должен знать и учитывать подобные технологические особенности ее изготовления. Но этого невозможно было достигнуть при организации ремонта машин по бригадам.

4. Технология самих ремонтных работ непрерывно совершенствовалась на основе данных научных исследований и передового опыта практиков ремонтного дела. Однако применение этих достижений часто не выходило за рамки узкого круга любителей-рационализаторов и инициаторов того или другого предложения, что тормозило широкое внедрение важных и высокоэффективных мероприятий. Так, например, в двигателях тракторов старых марок применялся толстый слой баббита в подшипниках (1,5-2 мм). К такому слою баббита привыкли все: и эксплуатационники, и ремонтники – и считали его нормальным.

Но подшипники дизельных тракторов, работающих в более тяжелых условиях, имели тонкий слой баббита или другого антифрикционного материала. Исследованиями была доказана эффективность тонкослойной заливки подшипников тракторов старых марок.

Однако персонал некоторых тракторных бригад долгое время добивался, чтобы в мастерских подшипники двигателей для тракторов этой бригады имели толстый слой баббита. При старых методах организации ремонта внедрение тонкослойной заливки подшипников и других подобных мероприятий сильно тормозилось. Для осуществления ремонта машин с применением передовой технологии необходимы были более высокая культура и квалификация рабочих, выполняющих важнейшие ремонтные работы.

5. В результате решений Партии и Правительства в ремонтные мастерские в начале пятидесятых годов поступило большое количество станочного и другого оборудования, широко развернулось производство специального ремонтного оборудования, приборов, приспособлений, контрольно-испытательных стендов, резко улучшилось снабжение сельского хозяйства запасными частями, ускорилось строительство зданий мастерских, повысилась квалификация механизаторов, таким образом были созданы материальные предпосылки для перехода на более совершенный узловой метод ремонта машин по типовой технологии.

Этот метод ремонта машин предусматривает такую организацию работ в ремонтной мастерской, при которой все они распределяются между отдельными ремонтными рабочими и выполняются на специально оборудованных рабочих местах мастерской.

Мастерская при узловом методе ремонта превращалась в организационное предприятие, способное достаточно качественно выполнять программу ремонтных работ на специализированных рабочих местах, оснащенных соответствующим оборудованием и укомплектованных квалифицированными рабочими, специализирующимися на ремонте тот или иного узла.

Для обеспечения полной возможности перехода мастерских на передовые по тому времени принципы организации ремонта и на применение единой, наиболее передовой технологии была необходима техническая документация.

Типовая технология ремонта тракторов, комбайнов и других машин узловым методом и стала такой единой технической документацией, предназначенной в качестве практического руководства по организации и технике работ для работников ремонтных мастерских.

Типовая технология ремонта машин в сельском хозяйстве, изданная массовым тиражом в 1949-1953 гг., состояла из 35 альбомов и книг общим объемом 2200 печатных листов. Она представляла собой огромный печатный труд взаимно согласованных и взаимно дополняющих материалов.

В комплект материалов типовой технологии ремонта машин входили:

- схемы производственного процесса ремонта машин узловым методом;
- альбом технологических карт разборки и сборки (с регулировкой) машин и их агрегатов и узлов;
- альбомы технических указаний по контролю деталей и узлов по рабочим местам мастерских с таблицами монтажных сопряжений;
- альбомы технологических карт и технических условий на ремонт и контроль деталей;
- альбомы инструкционно-технологических указаний по механическим, кузнечным, сварочным и другим видам работ;
- перечень оборудования, приборов, приспособлений и инструментов по рабочим местам мастерских;
- альбомы чертежей нестандартного оборудования для мастерских, изготовляемого на местах;
- объяснительная записка по организации ремонта машин узловым методом с необходимыми расчетными нормативами по планировке цехов, расстановке оборудования и загрузке рабочих.

Когда в 1952 г. завершилась работа по подготовке рукописей типовой технологии и взаимная увязка их была уже позади, среди лиц, которые вынесли на себе главную тяжесть этого труда, часто повторялись слова из эпиграфа к книге А.Н. Радищева «Путешествие из Петербурга в Москву»: «Чудище обло, озорно, огромно, стозевно и лаяй».

Вскоре типовая технология появилась как обязательный документ во всех МТС, совхозах, ремонтных мастерских и заводах, вузах, техникумах и школах механизации. Она стала основной документацией по ремонту тракторов и комбайнов всего Советского Союза.

Типовая технология ремонта машин отражала как научные достижения по ремонту машин, так и передовой опыт многих сельскохозяйственных ремонтных мастерских, который был до этого неизвестен большей части ра-

бочих, занятых на ремонте, который не был известен большей массе изобретателей, рационализаторов, специалистов-новаторов и поэтому она явилась богатым источником для дальнейшей творческой деятельности тысяч новых рационализаторов.

Создание типовой технологии ремонта тракторов и комбайнов само по себе явилось огромным научным трудом специалистов и ученых по ремонту машин. В выполнении этого труда принимали участие специалисты и научные работники лабораторий и кафедр ремонта машин научных и учебных институтов (ВИМ, УНДИМ, ЧИМЭСХ, ВНИИМЭСХ), специалисты-рецензенты заводов промышленности (ХТЗ, ЛТЗ, ЧТЗ, ВТЗ, ЗИС и др.) и передовики ремонтных мастерских и заводов, некоторые специалисты МСХ и местных земельных органов при ведущей роли специалистов лаборатории ремонта ВИМа (а позднее ГОСНИТИ), который руководил обобщением и унификацией типовой технологии и выполнил свою редакционно-издательскую работу.

Руководил работой по подготовке и изданию типовой технологии ремонта тракторов и комбайнов, а также по организованному ее внедрению в практику работы всех ремонтных мастерских и заводов сельского хозяйства главный редактор всего издания П.С. Кучумов.

В работе по официальному рассмотрению и утверждению материалов типовой технологии большую роль играли работники МСХ СССР, МСХ РСФСР, МСХ, УССР и других организаций: П.А. Бузулуков, П.Г. Якимук, В.М. Семенов, В.С. Добровин, М.Л. Белецкий, Г.Ф. Зайцев, Я.Ф. Янченко, А.Н. Комаров, Г.И. Костровский, А.П. Гермацкий, Н.А. Иваненко, Б.Н. Антоновский, А.Е. Тверитинов, В.А. Прохоров, А.Н. Брыскин, И.Б. Грановский, М.Л. Шейнблюм и другие.

Самой большой группой участников коллективного рассмотрения и обсуждения материалов типовой технологии ремонта тракторов и комбайнов до выхода ее в свет была группа специалистов ремонтных мастерских и заводов сельского хозяйства. Эти специалисты вносили много дополнительных вариантов технологических решений ремонтных работ и активно обогащали передовым опытом типовую технологию.

В процессе подготовки типовой технологии ремонта была выполнена большая работа по систематизации имеющихся материалов, по обоснованию технологических режимов и технических условий на отремонтированные машины, по созданию и выбору необходимого оборудования и приспособлений, при помощи которых достигается лучшее выполнение той или иной ремонтной или контрольной операции.

В типовой технологии широко отражен многолетний опыт машиностроительной промышленности, записанный и узаконенный в существующих ОСТах и ГОСТах (по слесарно-монтажным инструментам, по режущим инструментам, по измерительным инструментам и приборам).

При разработке типовой технологии ремонта выполнена значительная работа, направленная на сближение технологии работ в мастерских сельского хозяйства с промышленной технологией. Для этой цели при разработке типовой технологии была проведена большая работа по систематизации и установлению единых терминов и обозначений в изложении технологических операций и приемов ремонтных и контрольных работ. Долгое время терминология, принятая в промышленной технологии, часто не учитывалась и не применялась в изложении ремонтных процессов. В других

случаях под одними и теми же названиями операций, приемов или процессов понималось разное содержание работ.

Некоторые бытовавшие неправильные наименования приемов ремонтных работ были в типовой технологии заменены более точными наименованиями.

Выводы. Типовая технология ремонта явилась богатым источником творческой деятельности тысяч рабочих исполнителей ремонтных мастерских, поскольку она отражала результаты многих научных исследований по ремонту и передовой опыт, часто неизвестные до того в большинстве мастерских. Типовая технология ремонта была богато иллюстрирована рисунками и чертежами в расчете на то, чтобы по отдельным узлам при специализации ремонта технология была в совершенстве изучена и освоена в короткий срок. В соответствии с этой технологией были созданы и нормативы затрат труда на ремонт машин, нормативы расходования потребных при ремонте материалов, нормы расходования запасных частей на основные используемые тогда в сельском хозяйстве машины.

Большим достоинством составленной таким образом технической документации по ремонту тракторов, комбайнов и указанных нормативов явилось то, что организация и проведение ремонта машин в тех или иных мастерских в соответствии с этой типовой технологией и нормативами оказывались весьма эффективными.

Применение типовой технологии ремонта машин в ремонтных мастерских обеспечивало быструю нормализацию их работы.

В мастерских, руководствующихся технической документацией в форме типовой технологии и установленными нормативами, сокращалось количество рабочих, занятых ремонтом, сокращалось время пребывания машин в мастерской, повышалась производительность труда и стабилизировалась заработная плата рабочих-ремонтников, повышалось качество ремонта при снижении затрат на его проведение, а также общая культура работы.

Известны и такие показатели эффективности применения типовой технологии ремонта, как снижение затрат средств на проведение последующих технических уходов за машинами за счет более высокого, чем раньше, качества ремонта, увеличение выработки машин за счет снижения простоев по техническим неисправностям (по ряду хозяйств на 20%) и другие. Самым главным показателем эффективности этой типовой технологии было быстрое обучение сотен тысяч рабочих правильным приемам выполнения ремонтных работ по машинам, независимо от того, где потом эти рабочие применяли свое мастерство (известно, что при ликвидации МТС и некоторых ремонтных предприятий имела место большая утечка квалифицированных рабочих на промышленные предприятия, на стройки электростанций, газопроводов).

В огромной работе по внедрению технологии восстановительного ремонта базисных деталей старых марок тракторов, по освоению и широкому внедрению типовой технологии и нового оборудования для ремонта тракторов и комбайнов узловым методом большую роль сыграли специалисты производства, инженеры областных (краевых), республиканских управлений сельского хозяйства, инженеры зональных управлений МСХ СССР. С этими мероприятиями был связан большой подъем и большие успехи в налаживании инженерной службы на селе, конкретное обучение многотысячной армии рабочих и специалистов типовым технологическим ре-

шениям технических проблем, постоянно возникавших во всех колхозах, совхозах и ремонтных предприятиях. Эффект достигался как проведением всесоюзных и республиканских (областных, краевых) семинаров, гак и организованной инженерной инспекторской проверкой действительного выполнения технологии на местах.

Библиографический список

1. Селиванов А.И. К истории развития технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники в СССР // Труды ГОСНИТИ. 1967. Т. 31. 150 с.

2. Огородник И.А., Гречихин Д.С. История и этапы развития ремонтного производства в сельском хозяйстве. Минск: Медисонт 2018. 690 с.

References

1. Selivanov A.I. The history of maintenance and repair of agricultural machinery in the USSR. Proceedings of GOSNITI. 1967. Vol. 31. 150.

2. Ogorodnik I.A., Grechikhin D.S. History and stages of development of repair production in agriculture. Minsk: Madison. 2018. 690.

УДК 629.3016.8

АВТОМОБИЛЬНАЯ ФАБРИКАЦИЯ – ПРОМЫШЛЕННАЯ РЕВОЛЮЦИЯ В ТРАКТОРОСТРОЕНИИ

Андрей Владимирович Карасев, кандидат технических наук, научный сотрудник, e-mail: andrey.karasev@nami.ru
Научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт НАМИ,Москва, Российская Федерация

Реферат. *Переход автомобиле- и тракторостроения с мелкосерийного на крупносерийный выпуск требовал создания не только соответствующего производства, но и предъявлял определенные требования к конструкции самоходных машин. Совершенствование конструкции обуславливало применение высокотехнологичных материалов. (Цель исследования) Проанализировать появление понятий «автомобильная конструкция», «автомобильный завод», используемых профессором Н.Р. Брилингом в работе «Отзыв «НАМИ» о тракторах «Запорожец», Коломзавода, «Гном» и «Фордзон». (Материалы и методы) Использовали источники исследуемого периода, работы по истории техники современных авторов для проведения анализа и обобщения. Выявили, что резкое увеличение производства автомобилей могли дать только новые методы и технологии изготовления – автомобильная фабрикация. Определили, что отечественному автомобильному производству не давали развиться высокие ввозные пошлины на отдельные детали при низких пошлинах на готовые автомобили. Выбрали за основу для массового производства тракторов американский трактор International (McCormick-Deering 15-30) после испытания в Научном автомоторном институте. (Результаты и обсуждение) Отметили, что опыт отечественного производства автомобилей показал недостаточный уровень развития производительных сил страны. Опыт выявил преимущество крупносерийного выпуска конструкций «автомобильного» типа, освоенных ведущими фирмами США. Крупносерийное производство самоходной техники для механизации сельского хозяйства привело к появлению отечественного автотракторного машиностроения. (Выводы) Экономическая целесообразность способствовала массовому производству колесных тракторов «автомобильного» типа на специализированных заводах – первенцах индустриализации нового уровня.*

Ключевые слова: *автомобиль, трактор, производство автомобилей и тракторов.*

Для цитирования: *Карасев А.В. Автомобильная фабрикация – промышленная революция в тракторостроении // Технический сервис машин. 2019. N3(136). С. 187-195.*

AUTOMOTIVE FABRICATION – THE INDUSTRIAL REVOLUTION IN TRACTOR CONSTRUCTION

Andrei V. Karasev, Ph.D.(Eng.), research associate,
e-mail: andrey.karasev@nami.ru
Research automobile and motor Institute NAMI,
Moscow, Russian Federation

Abstract. *Transition of automobile and tractor production from small-scale to large-scale production demanded creation not only the corresponding production, but also imposed certain requirements to a design of self-propelled cars. Improving the design caused the use of high-tech materials. (Purpose of research) To analyze the emergence of the concepts of "automobile construction", "automobile plant" used by Professor N.R. Brilling in the work "Feedback by NAMI" about the tractors "Zaporozhets", Kolomzavod, "Gnome" and "Fordson". (Materials and methods) We used the sources of the studied period, works on the history of technology of modern authors for analysis and generalization. It was revealed that a sharp increase in automobile production could be provided only by new methods and manufacturing technologies – automobile fabrication. We determined that the domestic automobile industry was prevented from developing high import duties on individual parts with low duties on finished cars. The American tractor International (McCormick-Deering 15-30) was chosen as the basis for mass production of tractors after testing at the Scientific Automotive Institute. (Results and discussion) It was noted that the experience of domestic automobile production showed an insufficient level of development of the country's productive forces. Experience has shown the advantage of large-scale production of automotive-type structures mastered by leading US firms. Large-scale production of self-propelled machinery for agricultural mechanization led to the emergence of domestic automotive tractor engineering. (Conclusions) Economic feasibility contributed to the mass production of "automobile" type wheeled tractors at specialized factories - the first-born of industrialization of a new level.*

Keywords: *automobile, tractor, automobile and tractor production.*

For citation: *Karasev A.V. Automotive fabrication – the industrial revolution in tractor construction. Tekhnicheskiy servis mashin. 2019. N3(136). 187-195.*

Введение. Переход автомобиле- и тракторостроения с мелкосерийного на крупносерийный выпуск требовал создания не только соответствующего производства, но и предъявлял определенные требования к конструкции самоходных машин. Совершенствование конструкции обуславливало применение высокотехнологичных материалов. Эффективность производства становившихся все более сложными автомобилей, а за ними и тракторов, диктовала использование широкой кооперации. Все это привело к появлению понятий «автомобильная конструкция», «автомобильный завод» как терминов, характеризующих новый более высокий уровень технологий.

Цель исследования – проанализировать появление понятий «автомобильная конструкция», «автомобильный завод», используемых профессором Н.Р. Брилингом в работе «Отзыв «НАМИ» о тракторах «Запорожец», Коломзавода, «Гном» и «Фордзон».

Материалы и методы. Для проведения анализа и обобщения использовали источники исследуемого периода, работы по истории техники современных авторов.

В заключении работы «Отзыв «НАМИ» о тракторах «Запорожец», Коломзавода, «Гном» и «Фордзон»» Н. Р. Брилинг писал: «Трактор «Фордзон», как машина, исполненная по типу чисто автомобильных конструкций, потребует для своего исполнения и автомобильных заводов. В этом отношении у нас для данного производства имеется лишь один завод «Амо».

Автомобильное производство зародилось в самом конце XIX-го века в индустриально развитых странах: Франции, Великобритании, Германии и США. Промышленность Франции в 1899 г. произвела 1672 автомобиля, в 1900 г. – 2997 автомобилей, в 1901 г. – уже 5386. В 1907 г., выпустив 31286 автомобилей, Франция оказалась сразу на третьем месте после Великобритании (40646 шт.) и США (39131 шт.). На следующий год США выйдет в лидеры, где после освоения нефтеносных месторождений Техаса начнется настоящий автомобильный бум: с 79652 шт. в 1909 г. производство автомобилей подскочит до 180 тыс. в следующем 1910 г. [1].

Резкое увеличение производства автомобилей могли дать только новые методы и технологии изготовления – автомобильная фабрикация, появившаяся на базе существующих технологий и заводов и переросшая в предприятия нового типа, ориентированные на массовый выпуск однотипных изделий.

Основным признаком такой фабрикации являлась высокая точность изготовления однотипных частей. Поэтому британский Королевский автомобильный клуб (Royal Automobile Club) вручил свой приз Dewar Trophy за выдающиеся технические достижения в 1908 г. дилеру фирмы Cadillac Motor Car Company, продемонстрировавшему полную взаимозаменяемость деталей трех одноцилиндровых автомобилей Model Ks на автодроме «Бруклендс» (в Британии автогонки на дорогах общего пользования были запрещены, поэтому в 1907 г. построили первую в мире автогоночную трассу). После 10 показательных кругов механики разобрали автомобили на 721 деталь и перемешали (за исключением нескольких высокоточных деталей). Затем три автомобиля были собраны заново за 2,5 дня двумя механиками. После этого они отправились в пробег длиной 800 км, который был пройден без единой поломки [2]. Высокая точность изготовления деталей двигателя к тому же позволила увеличить его мощность в 2 раза.

В Российской империи производство автомобилей началось со сборки из импортируемых частей. На Рижской юбилейной выставке в 1901 г. фирма А. Лейтнер и КО получила высшую награду за выпуск автомобилей с 1899 г. Всего собрали только 7 автомобилей. Попытки запустить производство автомобилей делают заводы Фрезе и Лесснер в г. Санкт-Петербурге. Завод АО «Аксай» в г. Нахичевани-на-Дону в 1903 г. построил 20 автомобилей по типу Ольдсмобиль. Завод И.П. Пузырева (Санкт-Петербург) работал над постановкой автомобильного производства в полном объеме, но дело ограничилось постройкой лишь нескольких пробных автомобилей.

В 1908 г. акционерное общество Русско-Балтийский вагонный завод (РБВЗ) в Риге приступило к подготовке производства автомобилей. Для этого был создан автомобильный отдел, приобретена лицензия бельгийской фирмы Automobiles Charles Fondu (Вилворде, Брюссель), приглашен молодой инженер Жульен Поттера (Julien Potterat).

Первый автомобиль С-24/30 был изготовлен в конце мая 1909 г. [3]. За его рулем Ж. Поттера принял участие в гонке Рига – Санкт-Петербург, преодолев 640 км за 8 час. 2 минуты [4].

Однако быстрого развития производство не получило: в 1910 г. произведено 10 автомобилей, в 1911 г. – 33 шт., в 1912 г. – 78, в 1913 г. – 100, 1914 г. – 140, 1915 г. – 90 шт. за полгода (производство в Риге продолжалось до середины июля 1915 г.). Тогда как в 1910 г. в страну было ввезено 1844 автомобилей. В 1913 г. импорт уже составил 5416 шт., из которых 81% (4308 шт.) были произведены в Германии – далеко не самой автомобильной державе того периода [5].

Отечественному автомобильному производству не давали развиться, в первую очередь, высокие ввозные пошлины на отдельные детали при низких пошлинах на готовые автомобили – 5%. Налог на произведенный автомобиль достигал 45% [6].

До самого последнего момента РБВЗ использовал дорогие заграничные компоненты, поставляемые из Германии: коленчатые валы, шестерни коробки передач и заднего моста, поршневые кольца, радиаторы, карбюраторы, магнето, приборы сигнализации и контроля [7]. Поскольку в России не производили качественные автомобильные стали, их тоже приходилось закупать за рубежом. С целью наладить производство требуемых материалов был приобретен Рижский сталелитейный завод, построена мастерская для термической обработки.

Калькуляции себестоимости изготовления автомобиля не существовало. Цены, указанные в прейскуранте, назначались конкурентоспособными исходя из рыночных реалий. Для решения вопроса себестоимости в апреле 1912 г. был приглашен специалист из Германии д-р Валентин, который также должен был выработать план дальнейшего развертывания завода. Д-р Валентин рекомендовал к производству 3 типа шасси: маленького, дешевого автомобиля на 4 человека, тип среднего по величине и цене автомобиля на 6 чел. и грузовик в 3,5 т, на шасси которого строятся автобусы. В результате выполнения этой программы появился тип автомобиля Е 15/35 HP [8].

На выпускаемые шасси завод ставил кароссери (кузова) трех типов: лимузин, ландоне и торпедо. Установленных моделей не существовало, так как в основном заводу приходилось удовлетворять требования отдельных заказчиков и ведомств. В письме правления РБВЗ, отправленному в ноябре 1913 г. министру торговли и промышленности с целью получения государственной поддержки в деле производства автомобилей, сообщалось: «Число потребителей автомобилей в России, в сравнении с иностранными государствами, довольно ограничено. К тому же большинство русских потребителей, приобретая машину у себя на родине, смотрят на это, как на величайшую жертву своему патриотизму, и в стремлении оправдать такую жертву предъявляют заводу массу требований на бесплатные дополнительные установки и изменения внешнего вида автомобиля в зависимости от личных взглядов и вкуса. Благодаря такому предубеждению к русским изделиям, заводу приходится видоизменять части машин и, вопреки выгодности производства, изготовлять автомобили не в массовом количестве, а применительно к вкусам и запросам чуть ли не каждого заказчика».

Однако на отечественную машиностроительную промышленность и производство автомобилей совет министров обратил внимание только в разгар войны, в начале 1916 г. При этом правительство полагалась на казен-

ные заводы. Частные предприятия должны были выполнять дополнительную функцию в обеспечении автомобилями, так как «не преминут, конечно, использовать столь благоприятно сложившиеся для них условия, подняв цену на поставляемые ими Военному ведомству автомобили до самых непомерных пределов». Совет министров планировал заказать 7500 автомобилей, что являлось пределом для частной промышленности. Главное военно-техническое управление Военного министерства (ГВТУ) 27-29 февраля подписало 5 контрактов на сборку автомобилей. Московский завод АМО товарищества «С. Рябушинский и А. Кузнецов» должен был поставить 750 легковых штабных и 750 грузовых автомобилей; Русско-Балтийский завод – 1500 шт. больших штабных легковых автомобилей; завод В.А. Лебедева – 750 шт. малых штабных и 750 санитарных автомобилей, завод «Русский Рено» – 1500 шт. полуторок, а завод «Аксай» столько же 3-тонных грузовых автомобилей. Поставщики обязались построить и оборудовать заводы, пуск которых должен был произойти не позднее 7 октября 1916 г.

Контракты требовали, чтобы автомобили, запасные части к ним и предметы оборудования заводов поставщики изготовляли на отечественных заводах. Но по своему усмотрению могли приобрести за границей те части, материалы и предметы оборудования, изготовление которых в России представлялось невозможным или затруднительным на сумму не выше 30% контрактной стоимости поставки. Шины разрешалось покупать только с согласия ГВТУ, которое предписывало использовать чертежи определенных фирм. Например, «Фиат» и «Готчикс»; Русско-Балтийский завод – своего автомобиля С 24/40; завод В.А. Лебедева – «Вольслей» и «Крослей»; «Русский Рено» – «Рено»; «Аксай» – «Панар-Левассор», «Паккард». Контракты предусматривали также поставки запасных частей.

Что касается создания казенного завода, то его решили строить в Мытищах и подписали договор с Британским инженерным обществом «Бекос» на постройку завода военных автомобилей с производительностью 3 тыс. шасси.

Условия контрактов были заведомо не выполнимы. В стране не производились нужные станки, не было требуемого стального литья и гладкотянутых калиброванных специальных легированных и углеродистых сталей, промышленность не производила ободов колес, стартеров, динамо, карбюраторов, магнето, радиаторов, подшипников, арматуру (фары, фонари, указатели и др.) – все это машиностроительные заводы покупали у зарубежных производителей.

Фронт не менее остро, чем в автомобилях, а хозяйство страны даже в большей степени, нуждались в тракторах: большое количество тягловой силы было изъято из крестьянских хозяйств на военные цели. «Конский запас, исчисляющийся в 1916 г. в 31 240 000 упал в 1925 г. до 16 000 000 ед. и восполнение убыли в 15 000 000 лошадей потребует примерно времени в 15 лет», – писал Н.Р. Брилинг в работе «Принципы организации производства и ввоза автомобилей в СССР».

Тем не менее вопросы производства тракторов не ставили на повестку дня, хотя трактора того периода производили по освоенным технологиям небольшими предприятиями. Только в США в 1916 г. было около 100 производителей тракторов. В России, по оценке бывшего директора Императорского Московского технического училища проф. В.И. Гриневецкого, «производство оборудования – машин орудий и двигателей, предоставля-

ло весьма пеструю картину: чрезвычайно выросло производство станков для обработки металлов: целый ряд заводов развил старое производство, другие занялись этим производством вновь и поставили его на широкую ногу. Это производство, представлявшее из себя наиболее слабое и отсталое место русского машиностроения, выросло чрезвычайно не только количественно, но и качественно» [9].

Планам по созданию автомобильных заводов не суждено было сбыться. В производственных цехах эвакуированного в Фили завода «Руссо-Балт» было размещено только 450 станков. Завод рассчитывал на поддержку своего вагонного производства, эвакуированного в Тверь. После национализации в 1918 г. завод простаивал, рабочие-литовцы, вернулись на родину. В 1921 г. началась работа по постройке легковых автомобилей из имеющихся запасов. Однако в конце 1922 г. завод был сдан в концессию Junkers. Еще в октябре 1918 г. завод «Бекос» также перестал быть автомобильным.

Завод «Аксай», так и не получивший ни одного станка для производства автомобилей, некоторое время занимался ремонтом автотранспорта, а затем объединился со старым заводом АО «Аксай» сельскохозяйственных машин в г. Ростов-на-Дону. Так и не получил соответствующего оборудования завод «Русский Рено» в Рыбинске. До января 1922 г. завод занимался восстановительным ремонтом, а потом был остановлен. Ярославский завод «В.А. Лебедев» достраивал даже небольшой с точки зрения автомобильного производства корпус. Завод имел только 125 станков, полученных случайным образом, которые использовались для ремонта автомобилей и постройке автодрезин.

Только задуманный с размахом завод «АМО» в Москве был закончен на 75% от проекта. Механическая и инструментальная мастерские хотя и не были полностью укомплектованы, располагали 500 станками лучших американских фирм. Купленной в США установкой была оборудована термическая. В прессовой стояли два стана на 600 и 350 т. Полностью была оборудована компрессорная. В кузнеце не хватало трех молотов на 0,75, 1 и 1,5 тонны. Недоукомплектованная литейная могла выдавать продукцию. Завод располагал оборудованием для механических испытаний материалов и скромной химической лабораторией.

С октября 1918 г. на «АМО» стало поступать с завода «Бекос» автомобильное имущество, в основном разбитые 3-тонные и 1,5-тонные грузовики «Уайт», общим количеством порядка 250 рам. Из них удалось собрать только 26 грузовиков. Завод решил заняться в первую очередь восстановлением трехтонок, начав с освоения производства блоков двигателя и картеров. Налаживание процесса литья заняло больше года. При освоении литья блока цилиндров было забраковано свыше 300 заготовок. Затем приступили к разработке и изготовлению необходимых приспособлений для обработки картеров и цилиндров. Ни технологического, ни конструкторского бюро на заводе тогда не существовало. Были 3-4 конструктора, которые занимались всем: от автомобильных конструкций, до приспособлений и инструмента.

В период 1920-1921 гг. не было притока нового оборудования. Главное управление металлической промышленности могло только более рационально перераспределить станки между заводами и, в лучшем случае, привезти отдельные станки с заводов других отраслей.

Попытка привлечь к изготовлению автодеталей заводы общего маши-

ностроения, обладавшие некоторым производственным опытом в машиностроении, окончилось полной неудачей, так как эти заводы не справились с поставленной задачей вследствие разнообразной номенклатуры, отсутствия чертежей, приспособлений и соответствующих специального оборудования и инструментов.

В.И. Гриневецкий писал: «Путь, требующий, самостоятельного развития автотракторного производства в России… отходит за пределы экономически осуществимого» [9]. Тем не менее выполнялась конкретная работа по созданию отечественного автотракторного производства: были разработаны требования, предъявляемые к автомобильным материалам, в частности к металлам.

Государственная комиссия по восстановлению крупной промышленности постановила в 1922 г.: «признать принципиально необходимым постановку в России автомобилестроения в массовом масштабе». АМО была предоставлена финансовая помощь в виде субсидии в 5 млн золотых рублей. Летом 1925 г. по поручению ВСНХМ инженер М.М. Хрущов провел технико-экономическое обследование производства автомобильного завода АМО. Он отметил: «настоящий масштаб производства завода АМО – около 15 автомобилей в месяц и возможный при дооборудовании (на имеющихся площадях) масштаб – 50 автомобилей в месяц, настолько незначительный по сравнению с потребностью республики». В это время на заводе работало вместе со служащими и вспомогательным персоналом 1570 человек. Коллектив завода не был подготовлен к серийному производству автомобилей, его трудовой опыт и навыки исходили из ремонтного дела.

По мнению В.И. Гриневецкого, «производство сельскохозяйственных машин, имевшее значительное развитие и чрезвычайно важное значение для нашего народного хозяйства, было совершенно дезорганизовано изъятием массы рабочих рук, вынужденным переходом части заводов на снарядные, повозочные и иные заказы, а также прекращением или крайним затруднением снабжения металлом и топливом. В результате Россия почти утратила эту весьма ценную отрасль промышленности… и дошла после поглощения накопившихся запасов до резко выраженного в 1917 г. машинного голода, еще обостряющегося далее».

Машиностроение не могло удовлетворить спрос на тракторы. Специальная тракторная комиссия Госплана предложила, а Совет Труда и Обороны (СТО) утвердил 4 апреля 1923 г. план производства 693 тракторов на 1923/24 год, на 1925/26 – 3400. К их изготовлению привлечены несколько машиностроительных заводов самого различного профиля. Производство колесных тракторов поручено Путиловскому заводу, заводу «Возрождение» в Марксштадте, заводу «Красный Прогресс» в Запорожье. Гусеничных – Харьковскому паровозостроительному, а также Коломенскому, Обуховскому, Брянскому. Уже в конце 1925 г. план корректируется – должно быть выпущено 1800 тракторов, но было произведено менее 900.

Решением правительства в 1926-1928 гг. производство тракторов как невыгодное на названных заводах было прекращено за исключением «Красного Путиловца», выпускавшего по лицензии трактора «Фордзон-Путиловец» («ФП»). Там для тракторного производства была предоставлена бывшая пушечная мастерская, так как только в пушечной мастерской были навыки применения калибров.

За период с 1922 по 1929 г. было ввезено из-за рубежа 37000 тракторов,

а изготовлено – 6171 шт., в том числе 5267 тракторов «ФП». Такое положение вещей ставило вопрос о новых специализированных тракторных заводах и тракторах для производства на них. Научному автомоторному институту НАМИ было поручено испытание американского трактора International и шведского Avance. Это правительственное задание позволило расширить и оснастить тракторный отдел института, на который постановлением ВСНХ № 224 от 31 декабря 1925 г. было возложено проведение НИОКР по тракторам [10].

Шведский трактор более прост по конструкции, но выпуск его не мог быть крупносерийным, поскольку при сборке требовался большой объем пригоночных работ, поэтому выбор пал на International (McCormick-Deering 15-30), который был более приспособлен для массового производства. После этого массовое производство тракторов по типу автомобильных заводов окончательно закрепилось в отечественном машиностроении.

Результаты и обсуждение. Опыт отечественного производства автомобилей показал недостаточный уровень развития производительных сил страны. Производство тракторов различных конструкций разнообразными отечественными машиностроительными заводами в 20-х годах прошлого века оказалось экономически нецелесообразно. Опыт выявил преимущество крупносерийного выпуска конструкций «автомобильного» типа, освоенных ведущими фирмами США. Крупносерийное производство самоходной техники для механизации сельского хозяйства привело к появлению отечественного автотракторного машиностроения.

Выводы. Экономическая целесообразность способствовала массовому производству колесных тракторов «автомобильного» типа на специализированных заводах – первенцах индустриализации нового уровня.

Библиографический список

1. Макаровский С.И. Пути развития автомобильной промышленности в России // Мотор. 1923. N1. С. 21.

2. Harter J. Early Automobiles: A History in Advertising Line Art, 1890-1930. Wings Press. 2015. 234.

3. Historicar. De Belgische constructeurs: F-K. 2008. N XVIII. 16.

4. Maurice A. Kelly Russian Motor Vehicles: The Czarist Period 1784 to 1917. Veloce Publishing. 1st Edition. 2009.

5. Макаровский С.И. Пути развития автомобильной промышленности в России // Мотор. 1923. N3-4. С. 126.

6. Курихин О.В. Жемчужина российской техники // Наука и жизнь. 1988. N6. С. 55-56.

7. Макаровский С.И. Пути развития автомобильной промышленности в России // Мотор. 1923. N1. С. 22-24.

8. Макаровский С.И. Пути развития автомобильной промышленности в России // Мотор. 1923. N3-4. С. 128.

9. Гриневецкий В.И. Послевоенные перспективы русской промышленности. Харьков: Всероссийский центральный союз потребительских обществ. 1919. 210 с.

10. Карасев А.В. Хроника автомоторного института 1918-1946. Смоленск: Изд-во «Свиток». 2010. 33 с.

References

1. Makarovsky S.I. Ways of development of the automotive industry in Russia. Motor. 1923. N1. 21.

2. Harter J. Early Automobiles: A History in Advertising Line Art, 1890-1930. Wings Press. 2015. 234.

3. Historicar. De Belgische constructeurs: F-K. 2008. N XVIII. 16.

4. Maurice A. Kelly Russian Motor Vehicles: The Czarist Period 1784 to 1917. Veloce Publishing. 1st Edition. 2009.

5. Makarovsky S.I. Ways of development of the automotive industry in Russia. Motor. 1923. N3 4. 126.

6. Kurikhin O.V. Pearl of the Russian technology. Nauka i Zhizn. 1988. N6. 55-56.

7. Makarovsky S.I. Ways of development of the automotive industry in Russia. Motor. 1923. N1. 22-24.

8. Makarovsky S.I. Ways of development of the automotive industry in Russia. Motor. 1923. N3 4. 128.

9. Grinevetsky V.I. Post-war prospects of Russian industry. Kharkov: All-Russian Central Union of Consumer Societies. 1919. 210.

10. Karasev A.V. Chronicle of the Automotive Institute 1918-1946. Smolensk: Publ. house «Svistok». 2010. 33.

УДК 629.3014.2

70 ЛЕТ ЛЕГЕНДАРНОМУ ТРАКТОРУ ДТ-54

Вячеслав Владмирович Косенко[1], кандидат технических наук, e-mail: ts@vstu.ru;
Владимир Васильевич Шаров[2], методолог, кандидат технических наук.,e-mail: sharov_vv56@mail.ru;
Юлия Сергевна Ценч[3], кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник,
[1] Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Российская Федерация;
[2] Музей национального тракторостроения, МБУК "Созвездие", Чеховский район, Московская область, Российская Федерация;
[3] Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. *70 лет назад, в 1949 году начато производство поистине легендарного отечественного трактора ДТ-54. Выпуск этой машины был организован на трех тракторных заводах: Сталинградском (Волгоградском), Харьковском, Алтайском и продолжался вплоть до 1979 года. (Цель исследования) Провести анализ истории разработки, серийного производства трактора ДТ-54 и его модификаций, совершенствования его конструкции и эффективности применения. (Материалы и методы) Изложены основные этапы создания трактора ДТ-54, его совершенствования и модернизации, проведенных на базе этой машины поисковых научно-исследовательских работ. (Результаты и обсуждения) Оснащенный экономичным дизельным двигателем трактор ДТ-54 по сравнению с предшественником АСХТЗ-НАТИ с керосиновым карбюраторным двигателем нашел широкое распространение не только в сельском хозяйстве, но и во многих отраслях промышленности. ДТ-54 по сравнению с АСХТЗ-НАТИ развивал на треть большую крюковую мощность при вдвое меньшем удельном крюковом расходе топлива. Особенна заслуга этого трактора в подъеме целинных и залежных земель, где он стал основным мобильным энергосредством.*

(Выводы) Тракторы семейства ДТ-54, благодаря удачной конструкции, экономичности, универсальности, неприхотливости и приспособленности к эксплуатации в разнообразных условиях, находились в серийном производстве 30 лет и до появления ДТ-75 были самыми распространенными гусеничными тракторами в нашей стране, экспортировались и выпускались за рубежом. Всего Сталинградский (Волгоградский), Харьковский и Алтайский тракторные заводы выпустили почти миллион таких машин.

Ключевые слова: гусеничный сельскохозяйственный трактор, дизельный двигатель, тракторный завод, производство, развитие, совершенствование, модернизация, модификации, показатели.

Для цитирования: *Косенко В.В., Шаров В.В., Ценч Ю.С. 70 лет легендарному трактору ДТ-54 // Технический сервис машин. 2019. N3(136). С. 196-209*

70 YEARS OF THE LEGENDARY DT-54 TRACTOR

Vyacheslav V. Kosenko[1], PhD (Eng.),
e-mail: ts@vstu.ru;
Vladimir V. Sharov[2], methodologist, PhD (Eng.),
e-mail: sharov_vv56@mail.ru;
Yuliya S. Tsench[3], leading researcher, associate professor, PhD (Ped.),
[1] Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation;
[2] Museum of the Domestic Tractor Industry, MBUK "Constellation",
Chekhov district, Moscow region, Russian Federation;
[3] Federal Scientific Agroengineering Center VIM,
Moscow, Russian Federation

Abstract. *70 years ago, in 1949, the production of legendary domestic tractor DT-54 has begun. The production of this machine was organized at three tractor plants: Stalingrad (Volgograd), Kharkov, Altai and lasted until 1979. (Research purpose) The research purpose is the analyzing of the history of development and serial production of the DT-54 tractor and its modifications, improvement of its design and efficiency. (Materials and methods) The article deals with the main stages of the DT-54 design, its improvement and modernization, research works performed using this machine. (Results and discussions) Equipped with an economic diesel engine, compared to its predecessor ASKHTZ-NATI with kerosene carburetor engine, the tractor DT-54 is widely used not only in agriculture but also in many industries. DT-54 compared to USHTZ-NATI has a third larger hook capacity with half a hook specific fuel consumption. Special merit of this tractor in the reverting of virgin and fallow lands in production, where he became the main mobile power. (Conclusions) Tractors of the DT-54 family, thanks to a successful design, efficiency, versatility, unpretentiousness and adaptability to operation in a variety of conditions, were in mass production for 30 years and before the appearance of the DT-75 they were the most common crawler tractors in our country, exported and produced abroad. In total, Stalingrad (Volgograd), Kharkiv and Altai tractor plants produced almost a million of such machines.*

Keywords: *caterpillar agricultural tractor, diesel engine, tractor plant, production, development, improvement, modernization, modifications, characteristics.*

For citation: *Kosenko V.V., Sharov V.V., Tsench Yu.S. 70 let legendarnomu traktoru DT-54 // Tekhnicheskiy servis mashin. 2019. N3(136) 196-209*

Введение. Мобильная тракторная энергетика является одной из основ сельскохозяйственного производства.

История развития и производства тракторов в нашей стране имеет богатое прошлое. Одной из ярких страниц в истории не только отечественного, но и мирового тракторостроения стало создание и производство одновременно на Сталинградском (СТЗ), впоследствии Волгоградском (ВгТЗ), Харьковском (ХТЗ) и Алтайском (АТЗ) тракторных заводах дизельного гусеничного трактора ДТ-54.

Цель исследования – провести анализ хода создания и серийного производства трактора ДТ-54 и его модификаций, рассмотреть этапы совершенствования его конструкции и эффективности применения.

Материалы и методы. 25 ноября 1949 года – знаменательная дата в истории не только отечественного, но и мирового тракторостроения. В этот день 70 лет назад на Сталинградском (ныне Волгоградском) тракторном заводе началось серийное производство поистине легендарного гусеничного тягового класса 3 сельскохозяйственного дизельного трактора общего назначения ДТ-54. Он пришел на смену своему предшественнику, тоже гусеничному аналогичного назначения трактору СТЗ-НАТИ (АСХТЗ-НАТИ).

Трудно сейчас представить, как всего через 4,5 года после окончания Великой Отечественной войны, к тому же в превращенном в руины Сталинграде, разрушенном Харькове наша страна смогла наладить производство нового трактора прогрессивной по самым строгим меркам того времени конструкции. Задел для нового трактора конструкторы начали создавать еще до Великой Отечественной войны. Тогда на СТЗ и ХТЗ были спроектированы, изготовлены и испытывались несколько вариантов тракторных дизельных двигателей; одним из них был сталинградский 1-МД, предназначавшийся еще для трактора СТЗ-НАТИ (карбюраторный керосиновый двигатель этого трактора имел марку 1-МА). Работы не прекращались и в военное время на Алтае, где в г. Рубцовск на основе вывезенного оборудования ХТЗ и СТЗ был построен АТЗ, куда были эвакуированы работники из Харькова, а затем и из Сталинграда и куда летом 1942г., перед Сталинградской битвой, была отправлена конструкторская документация, в т.ч. трактора СТЗ-НАТИ и опытных дизелей. На основе этих наработок конструкторам в сжатые сроки удалось создать удачный дизельный двигатель Д-54 и гусеничный трактор, получивший марку ДТ-54 (аббревиатура расшифровывается: «дизельный трактор мощностью 54 л.с.»). Первые образцы ДТ-54 (рис. 1) были изготовлены в Рубцовске в декабре 1944 г. Созданию ДТ-54 способствовала постоянно проводившаяся плановая модернизация узлов трактора АСХТЗ-НАТИ, в результате которой к 1949 г. были внедрены торцовые уплотнения подшипниковых узлов ходовой системы, карданный вал с резиновыми втулками (сайлент-блоками), более надежные конечные передачи со стальными центрирующими стаканами и др. Эти модернизированные узлы перешли на трактор ДТ-54.

Рис. 1. Один из создателей ДТ-54, главный конструктор АТЗ М.С. Сидельников на фоне одного из первых образцов этой машины. Фото 1947 г

Сохранив ставшую классической компоновку с передним расположением двигателя и задним трансмиссии, ведущих колес, кабины и рамный остов, трактор ДТ-54 (рис. 2) имел следующие основные отличия от АСХТЗ-НАТИ (табл. 1) [1-3]:

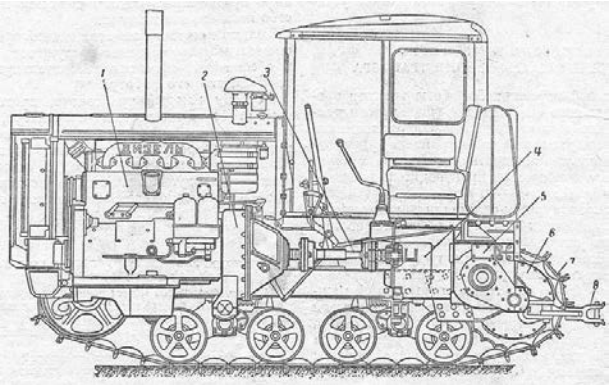


Рис. 2. Трактор ДТ-54, продольный разрез: 1 – дизель Д-54; 2 – главное сцепление; 3 – карданный вал; 4 – коробка передач; 5 – задний мост с главной передачей и механизмом поворота; 6 – конечная передача; 7 – гусеничная цепь ходовой системы; 8 – тягово-сцепное устройство

Таблица 1

Технические характеристики тракторов ДТ-54, ДТ-54А в сравнении с предшественником – СТЗ-НАТИ (АСХТЗ-НАТИ)

Показатель	СТЗ-НАТИ	ДТ-54	ДТ-54А
Масса,кг: - конструкционная			
- эксплуатационная			
Габаритные размеры, мм:			
- длина			
- ширина			
- высота			
Продольная база, мм			
Колея, мм			
Дорожный просвет, мм			
Ширина гусениц, мм			
Средние условные давления на почву, кПа			
Двигатель:			
- тип	карбюраторный	дизельный	дизельный
- марка	1-МА	Д-54	Д-54А
- рабочий объем, л			
- мощность, л.с.			
- номинальная частота вращения к/вала, мин$^{-1}$			
- удельный расход топлива, г/л.с.ч			
- литровая мощность, л.с./л			
Число передач вперед/назад		3	3
Номинальные скорости переднего хода, км/ч, и тяговые усилия, кгс, на передачах: I			
II			
III			
IV			
V			
Емкость топливного бака, л			
Удельная материалоемкость, кг/л.с.			

Примечания: 1 – с заводной рукояткой; 2 – с задним навесным устройством в транспортном положении; 3 – при установке ходоуменьшителя добавляется 4 передачи переднего хода (диапазон скоростей 0,48-0,84 или 1,60-2,80 км/ч)

– 5-ступенчатая коробка передач вместо 4-ступенчатой, с меньшим интервалом скоростей между передачами (максимальное отношение номинальных скоростей на смежных *i*+1 и *i*-передачах 1,2915 против 1,5236 у АСХТЗ-НАТИ), повысившая силу тяги на I передаче и улучшившая использование мощности двигателя при различных крюковых нагрузках;

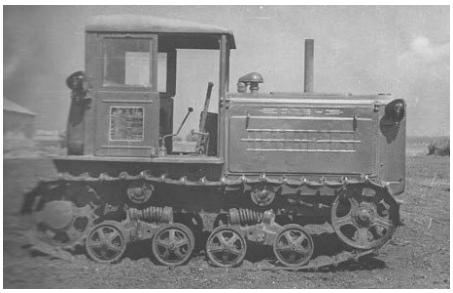
– вторичный вал коробки передач, выполненный заодно с ведомой конической шестерней главной передачи;

– усовершенствованное (но пока еще, как и у АСХТЗ-НАТИ, сблокированное) управление фрикционными муфтами и тормозами механизма поворота;

– закрытая, более просторная и комфортабельная кабина, впервые в мире установленная на сельскохозяйственном тракторе, кстати, не одинаковая у тракторов разных заводов: двери кабин тракторов ХТЗ и АТЗ сдвигались на роликах назад, двери трактора СТЗ открывались против хода на петлях и удобно трансформировались по желанию тракториста в 5 различных вариантов (рис. 3);

– топливный бак увеличенной емкости с мерной линейкой, расположенный за кабиной (у предшественника он располагался между двигателем и кабиной);

– более совершенное и надежное электрооборудование с возможностью подключения внешних потребителей.



а *б*

Рис. 3. Трактор ДТ-54: а – производства ХТЗ; двери кабины сдвижные; б – производства СТЗ; двери кабины на петлях, трансформируемые

Но главной отличительной особенностью нового трактора, так сказать его «изюминкой», был, конечно, дизель Д-54 - рядный 4-цилиндровый, размерностью 125×152 мм, жидкостного охлаждения, с атмосферным впуском и вихрекамерным смесеобразованием, несколько большей, чем у 1-МА, мощности: 54 л.с. против 52, и наиболее важное - существенно более экономичный и работающий на более дешевом, чем керосин, дизельном топливе. Конечно, дизельный двигатель был сложнее, особенно, в части системы питания, которая включала такие новые составные элементы, как поршневой топливоподкачивающий насос, фильтр тонкой очистки топлива, топливный насос высокого давления 4ТН-8,5×10 со всережимным регулятором, штифтовые форсунки ФШ-1,5×15° и трубопроводы высокого давления. Запускался Д-54 не вручную, а пусковым бензиновым двигателем ПД-10 с 2-ступенчатым редуктором; для облегчения пуска дизель был также снабжен декомпрессионным механизмом. Немаловажное значение как для производства, так и для эксплуатации, имела и существенная унификация нового двигателя Д-54 с выпускавшимся 1-МА.

По заказу потребителя трактор ДТ-54 комплектовался:

– 2-диапазонным ходоуменьшителем, обеспечивающим с переналадкой замедленные скорости движения: 0,48-0,84 или 1,60-2,80 км/ч;

– зависимым валом (547 об/мин) или шкивом отбора мощности.

Для проведения испытаний нового трактора Главтракторопром СССР организовал при СТЗ специальный испытательный отряд, базировавшийся в пос. Хуторок Краснодарского края. На базе этого отряда был позже создан опорный пункт Северо-Кавказской МИС, преобразованный вскоре в Кубанскую МИС, а затем в широко известный и авторитетный Кубанский научно-исследовательский институт испытаний тракторов и сельхозмашин (КубНИИТиМ), давший путевку в жизнь многим тракторам СТЗ (ВгТЗ), ХТЗ, АТЗ и других заводов. Полномасштабные испытания ДТ-54 в сравнении с трактором СТЗ-НАТИ начались на Кубани весной 1946 г.; испытания велись и в других местах, в частности, в г. Янгиюль под Ташкентом (впоследствии Среднеазиатская МИС). К 1949 г. испытания новой машины были в основном завершены с положительными результатами. Трактор ДТ-54 хотя и был всего на 4% мощнее АСХТЗ-НАТИ, но благодаря более рациональному сочетанию массы и мощности, измененной коробке передач, имел гораздо более высокие тягово-скоростные показатели (рис. 4, табл. 2) [4].

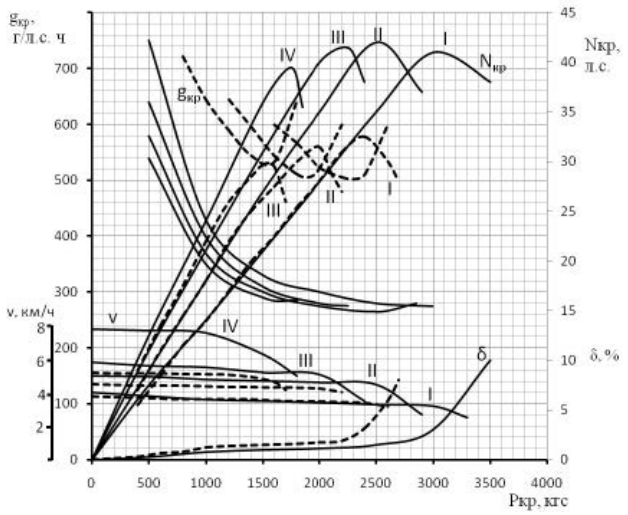


Рис. 4. Тяговые характеристики тракторов ДТ-54 (сплошные линии) и СТЗ-НАТИ (пунктирные линии). Почвенный фон – стерня

Особенно впечатляла уже упомянутая топливная экономичность: ДТ-54 расходовал на единицу выполненной работы на 35-45% меньше горючего. Себестоимость полевых сельхозработ была ниже на 25%. Государственная комиссия еще до окончания всех испытаний рекомендовала трактор ДТ-54 к внедрению на заводах в Сталинграде, Харькове и Рубцовске. СТЗ осуществил это 25 ноября 1949 г. без остановки главного сборочного конвейера. На ХТЗ производство ДТ-54 началось несколько раньше – 25 августа того же года. А через 3 года, 20 июня 1952 г., его выпуск был освоен и на АТЗ.

За создание трактора ДТ-54 в 1950 г. группе специалистов: от АТЗ – главному конструктору М.С. Сидельникову[1], главному инженеру Н.Н. Перов-

1. До 1942 г. М.С. Сидельников был главным конструктором ХТЗ. Впоследствии работал главным инженером АТЗ, СТЗ, начальником технического управления Министерства тракторного и с.-х. машиностроения

скому, директору П.П. Парфенову, зам. главного конструктора Е.А. Саркисянцу и Х.Я. Тейтельбауму, от ХТЗ – главному конструктору Н.Г. Зубареву, от ВгТЗ – главным конструкторам В.А. Каргополову (в 1944-1949 гг.)[22] и А.К. Платонову (в 1949-1950 гг.), – была присуждена Сталинская премия II степени.

Наращивание серийного производства ДТ-54 было непростым. Сказывались и весьма сжатые сроки подготовки производства, и «детские болезни» новой во многих отношениях машины, да и последствия еще недавней войны. Непросто шло и освоение более сложного нового трактора механизаторами и специалистами на селе. Но в конце концов большинство трудностей было преодолено. Конструкторы и технологи трех заводов во взаимодействии друг с другом устранили присущие машинам первых лет выпуска недостатки, имевшие место в основном на дизеле [5]:

Таблица 2

Тяговые показатели тракторов АСХТЗ-НАТИ, ДТ-54 и ДТ-54А на стерне колосовых

Показатель	АСХТЗ-НАТИ	ДТ-54	ДТ-54А
Место испытаний	БИМСХ, г. Минск	ОНИС НАТИ, г. Одесса	Сев-Кав МИС, г. Зерноград
Год испытаний	н/д (до 1958)		
Эксплуатационная масса, кг			
Мощность дизеля, л.с. (кВт)			
Влажность стерни, %			
Показатели при максимальной крюковой мощности:			
- максимальная крюковая мощность, л.с.(кВт)			
- тяговое усилие, кгс (кН)			
- включенная передача	I	II	
- скорость, км/ч			3
- буксование движителей, %			,
- тяговый КПД			5
- удельный крюковой расход топлива, г/л.с.·ч (г/кВт·ч)			-
Показатели при силе тяги на крюке 2000 кгс (19,62 кН):			
- крюковая мощность, л.с.			
- включенная передача	II	III	III
- скорость, км/ч			
- буксование движителей, %			
- удельный крюковой расход топлива, г/л.с.·ч (г/кВт·ч)			
Максимальное тяговое усилие, кгс, на передаче	I	I	I
при буксовании движителей,%			

– поломки коленчатого вала и обрыв его противовесов (это были, пожалуй, самые неприятные дефекты);

– повышенный расход моторного масла (после внедрения измененных поршневых колец и дренажных отверстий в поршне Д-54 по расходу масла на угар долгое время был лучше некоторых отечественных тракторных дизелей даже более поздней разработки);

–негерметичность впускного тракта и преждевременный износ деталей гильзопоршневой группы;

2. Впоследствии В.А. Каргополов работал главным инженером АТЗ, председателем Алтайского Совнархоза, директором НАТИ

– проворачивание шатунных вкладышей и поломки нижней головки шатуна;

– задиры зеркала цилиндра и разрушение роликоподшипников нижней головки шатуна пускового двигателя;

– повышенный износ деталей привода маслонасоса.

Заводские специалисты издали книги, опубликовали много журнальных статей об устройстве, особенностях эксплуатации и ремонта трактора ДТ-54, на селе было организовано углубленное изучение этой машины.

Трактор ДТ-54 постоянно совершенствовался. В частности, в последующие годы были внедрены:

– по дизелю: счетчик моточасов, улучшенные декомпрессионный механизм и водопомпа, масляная центрифуга вместо сменного бумажного фильтра тонкой очистки масла;

– раздельное управление фрикционными муфтами и остановочными тормозами механизма поворота вместо сблокированного, существенно облегчившее управление трактором;

– ведущие колеса с зацеплением каждого зуба с цевками звеньев гусениц (12-зубовое вместо 23-зубового);

– усиленные рама и ходовая система; предохранительные накладки (под гусеницы) на корпусах конечных передач;

– бачок для питьевой воды.

В связи с появлением в сельском хозяйстве прогрессивных навесных, полунавесных и гидрофицированных орудий были разработаны и в 1957г. внедрены впервые в мире на гусеничном тракторе заднее навесное устройство (ЗНУ) и гидросистема с шестеренным насосом НШ46, 3-секционным 4-позиционным распределителем Р75-В3 и маслобаком емкостью 25 л. ЗНУ имело 2 схемы наладки: 2-точечную (для работы с энергоемкими орудиями) или 3-точечную (для более жесткого в поперечном направлении соединения орудия с трактором) и снабжалось гидроцилиндром двухстороннего действия ЦС-110; при полной комплектации агрегатами гидросистемы к трактору еще прикладывались 3 выносных гидроцилиндра ЦС-75.

Трактор с гидронавесной системой получил марку ДТ-54А (рис. 5), а его дизель, тоже модернизированный, более экономичный, с алюминиевыми поршнями, измененными головкой блока и коленчатым валом без противовесов, с пусковым двигателем ПД-10М - марку Д-54А [6].

Рис. 5. Трактор ДТ-54А производства ВгТЗ с навесным плугом ПН-4-35 на испытаниях системы автоматического вождения

ДТ-54 (ДТ-54А) был без преувеличения универсален. В сельском хозяй-

стве в агрегате с различными орудиями и машинами он выполнял все работы общего назначения: различную пахоту и глубокое рыхление, лущение и дискование, культивацию, боронование и снегозадержание, сев и посадку сельхозкультур, полив и уборку урожая (даже уборка зерновых колосовых культур тогда была немыслима без этого трактора: он буксировал прицепные комбайны С-6, РСМ-8, ПК-2), трамбовку силоса. В условиях еще слаборазвитой сельской дорожной сети трактор использовался на транспорте, особенно в весенне-осеннюю распутицу и зимой. Широко использовался ДТ-54 (ДТ-54А) и в других отраслях народного хозяйства СССР: в строительстве, особенно дорожном, мелиорации и ирригации, торфодобыче и др., главным образом с бульдозерным оборудованием, а также в качестве базы различных погрузчиков и другого оборудования.

На базе трактора общего назначения (пахотного) ДТ-54 на СТЗ были созданы болотоходная и газогенераторная модификации (табл. 3) [7].

Таблица 3

Технические характеристики специализированных модификаций тракторов ДТ-54, ДТ-54А

Показатель	ДТ-55	ДТ-55А	ДТ-57	ГБ-58
Назначение	Болото-ходный	Болото-ходный	Круто-склонный	Общего назначения
Годы выпуска	57		опытный	
Масса,кг: - конструкционная				
- эксплуатационная				
Габаритные размеры, мм:				
- длина				
- ширина				
- высота				
Продольная база, мм				
Колея, мм				
Дорожный просвет, мм				
Ширина гусениц, мм				
Средние условные давления на почву, кПа				
Двигатель:				
- тип	дизельный	дизельный	дизельный	газогенераторный
- марка	Д-54	Д-54А	Д-54	Г-58
- рабочий объем, л				
- мощность, л.с.				
- номинальная частота вращения к				
/- удельный расход топлива, в/л.с.ч				
а- литровая мощность, л.с./л				
лНисло передач вперед/назад				
аДиапазон скоростей переднего хода, км/ч				
Диапазон тяговых усилий, кгс				
мЕмкость топливного бака, л				

Примечания: 1 – с задним навесным устройством в транспортном положении; 2 – с навесными устройствами в транспортном положении; 3 – указан расход основного топлива – древесных чурок; 4 – с ходоуменьшителем – 9/1 (диапазон скоростей 0,48-7,9 или 1,60-7,9 км/ч); 5 – на заднем ходу – 2,42-7,96 км/ч; 6) емкость короба для древесных чурок на крыше кабины

Болотоходный трактор ДТ-55, а с 1958 г. – ДТ-55А (рис. 6), предназначался для выполнения работ на почвах с низкой несущей способностью. От

базовой модели отличался опущенным на почву и подрессоренным направляющим колесом большего диаметра, благодаря чему возросла продольная база, большей колеей и установкой широких гусениц с увеличенным шагом (и ведущих колес с меньшим числом зубьев). Увеличение базы и ширины гусениц позволило почти вдвое снизить давления машины на почву и повысить проходимость. Выпускался трактор с 1956г. на СТЗ, а с 1963г. – на АТЗ.

Рис. 6. Болотоходный трактор ДТ-55А

Газогенераторный общего назначения трактор ГБ-58 (рис. 7) был разработан совместно с НАТИ. Работал на монооксиде углерода СО (угарном газе), вырабатываемом установленным на тракторе газогенератором из твердого топлива – древесных чурок, торфобрикетов. Газогенератор и фильтры очистки газа располагались вертикально за кабиной, охладитель газа – перед радиатором; сверху на кабине монтировался короб-контейнер для запаса твердого топлива.

Рис. 7. Газогенераторный трактор ГБ-58. Рядом с трактором стоят работники ОГК СТЗ (слева направо): А.И. Просихин, главный конструктор А.Я. Мерилов, Н.П. Харченко

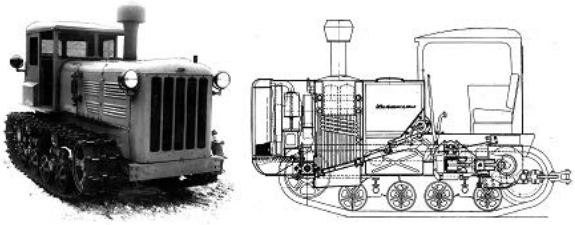
Выпускался на СТЗ с 1952 г. Применялся в отдаленных районах, куда подвоз дизельного топлива был затруднен. Велись работы и над вариантом газогенераторного трактора ГТ-58, работавшем на древесном угле. На СТЗ велись также работы над крутосклонным трактором ДТ-57 (рис. 8), предназначавшимся для работы челночным способом на горных склонах. Но на конвейере закладываемые в эту машину идеи воплотились позже, уже на тракторе ДТ-75К последующего семейства.

Рис. 8. Крутосклонный трактор ДТ-57, опытный образец

А на ХТЗ совместно с ВИЭСХ на базе ДТ-54 разработали электротрактор ХТЗ-12 (рис. 9), тяговый электродвигатель которого мощностью 42 кВт (57 л.с.) питался от полевой высоковольтной сети по кабелю; 750-метровый запас кабеля наматывался-сматывался на находящийся на тракторе барабан. ХТЗ-12 был выпущен партией в 32 машины.

Рис. 9. Электротрактор ХТЗ-12 с сконструированным для него 5-корпусным оборотным плугом и передвижной питающей трансформаторной подстанцией

Также на базе ДТ-54 в НАТИ был разработан паровой трактор ПТ-54 (рис. 10). Применение паровой машины с поперечным расположением коленчатого вала позволило отказаться от сцепления, коробки передач и главной передачи. Работал трактор на каменном угле, 400 кг запаса которого в бункере хватало на 3,5 часа работы на полной мощности. Больший на треть по сравнению с дизельным ДТ-54 запас крутящего момента обеспечивал ПТ-54 более высокие тяговые качества.



а *б*

Рис. 10. Паровой трактор ПТ-54, опытный образец: а – фото 1951 г.; б – продольный разрез

Доведенный в короткие сроки конструктивно и технологически, ДТ-54 (ДТ-54А) был необычайно популярен, полюбился трактористам. Экономичный и неприхотливый, простой в управлении, обслуживании и ремонте, один из самых мощных, безотказных и долговечных по меркам того времени, он заслужил ласковое прозвище «Дэтэшка» или уважительное «Дизель» (к поставленным даже раньше на производство дизельным тракторам С-65, КД-35 и С-80 так не обращались). Сказывались и заложенные в его дизель потенции: запас его крутящего момента составлял 25-30%, фактически с заводских конвейеров сходили ДТ-54, ДТ-54А мощностью 59-60 л.с.

Для потребителей важным было и то, что три завода выпускали одну модель; это облегчало снабжение расходными материалами и запасными частями, ремонт, эксплуатацию, подготовку механизаторов.

Яркой страницей в биографии ДТ-54 стал подъем в 1950-е годы целины. Именно этому трактору, да еще челябинскому С-80, досталась основная тяжесть ввода в сельскохозяйственный оборот более 40 млн. га новых целинных и залежных земель. За вклад в целинную эпопею большие группы работников СТЗ, АТЗ и ХТЗ, в т.ч. конструкторов, были заслуженно награждены медалью «За освоение целинных земель». Без преувеличения можно сказать, что это награда и их детищу –трактору ДТ-54. А по воспоминаниям тракторостроителей АТЗ этот трактор называли еще «Целинник №1».

И, пожалуй, ни одному трактору нет такого числа памятников по России и странам СНГ, как полюбившемуся «Дэтэшке». Одним из них является и трактор ДТ-54А, стоящий среди своих собратьев на внутризаводской площади ВгТЗ рядом с открытым в 2005г., в 75-летний юбилей завода, памятником тракторостроителям всех поколений (рис. 11).

Рис. 11. Экспозиция выпускавшихся СТЗ/ВгТЗ тракторов на внутризаводской площади у памятника тракторостроителям всех поколений. Справа налево: СТЗ-1,СТЗ-НАТИ, ДТ-54А, ДТ-75М, ДТ-75Д, ДТ-175М «Волгарь», ВТ-100Д. т Фото 2010 г.

ДТ-54А выпускался на ХТЗ до 1961г., на ВгТЗ до 1963г., на АТЗ до 1979 г. (в Рубцовск же было перенесено в 1963 г. из Волгограда и производство болотоходного ДТ-55А) и был самым массовым и самым мощным сельхозтрактором в стране.

Известность ДТ-54 (ДТ-54А) была международной. Он экспортировался во многие страны. В 1958 году ДТ-54А на международной выставке в Брюсселе был удостоен высшей награды - «Гран При». А в Китае, в г. Лоян, при содействии специалистов СССР в 1959 г. был введен в строй первый в КНР тракторный завод, который долгое время выпускал этот трактор под

маркой «Дунфан Хун-54» («Алеет Восток»). Трактор ДТ-54 производился также в Венгрии под маркой «Дутра» DT-413 (с дизелем собственного производства мощностью 60 л.с.), Югославии под маркой BNT-60 и Албании под маркой Т-1.

Черты ДТ-54 до сих пор угадываются в гусеничных тракторах ВгТЗ, ХТЗ, в китайских YTO.

Выводы. За счет удачной, передовой для своего времени конструкции и постоянной модернизации, тракторы типа ДТ-54 были самым распространенными гусеничными тракторами в нашей стране, сыграли оогромную роль в механизации сельскохозяйственных и других работ. Всего СТЗ (ВгТЗ), ХТЗ и АТЗ за 1949-1979 годы выпустили около 957900 тракторов этого семейства.

Создание и производство тракторов семейства ДТ-54 является ярчайшим достижением советской инженерной школы в мировом тракторостроении.

Библиографический список

1. Гайворонский А.Г., Гасман И.И., Горожанкин В.И. и др. Руководство по трактору ДТ-54. Под ред. В.А. Каргополова. - М.: Сельхозгиз, 1953. 308 с.

2. Долматовский Ю.А., Трепененков И.И., Леоничева С.К. Тракторы и автомобили. Краткий справочник. Изд. второе, исправл. и дополн. М.: Сельхозгиз, 1957. 257 с.

3. Каргополов В.А., Дронг И.И., Яровинский Л.М. Трактор СТЗ-НАТИ 1ТА (сельскохозяйственный). Описание конструкции, управление, уход и каталог запасных частей. Под ред. В.Г. Станкевича. М.: Сельхозгиз, 1938. 480 с.

4. Трепененков И.И. Эксплуатационные показатели сельскохозяйственных тракторов. Изд. второе, исправл. и дополн. М.: Машгиз, 1963. 272 с.

5. Первенец отечественного тракторостроения. История Волгоградского двух орденов Ленина, орденов Отечественной Войны I степени и Трудового Красного Знамени тракторного завода имени Ф.Э.Дзержинского. - Волгоград: Нижне-Волжское книжное издательство, 1980. 368 с.

6. Долматовский Ю.А., Трепененков И.И., Леонич ева С.К. Тракторы и автомобили. Краткий справочник. Изд. четвертое, исправл. и дополн. М.: Колос, 1966. 383 с.

7. Галкин С.Н., Бычков В.П., Косенко В.В. и др. Волгоградский тракторный: вчера, сегодня, завтра // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2005, № 6. С 4-6.

References:

1. Gayvoronskiy A.G., Gasman I.I., Gorozhankin V.I. et al. Rukovodstvo po traktoru DT-54 [Guide to tractor DT-54]. Ed. by V.A. Kargopolov. – Moscow: Sel'khozgiz, 1953. 308.

2. Dolmatovskiy Yu.A., Trepenenkov I.I., Leonicheva S.K. Traktory i avtomobili. Kratkiy spravochnik [Tractors and cars. Quick reference]. Second ed., revised and expanded. Moscow: Sel'khozgiz, 1957. 257.

3. Kargopolov V.A., Drong I.I., Yarovinskiy L.M. Traktor STZ-NATI 1TA (sel'skokhozyaystvennyy). Opisaniye konstruktsii, upravleniye, ukhod i katalog zapasnykh chastey [Agricultural tractor STZ-NATI 1TA. Design description, management, maintenance and spare parts catalogue]. Pod red. V.G. Stankevicha. Moscow: Sel'khozgiz, 1938. 480.

4. Trepenenkov I.I. Ekspluatatsionnyye pokazateli sel'skokhozyaystvennykh traktorov [Performance indicators of agricultural tractors]. Second edition, revised and extended. Moscow: Mashgiz, 1963. 272.

5. Pervenets otechestvennogo traktorostroyeniya. Istoriya Volgogradskogo dvukh ordenov Lenina, ordenov Otechestvennoy Voyny I stepeni i Trudovogo Krasnogo Znameni traktornogo zavoda imeni F.E.Dzerzhinskogo [The firstborn of the domestic tractor. The history of the Volgograd two orders of Lenin, the order of the Patriotic War I degree and the Red banner of labor tractor plant named after F. E. Dzerzhinsky]. - Volgograd: Nizhne-Volzhskoye knizhnoye izdatel'stvo, 1980. 368.

6. Dolmatovskiy Yu.A., Trepenenkov I.I., Leonicheva S.K. Traktory i avtomobili. Kratkiy spravochnik [Tractors and cars. Quick reference]. Fourth edition, reviewed and extended. Moscow: Kolos, 1966. 383.

7. Galkin S.N., Bychkov V.P., Kosenko V.V. et al. Volgogradskiy traktornyy: vchera, segodnya, zavtra [Volgograd tractor factory: yesterday, today, tomorrow] // Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny. 2005, N 6. 4-6.