ТРУДЫ ГОСНИТИ

Том 126 2017

Теоретическое и научно-практическое издание «Труды ГОСНИТИ» основано в 1963 году. Учредитель и издатель – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский технологический институт ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка» (ФГБНУ ГОСНИТИ). Труды зарегистрированы в федеральной службе по надзору и сфере массовых коммуникаций, связи и охраны культурных наследий. Свидетельство ПИ № ФС77-31128 от 21 февраля 2008 года.

Редакционный совет:

Черноиванов В.И. – академик РАН, д.т.н., профессор – председатель редакционного совета.
Соловьев С.А. – д.т.н., профессор – заместитель председателя, руководитель научного направления ФГБНУ ФНАЦ ВИМ.
Соловьев Р.Ю. – к.т.н., заместитель председателя, зав. отделом ФГБНУ ФНАЦ ВИМ.
Лялякин В.П. – д.т.н., профессор – заместитель председателя, ведущий научный сотрудник ФГБНУ ФНАЦ ВИМ.
Иванов В.П. – д.т.н., профессор Полоцкого государственного университета Республики Беларусь, член совета.
Юдин В.М. – д.т.н., профессор – зав. кафедрой «Надежность и ремонт машин им. И.С. Левицкого» Российского государственного аграрного заочного университета, г. Балашиха, член совета.
Шарифуллин С.Н. – д.т.н., профессор филиала Казанского федерального университета, член совета.
Кешуов С.А. – д.т.н., профессор, Казахский НИИМЭСХ Республики Казахстан, член совета.
Буксман В.Э., к.т.н., региональный менеджер по СНГ Amazonen-Werbe, Германия, член совета.

Адрес редакции:
109428, г.Москва, 1-й Институтский пр., д.1 Тел.(495)371-21-44
Тел/факс +7(495)371-01-25
www.gosniti.ru, e-mail: valpal-1938@mail.u

Свидетельство о регистрации:
ПИ №ФС77-31128 от 21.02.2008 г.

Выходит 4 раза в год.
Подписано в печать 06.03.2017 г.
Формат 60x84/8. Объем 36 п.л.
Тираж 100 экз., заказ 939.
Отпечатано в типографии ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

ISSN-0131-9299

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

«Труды ГОСНИТИ» включены в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) и систему цитирования «AGRIS» для публикации результатов исследований по докторским и кандидатским диссертациям.

Полный перечень статей размещен на сайте научной библиотеки elibrary.ru

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ. РЕМОНТ 7

Бугаев А.М., Игнаткин И.Ю.
Метод повышения ресурса оборудования гидравлических систем 8

Ерохин М.Н., Пастухов А.Г., Тимашов Е.П.
Оценка износа крестовин шарниров типа CR115, применяемых в тракторах JOHN DEERE 14

Голубев И.Г., Руденко И.И.
Влияние биодобавок в смесевое топливо на работоспособность форсунок дизелей . . . 22

Сазонов С.Н., Ерохин Г.Н., Сазонова Д.Д.
Особенности использования техники в фермерских хозяйствах 26

Аксенов А.З., Фатькин В.А.
Совершенствование методики унификации изделий сельхозмашиностроения на основе системного подхода 32

Савельев Г.С., Кочетков М.Н., Овчинников Е.В., Уютов С.Ю.
Технико-экономические аспекты применения различных видов газомоторного топлива в сельском хозяйстве. 38

Юдин В. М., Горкунов В.Н., Юдин М.В.
Исследование скорости потоков моющего раствора в контейнере с очищаемыми изделиями при погружной очистке 44

Гвоздев А.А.
Совершенствование стендовой обкатки гидронасосов серии НШ 48

Пархоменко С.Г., Пархоменко Г.Г.
Метод структурного моделирования систем автоматического регулирования эксплуатационных режимов работы почвообрабатывающих агрегатов 55

© ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, 2017

Маринченко Т.Е., Кузьмин В.Н.
Наука в агропромышленном комплексе России. 62

Габитов И.И., Козеев А.А., Балтиков Д.Ф.
Анализ работы энергетического комплекса с газогенераторной установкой обращенного процесса в летней молочно-товарной ферме 71

Быков В. В., Голубев М.И., Глебов И.В.
Повышение прочности бумаги для хранения запасных частей 79

Костомахин М.Н.
Инновационный способ управления надежностью сельскохозяйственных машин и тракторов 83

Славкин В.И., Махмутов М.М., Горюнов С.В., Апатенко А.С.
Снижение уплотняющего воздействия агрегатов на почву 87

Иванов В.П.
Обоснование технических решений при подготовке ремонтного производства 93

Федоров А.Г., Криков А.М.
Эффективность применения системы информационного обеспечения при техническом обслуживании грузовых автомобилей семейства КАМАЗ. 97

ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РЕЦИКЛИНГА МАШИН 101

Герасимов В.С.
Обоснование целесообразности создания системы утилизации сельскохозяйственной техники «СЕЛЬХОЗРЕЦИКЛИНГ» 102

Федотов А. В., Григорьев В. С., Свитцов А.А., Мазалов Д.Ю.
Энергоэффективные гидротермальные технологии утилизации органосодержащих отходов АПК 111

Дронченко В.А.
Использование отходов ремонтного производства в качестве технологических материалов. 117

Игнатов В.И.
Экономическое обеспечение отраслевой системы утилизации отходов от выведенной из эксплуатации сельскохозяйственной техники. 121

ВОССТАНОВЛЕНИЕ И УПРОЧНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ. 127

Слинко Д.Б., В.А.Павлов, А.В.Ерёмин
Восстановительная наплавка балансиров гусеничной техники. 128

Агеев Е.В., Хорьякова Н.М.
Повышение срока службы поршневых колец ДВС медными электроэрозионными порошками 137

Иванов Н.Ю.
Влияние режимов газоэлектрической наплавки в пропан-бутане на форму наплавленного покрытия. 143

Коломейченко А.В. Кузнецов И.С.
Теоретическая оценка массопереноса электродного материала
при низковольтной электроискровой обработке 149

Сайфуллин Р.Н., Фаюршин А.Ф., Наталенко В.С., Хакимов Р.Р.
Напряжения в покрытиях, полученных газопламенной наплавкой
и электроконтактной приваркой 159

Жачкин С. Ю., Пеньков Н. А., Сидоркин О. А., Нелысов С.В.
Влияние дисперсной фазы наполнителя на свойства композитного
хромового покрытия 168

Соломашкин А. А.
Методы контроля новых и изношенных деталей. 175

Толкачёв А.А., Денисов В.И., Матюшкин Б.А.
Применение электродуговой металлизации для восстановления гильз
цилиндров дизельных двигателей сельскохозяйственной техники 179

Цапу В.И., Горобец В.Ф.
Износостойкость сопряжений с зазором восстановленных
полиамидоэпоксидными пористыми покрытиями 183

Новиков А.А., Михальченкова М.А., Рыжик В.Н
Влияние наплавки заглубляющей части восстановленных лемехов
на их работоспособность 189

Ли Р.И., Колесников А.А.
Повышение эффективности восстановления корпусных деталей
автотракторной техники полимерными композиционными
материалами после ультразвуковой обработки 193

Кравченко И.Н., Пузряков А.Ф., Катаев Ю.В., Чеха Т.А.
Управление формой поршневых колец ДВС при плазменном напылении 198

Ториков В.Е., Старовойтов С.И.
О работе вырезных дисков с трансформированной внешней
режущей кромкой 204

CONTENTS

MAINTENANCE. REPAIR 7

Bugaev A., Ignatkin I.
Method of increasing the service life of hydraulic systems equipment 8

Erokhin M.N., Pastukhov A.G., Timashov E.P.
Evaluation of cross-piece hinges type CR115, used in JOHN DEERE tractors. 14

Golubev I.G., Rudenko I.I.
The effect of dietary supplements in mixed fuel on the performance
of injectors of diesel engines. 22

Sazonov S.N., Erokhin G.N., Sazonova D.D.
Specifics of using machinery in farm enterprises 26

Aksenov A.Z., Fatkin V.A.
Improved methods of standardization of agricultural products
on the basis of system approach 32

Savel'ev G.S., Kochetkov M.N., Ovchinnikov E.V., Uytov S.Y.
Techno-economic aspects of the application of various kinds
of fuel gas in agriculture 38

Yudin V.M., Gorkunov V.N., Yudin M.V.
Research of washing solution flow velocity in the container
with cleaning parts at immersion cleaning 44

Gvozdev A.A.
Improving bench testing hydraulic pumps NSH series 48

Parkhomenko S.G., Parkhomenko G.G.
Method of structural modeling of automatic control systems
of operational modes of tillage units. 55

Marinchenko T.E., Kuzmin V.N.
Science in the agro-industrial complex of Russia. 62

Gabitov I.I., Kozeev A.A., Baltikov D.F.
The analysis of work of a power complex with gas-generating installation
of the turned process in a summer dairy and commodity farm. 71

Bykov V.V., Golubev M.I., Glebov V.I.
Increasing the strength of paper for the storage of spare parts 79
Kostomakhin M.N.
Innovative method of management of reliability of farm vehicles and tractors 83

Slavkin V.I., Makhmutov M.M., Goryunov S.V., Apatenko A.S.
The reduction of the condensing impact aggregates on the soil 87

Ivanov V.P.
Justification of technical solutions in the preparation repair production 93

Fedorov A.G., Krikov A.M.
The effectiveness of information management system for the maintenance
of KAMAZ trucks 97

TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT FOR THE RECYCLING OF CARS . . 101
Gerasimov V.S.
Ubstantiation of expediency of creation of system of recycling
of agricultural machinery «selfhosting» 102

Fedotov A.V., Grigoriev V.S., Svitcov A.A., Mazalov D.Y.
Energy-efficient technology hydrothermal recycling of organic waste agribusiness . . 111

Dronchenko V.
Justification of technical solutions in the preparation repair production 117

Ignatov V.I.
Economic support sectoral system of recycling waste from decommissioned
farm equipment 121

RESTORATION AND HARDENING OF DETAILS 127
Slinko D.B., Pavlov V.A., Eryomin A.V.
Restorative surfacing of track-type vehicle balance beams 128

Ageev E. V., Horakova N. M.
Increasing the service life of piston rings of internal combustion engines copper
electroerosion powders 137

Ivanov N.U.
Influence of gas-shielded welding in propane-butane in the form
of deposited coating 143

Kolomeichenko A.V., Kuznetsov I.S.
Theoretical Estimate of the Transfer of Mass of the Electrode Material under Low-
voltage Electrospark Deposition 149

Saifullin R.N., Fayurshin A.F., Natalenko V.S., Khakimov R.R.
Residual stresses in the coating the resulting flame surfacing
and electrocontact welding 159

Zhachkin S.Yu., Penkov N.A., Sidorkin O.A., Nelysov S.V.
Influence of the disperse phase of the filler on the properties
of the composite chromium plating 168

Solomashkin A. A.
Methods of control of new and worn parts 175

Tolkachev A.A., Denisov V.I., Matyushkin B.A.
Application for restoration arc spraying the cylinder liner diesel engines
of agricultural machinery 179

Tapu V.I., Gorobet V.F.
Wear and tear resistance of coupling fits with clearance restored
by porous epoxy polyamide coatings 183

Novikov A.A., Mihalchenkova M.A., Ryzhik V.N.
Influence of surfacing of recessed part of the recovery plowshares
their performance 189

Lee R.I., Kolesnikov A.A.
Improving the efficiency of recovery body parts of automotive vehicles polymer
composite materials after ultrasonic treatment 193

Kravchenko I.N., Puzryakov A.F., Kataev Yu, Ph.D., Cech T.A.
Control of the shape of piston rings ice вy plasma spraying 198

Torikov V. E., Starovoytov S. I.
About work of cutting disks with the transformed outer cutting edge 204

Требования к оформлению материалов для публикации

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

Научная статья, должна иметь ограниченный объем: 7-10 страниц машинописного текста. Текст должен быть набран в текстовом редакторе **Microsoft Word 2003**. Шрифт – Times New Roman. Размер шрифта – 14. Межстрочный интервал – полуторный - 1,5. Выравнивание - по ширине. Ориентация книжная, без переносов, желательно, без постраничных сносок. Чтобы проставить абзацы в тексте, нажмите на клавишу «таб» на клавиатуре.

Рисунки и таблицы, располагающиеся по тексту статьи, должны быть также выполнены отдельно в формате jpeg, иметь единую нумерацию и прилагаться к электронному варианту статьи.

Каждый **РИСУНОК, ГРАФИК, ТАБЛИЦА** предоставляются **ОТДЕЛЬНЫМ ФАЙЛОМ** в формате **JPEG**, а также должны располагаться непосредственно в тексте.

Оформление статьи

1. В верхнем углу печатается **УДК**. Следующая строка пропускается.
2. П**о центру строчными буквами жирным шрифтом** печатается название статьи (выравнивание по центру!). Следующая строка пропускается.
3. Далее – **фамилия и инициалы** автора строчными буквами, (не жирными, не курсивом) должность, ученая степень, ученое звание. Под ними без пропуска строки – строчными буквами в круглых скобках – ПОЛНОЕ наименование организации, города, **контактные телефоны, E-mail** (выравнивание по правому краю).
4. Далее – **аннотация**.
5. Далее – **ключевые слова**.
6. **Структура статьи**:
   - цель исследования;
   - методика;
   - результаты и обсуждения;
   - выводы.
7. Литература.

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

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

Названия файла статьи должно содержать фамилию автора и первую фразу названия статьи *(образец: Иванов И.О. Особенности восстановления деталей…)*

Правила выполнения рисунков

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

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

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

Оргкомитет оставляет за собой право не включать в сборник присылаемые авторами материалы, оформленные не в соответствии с указанными требованиями.

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

Адрес для отправления материалов:

109428, г.Москва, 1-й Институтский проезд, дом 1, с отметкой «Труды ГОСНИТИ», на имя научного консультанта Лялякина Валентина Павловича.

E-mail: valpal-1938@mail.ru

Телефоны для справок: 8(495) 371-21-44; 8(499) 174-81-60 (т/ф); 8(495) 371-01-25 (т/ф)

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ. РЕМОНТ

УДК 621.89.099

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА ОБОРУДОВАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Бугаев А. М., к.т.н., доцент кафедры материаловедения и технологии машиностроения, (РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва 8(925)617-21-79, a.m.bugaev@yandex.ru)
Игнаткин И. Ю., доцент кафедры МТ-13, к.т.н., (МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва 8(967)140-78-47 ignatkinivan@gmail.com)

METHOD OF INCREASING THE SERVICE LIFE OF HYDRAULIC SYSTEMS EQUIPMENT

Bugaev A., assistant professor of materials science and engineering technology, Ph.D. a.m.bugaev@yandex.ru
Ignatkin I., assistant professor of MT-13, Ph.D. ignatkinivan@gmail.com

Ключевые слова: *гидравлическая жидкость, гидросистема, износ, металлоплакирующая присадка, рапсовое масло, ресурс, трение.*

Keywords*: hydraulic fluid, hydraulics wear, metalplacking additive, rapeseed oil, resource, friction.*

Реферат*. В работе приведены исследования триботехнических характеристик гидравлической жидкости на основе рапсового масла и металлоплакирующей присадок, применяемых в гидравлических системах.*

Показано, что гидравлические системы широко применяются в сельскохозяйственных машинах. Срок службы гидромеханической системы значительно зависит от технического состояния наиболее сложных и ответственных составных частей — насоса, распределителя, гидроцилиндров. Так, ресурс гидрараспределителей в условиях эксплуатации не достигает 2000 моточасов при нормативе — 6000 – 8000 моточасов, ресурс шестеренных насосов соответствует 45…50 % от ресурса номинального. Отмечается, что надежность работы гидравлических систем во многом определяется характеристиками и состоянием рабочей жидкости, которая защищает детали от коррозии и выносят продукты износа. Для исследования триботехнических характеристик были изготовлены образцы, имитирующие: ресурсоопределяющее сопряжение шестеренного насоса, торец шестерни - торец платика, которые подвергались изнашиванию на универсальной машине трения МТУ-01, при взаимном перемещении прижатых друг к другу с заданным усилием образцов в среде смазочных материалов. Проводилась сравнительная оценка трех рабочих жидкостей: масла М-10-В2, рапсового масла и рабочей жидкости на основе рапсового масла. По результатам исследований получены следующие выводы: применение рабочей жидкости на основе рапсового масла и металлоплакирующей присадки позволило получить двукратное снижения коэффициента трения по

сравнению с использованием масла М-10-В2 и снижению скорости изнашивания на 13-20%.

***Abstract**. This work presents a study of the tribological characteristics of a hydraulic fluid based on rapeseed oil and metalplacking additives used in hydraulic systems.*

It is shown that hydraulic systems are widely used in agricultural machinery. The service time of a hydraulic system significantly depends on the technological condition of the most complicated and. responsible parts – the pump, the spreader and the hydraulic cylinders. So, the service time of hydrospreaders in the conditions of constant exploitation does not exceed 2000 wh while the normative is about 6000-8000 wh, the working time of gear pumps is approximately 45-50% of the nominal. It is mentioned that the reliability of hydraulic systems is greatly defined by the characteristics and conditions of the working liquid, which protects the details from corrosion and removes the depreciation waste. To study the tribological characteristics, samples were produced that imitate: service time defining connection of gear pump, gear end – the end of which had been artificially worn out on a universal friction machine MTU-01 by the mutual moving of pressed against each other samples with the specified torque in the medium of lubricants. The comparative analysis of three working liquids was further completed; oil M-10-B2, rapeseed oil and another working liquid on the base of rapeseed oil. The results of the experiment can be summarised in the following way: the usage of the working liquid on the base of rapeseed oil combined with metalplacking additive managed to bring the friction coefficient 2 times lower than with the use of M-10-B2 oil and to reduce the speed of wearing off by 13-20%.

Введение. Гидравлические системы широко применяются в самых различных отраслях сельского хозяйства. Они нашли широкое распространение в оборудовании перерабатывающих производств и мелиоративных работ, но самое широкое распространение гидропривод получил в машинах для обработки почвы, возделывания и уборки урожая. В настоящее время гидросистемы используются во всех моделях тракторов, а также на многих сельскохозяйственных машинах. Все шире, помимо основной своей функции — перевода машин и их рабочих органов в транспортное или рабочее положение, они используются как регуляторы глубины пахоты, усилители рулевых механизмов, в системах пространственной ориентации, регулирования режимов работы, а также привода активных рабочих органов и др.

Гидросистема сельскохозяйственных машин представляет собой сложную гидромеханическую систему, имеющую высокую функциональную значимость для обеспечения работоспособности машины в целом.

Долговечность гидропривода транспортно-технологических машин обуславливается сроком службы его агрегатов. В эксплуатационных условиях срок службы гидропривода значительно зависит от технического состояния наиболее сложных и ответственных составных частей — насоса, распределителя, гидроцилиндров.

Даже с учетом постоянного совершенствования конструкций гидропривода транспортно-технологических машин, его надежность на сегодняшний день остается достаточно низкой. Так, ресурс гидравлических распределителей в условиях эксплуатации в некоторых случаях не достигает 2000 моточасов, в то время как нормативный — 6000…8000 моточасов, ресурс

шестеренных насосов соответствует 45…50 % от номинального. [1, 2]

Работа гидравлических систем сельскохозяйственных машин во многом зависит от качества рабочей жидкости.

В процессе работы гидросистемы из-за изнашивания ее деталей и нарушения герметичности уплотнений изменяются параметры, характеризующие работу насоса, распределителя, гидроцилиндров.

Эффективность и надежность работы гидравлических систем во многом определяется характеристиками и состоянием рабочей жидкости, являющейся ее необходимым элементом. Рабочие жидкости в гидроприводе передают энергию, выполняют смазывающие и охлаждающие функции, защищают детали от коррозии и выносят из гидроагрегатов продукты износа.

Большинство массовых сортов гидравлических масел вырабатывают на основе хорошо очищенных базовых компонентов, получаемых из рядовых нефтяных фракций с использованием современных технологических процессов экстракционной и гидрокаталитической очистки. В то же время ряд низкозастывающих маловязких гидравлических масел получают глубокой сернокислотной очисткой (деароматизацией) легких фракций уникальных малопарафиновых нефтей нафтенового основания.

Ярко наметившаяся в современном мире тенденция к истощению запасов нефти вынуждает мировое сообщество направить усилия на поиск альтернативы ей как топлива, так и основы великого разнообразия смазок и масел, применяемых в современной технике. Всё более популярными в этом качестве становятся растительные масла, т.к. это экологически чистое сырьё, совершенно не привязанное к нефти [3]. Наиболее перспективным из растительных масел на сегодняшний момент считается рапсовое масло, т.к. оно обладает сходными с нефтяными маслами трибологическими и физико-химическими свойствами [4].

Физико-химические и эксплуатационные свойства современных гидравлических масел улучшаются при введении в них функциональных присадок - антиокислительных, антикоррозионных, противоизносных, противозадирных, противопенных и др.

В свете вышеуказанных мировых тенденций была проведена научная работа, направленная на исследование возможности использования рапсового масла в качестве основы гидравлической жидкости с пакетом присадок, необходимых для сохранения эксплуатационных свойств в течение всего срока службы гидравлической жидкости.

Материалы и методы. Для исследования триботехнических характеристик разрабатываемой рабочей жидкости были изготовлены образцы, имитирующие ресурсоопределяющее сопряжение шестеренного насоса торец шестерни - торец платика. Для проведения указанных исследований применялась машина трения универсальная МТУ-01, предназначенная для испытаний на трение и изнашивание металлических и неметаллических материалов в условиях применения различных смазочных материалов. Метод испытаний основан на взаимном перемещении прижатых друг к другу с заданным усилием образцов в среде смазочных материалов.

Для чистоты эксперимента проводилась сравнительная оценка трех рабочих жидкостей: масла М-10-В2, рапсового масла и рабочей жидкости на основе рапсового масла.

Результаты. Результаты исследований трибологических и физико-химических свойств рабочей жидкости на основе рапсового масла с маслорастворимой многофункциональной металлоплакирующей присадкой свидетельствуют о том, что характер изменения коэффициентов трения во времени различен. На чистом рапсовом масле коэффициент трения за время испытания увеличился (кривая 2 рис.1). Данный характер кривой можно объяснить окислением масла в процессе работы, что вызывает повышение коэффициента трения во время испытаний.

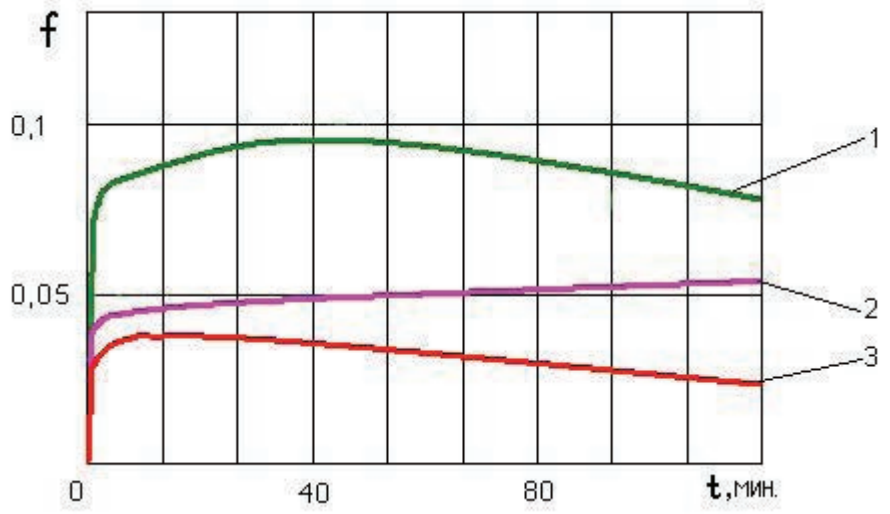


Рисунок 1. Зависимость коэффициента трения от времени испытаний рабочих жидкостей (пара трения «шестерня – торец платика»):
1- минеральное масло; 2 - рапсовое масло; 3 – рабочая жидкость на основе рапсового масла.

При использовании рабочей жидкости на основе рапсового масла характер изменения коэффициента трения несколько отличен от предыдущих жидкостей. Значение коэффициента трения в процессе испытания постоянно снижается (кривая 3 рис.1), что, вероятно, вызвано образованием сервовитной пленки на контактирующих деталях, так как полученная зависимость соответствует зависимости коэффициента трения от времени при избирательном переносе.

В ходе исследований были определены основные физико-химические свойства разрабатываемой рабочей жидкости. Определение указанных свойств осуществлялось по стандартным методикам, результаты в сравнении со стандартным минеральным маслом приведены в таблице 1.

Результаты экспериментов показывают, что рабочая жидкость на основе рапсового масла по сравнению с маслом М-10-$В_2$ имеет лучшие вязкостно-температурные и низкотемпературные свойства; более высокую температуру вспышки. Коррозионность рабочей жидкости на основе рапсового масла на пластинках из свинца в 2,3 раза выше, чем минерального масла, но находится в пределах, установленных ГОСТом на данное минеральное масло [5].

Таблица 1.
Основные физико-химические свойства исследуемых жидкостей

Показатель \ Масло	Минеральное масло	Рабочая жидкость на основе рапсового масла
Коррозионность на пластинах из свинца, г/м2	2,9	6,7
Вязкость кинематическая, мм^2/с: 100°С 40°С 0ºС	 11 43 1200	 8,091 35,06 218,1
Индекс вязкости:	85	162
Температура вспышки, ºС	205	210
Температура застывания, ºС	-15	-24
Плотность при 20 ºС, кг/м^3	0,905	0,919

Были проведены стендовые испытания рабочей жидкости на основе рапсового масла, которые позволили определить её влияние на изнашивание деталей гидронасоса НШ – 32У в процессе длительной работы в течение 300 часов. В ходе испытаний агрегат работал нормально, выхода из строя и значительных утечек жидкости замечено не было. Изменения контролируемых размеров гидронасоса приведены в таблице 2. Данные измерения проводились при помощи оптиметра с точностью измерения 0,001 мм.

Таблица 2.
Изменение основных параметров гидронасоса НШ – 32У в процессе испытания

Показатели	Перед экспериментом	После эксперимента	Изменение показателя
Длина зуба шестерен, мм: ведущей ведомой	 22,033 22,034	 22,029 22,029	 0,004 0,005
Ширина платиков, мм: Нижний ведущей шестерни Верхний ведущей шестерни Нижний ведомой шестерни Верхний ведомой шестерни	 10,500 10,497 10,499 10,500	 10,490 10,487 10,488 10,490	 0,010 0,010 0,011 0,010

Как видно из представленных данных, среднее значение износов платиков составило 0,0103 мм при работе на рабочей жидкости на основе рапсового масла, что соответствует скорости изнашивания $3{,}42\times10^{-5}$ мм/ч. Для шестерней те же показатели составили 0,0045 мм; $1{,}5\times10^{-5}$ мм/ч соответственно. Полученные таким образом значения скоростей изнашивания сравнивались с предельными скоростями изнашивания для данного ресурсоопределяющего сопряжения, которые составляют 4,2×10-5 мм/ч. для платиков и $1{,}7\times10^{-5}$ мм/ч. для шестерней.

Сравнение показывает, что скорости изнашивания, полученные при работе с гидравлической жидкостью на основе рапсового масла в 1,13…1,2 раза меньше предельных скоростей изнашивания.

Выводы. Применение рабочей жидкости на основе рапсового масла и металлоплакирующей присадки позволило достигнуть более чем двукратного снижения коэффициента трения в сравнении с маслом М-10-В2, а так же отмечена тенденция снижения коэффициента терния процессе эксплуатации; скорость изнашивания при использовании исследуемого состава на 13-20% ниже предельно допустимых, коррозионность рабочей жидкости на основе рапсового масла находится в пределах, установленных ГОСТом на аналогичные минеральные масла.

Литература

1. Рылякин Е. Г. Влияние эксплуатационных факторов на изменение надежности гидроагрегатов мобильных машин [Текст] / Е. Г. Рылякин, А. В. Курылев // Молодой ученый. — 2014. — №4. — С. 247-249.

2. Величко, С. А. Восстановление и упрочнение электроискровой наплавкой изношенных отверстий чугунных корпусов гидрораспределителей: Автореф. дис.… канд. техн. наук / С. А. Величко С. А.. — Саранск, 2000. — 16 с.

3. Девянин С.Н., Марков В.А., Семенов В.Г. Д 259 Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей. – М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2008.

4. Ефимов В.В. Обеспечение эксплуатационной надежности гидросистем сельскохозяйственной техники при альтернативном использовании рапсового масла в качестве рабочей жидкости. Дис. кан. тех. наук – Самара, 2000.

5. ГОСТ 8581-78 Масла моторные для автотракторных дизелей. Технические условия.

Literature

1. Ryilyakin E. G. Vliyanie ekspluatatsionnyih faktorov na izmenenie nadezhnosti gidroagregatov mobilnyih mashin [Tekst] / E. G. Ryilyakin, A. V. Kuryilev // Molodoy uchenyiy. — 2014. — #4. — S. 247-249.

2. Velichko, S. A. Vosstanovlenie i uprochnenie elektroiskrovoy naplavkoy iznoshennyih otverstiy chugunnyih korpusov gidroraspredeliteley: Avtoref. dis.…kand. tehn. nauk / S. A. Velichko S. A.. — Saransk, 2000. — 16 s.

3. Devyanin S.N., Markov V.A., Semenov V.G. D 259 Rastitelnyie masla i topliva na ih osnove dlya dizelnyih dvigateley. – M.: FGOU VPO MGAU, 2008.

4. Efimov V.V. Obespechenie ekspluatatsionnoy nadezhnosti gidrosistem selskohozyaystvennoy tehniki pri alternativnom ispolzovanii rapsovogo masla v kachestve rabochey zhidkosti. Dis. kan. teh. nauk – Samara, 2000.

5. GOST 8581-78 Masla motornyie dlya avtotraktornyih dizeley. Tehnicheskie usloviya.

УДК 620.179.1:621.825.63

ОЦЕНКА ИЗНОСА КРЕСТОВИН ШАРНИРОВ ТИПА CR115, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ТРАКТОРАХ JOHN DEERE

Ерохин М.Н. д-р техн. наук, академик РАН,
профессор кафедры сопротивления материалов и деталей машин,
РГАУ- МСХА им. К.А. Тимирязева,
г. Москва, тел. +7-916-690-45-15, E-mail: Er.mihn@mail.ru
Пастухов А.Г. д-р техн. наук, профессор
зав. кафедрой технической механики и конструирования машин,
БГАУ им. В.Я. Горина, г. Белгород,
тел. +7-960-627-68-18, E-mail: pastukhov_ag@mail.ru
Тимашов Е.П. канд. техн. наук, доцент кафедры сервиса и туризма,
Белгородский университет кооперации, экономики и права,
тел. +7-905-670-13-97, E-mail: timachov@mail.ru

EVALUATION OF CROSS-PIECE HINGES TYPE CR115, USED IN JOHN DEERE TRACTORS

Erokhin M.N., professor department of strength of materials and machine parts, d-r tekhn. sciences, professor, academician of the RAS,
E-mail: Er.mihn@mail.ru
Pastukhov A.G., head the department of technical mechanics and construction of machines, d-r tekhn. sciences, professor,
E-mail: pastukhov_ag@mail.ru
Timashov E.P., associate professor department of service and tourism, PhD. tech. sciences, associate professor, Belgorod, E-mail: timachov@mail.ru

Ключевые слова: *оценка износа, зазор, карданный шарнир, техническое обслуживание, замена рабочих поверхностей.*

Keywords*: evaluation of wear, the gap, universal joint, maintenance, replacement work surfaces.*

Реферат*. В статье приведены результаты исследования износов шипов крестовин карданов, применяемых в тракторах John Deere 7030 и установления действительного технического состояния шарниров. Поставленная цель исследования достигалась решением следующих задач: определение вида износа шипов, установление предельного состояния детали, установление соответствие диагностического параметра в виде окружного зазора в шарнире с износом шипов, определения доли годных к дальнейшей эксплуатации и требующих технического обслуживания. Для реализации поставленных задач были сняты с эксплуатации с наработкой в 5000 часов карданные сопряжения и с использованием лабораторной установки проводилось измерение радиального зазора для каждого шарнира Метрическая оценка поверхностей шипов крестовин производилось в двух взаимно перпендикулярных плоскостях с трехкратной повторностью. Результаты измерений обрабатывались статистическими методами, которые позволили определить закон распределения Вейбулла и его параметры. Приведены*

параметры дифференциальной и интегральной функции теоретического закона распределения и построены графики этих зависимостей. На основание выполненных исследований сделаны следующие выводы: изменение окружного радиального зазора шарниров 0,274-0,475 мм соответствует диапазон износа шипов 3,0-10,3 мкм. Количество годных для дальнейшей эксплуатации шарниров составляет 63%, а нуждающихся в техническом обслуживания – 37%.

***Abstract**: The article demonstrates the results of a study of wearout of spikes from cardan cross-pieces used in John Deere 7030 tractors and the results of defining the real joint's condition. The study's goal was achieved by solving the following problems: definition of the type of spike's wearout, measuring the marginal condition of the detail, defining the trade-off of the diagnostic parameter in the view of a circular gap in the joint with the wearout pf the spikes, defining the share of spikes suitable for further exploitation and demanding technical maintenance.*

For realization of the set goals cardan joints with a weraout of more than 5000 wh were removed from exploitation and a laboratory installation was used to measure the radial circular gap for each joint. After that metric method of evaluation of surfaces of spikes was carried out in two mutually perpendicular planes three times for each sample units. The results of the measurements were processed using statistical methods by which Weibulls distribution law and its parameters were identified. The parameters of the probability density and cumulative distribution functions are shown and the graphs of dependencies are also presented. On the basis of the perfomed studies the following conclusions have been obtained: the change in the joint's radial gaps of 0,274-0,475 mm is related to a range of spike's wearout of about 3,0-10,3 mkm. The share of joints suitable for further exploitation is 63% and the share of joints demanding maintenance was therefore about 37%.

Постановка проблемы. Основным фактором технического обеспечения эффективного использования машинно-тракторного парка является работоспособное состояние машинно-тракторного парка и, прежде всего, энергетических средств - тракторов. В связи со снижением количественного и качественного состава тракторов отечественных и зарубежных марок вызывает беспокойство возможность соблюдения агротехнических сроков полевых работ и несоответствие техническим и технологическим требованиям к технике [1]. Кроме того, следует отметить, что технические данные по параметрам предельного состояния сборочных единиц по тракторам зарубежного производства отсутствуют, в результате чего текущий и капитальный ремонт их агрегатов осуществляется по указанию дилерских сервисных центров, при этом стоимостная оценка таких мероприятий существенно завышена и доступна только крупным аграрным предприятиям.

Следовательно, задача оценки безотказности и долговечности трансмиссий транспортных и технологических машин, обоснования периодичности их технического обслуживания, определения программы восстановления лимитирующих деталей и узлов при эксплуатации решается по оценке их действительного технического состояния, устанавливаемого по износу.

В трансмиссиях тракторов и сельскохозяйственных машин зарубежного производства применяются карданные шарниры неравных угловых скоро-

стей типа CR115 для передачи потока мощности к ходовой части или рабочим органам. Особенностью конструкции такого типа шарниров является то, что игольчатые подшипники выполнены в виде проушин вилок и посредством болтов устанавливаются на фланцы, при этом долговечность таких шарниров определяется известным комплексом конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов [2, 3]. Характерным проявлением отказа карданных шарниров являются усталостное выкрашивание, ложное бринеллирование и абразивный износ рабочих поверхностей шипов, дорожек качения в проушинах и игольчатых роликов [2, 3]. Усталостное выкрашивание поверхностей соответствует режиму качания в шарнирах с большим углом излома (более 10°), бринеллирование проявляется при угле излома шарниров около 3°, а абразивный износ обуславливается нарушением герметизации вследствие износа рабочих кромок уплотнений.

Ранее нами были проведены исследования по изучению проявлений отказа и износа основных деталей карданных шарниров конструкции отечественного производителя на примере узлов IV типоразмера (КШ 400). Статистическая обработка результатов показала, что все исследуемые параметры (износ шипов, роликов и стаканов) подчиняются теоретическому закону распределения Вейбулла, а их интегральные функции сопоставимы [4]. Таким образом, любой из исследуемых параметров (износы цилиндрических поверхностей шипов крестовин, торцевых поверхностей шипов крестовин, игольчатых подшипников в сборе и игольчатых роликов) отражает статистические характеристики узла в целом, и, с целью снижения затрат может быть реализован самостоятельно. Наименее трудоемким в анализе износов является метрическая оценка цилиндрических поверхностей шипов крестовин.

Цель исследования – установление действительного технического состояния шарниров типа CR115, применяемых в тракторах John Deere 7030 для привода гидромодуля коробки передач, по оценке износа шипов крестовин.

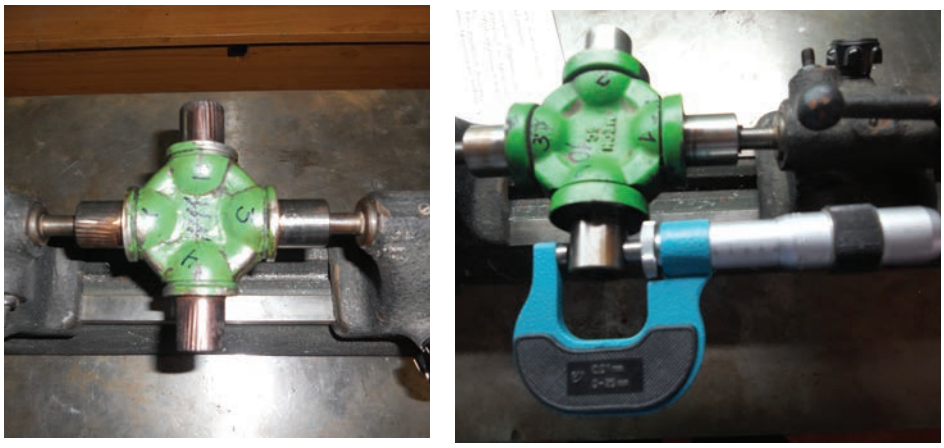
Для достижения поставленной цели следует решить задачи: 1) выполнить оценку и определить вид износа шипов крестовин; 2) определить характеристику предельного состояния детали по износу; 3) установить соответствие диагностического параметра в виде окружного зазора в шарнире с износом шипов; 4) определить доли годных к эксплуатации и требующих технического обслуживания крестовин, а равно шарниров.

Методика. Для реализации поставленных задач и достижения цели производились наблюдения величин окружного радиального зазора и износа цилиндрических поверхностей шипов крестовин карданных шарниров RE52347 тракторов John Deere 7030, снятых с эксплуатации по причине превышения наработки в 5000 часов по рекомендации сервисного центра дилера.

Для измерения окружного радиального зазора использовалось лабораторная установка и модернизированный динамометрический ключ [5]. Установка позволяет производить измерение окружного радиального зазора последовательно для каждого шарнира вала в зависимости от нагружающего крутящего момента на карданном валу.

Метрическая оценка цилиндрических поверхностей шипов крестовин осуществлялась на лабораторной установке, включающей поверочную пли-

ту, прибор для проверки изделий на биение (рис. 1, а) и микрометр (рис. 1, б). Измерение поверхности шипов крестовины производилось в двух взаимно перпендикулярных плоскостях – изношенной и неизношенной на уровне 5 мм от торца шипов, а разность измерений определяла величину износа. Для обеспечения точности измерения производились с трехкратной повторностью, а для формирования и статистического ряда использовались средние арифметические значения. Результаты измерений износа подвергались обработке статистическими методами в среде MS Excel: оценивались характеристики выборки, отсеивались нехарактерные данные статистического ряда, выявлялся теоретический закон распределения для установления значения предельного износа, рассчитывались оценки вероятностных характеристик генеральной совокупности.



а) вид отказа шипов *б) измерение шипов*

Рисунок 1 – Установка для метрической оценки крестовин

Задача определения значений предельного износа для деталей карданного шарнира решается на уровне использования руководящей документации – технических условий на капитальный ремонт. В отношении карданных шарниров техники зарубежного производства подобные технические регламенты отсутствуют, поэтому предельное значение износа целесообразно определять по среднему значению величины окружного радиального зазора в шарнирах, снятых с эксплуатации.

Результаты исследования и обсуждения. В результате произведенных измерений 17 крестовин, с учетом отбраковки явно поврежденных шипов, предварительная выборка составила 48 элементов. Оценка статистического ряда на наличие выпадающих точек по правилу трех сигм «$\bar{I}\pm3\sigma$» показала наличие 7 выпадающих точек информации с максимальными значениями износа. Скорректированная выборка содержит 41 элемент и имеет следующие статистические характеристики: среднее значение $\bar{I}$=2,57 мкм, стандартное отклонение σI=1,47 мкм, наименьшее значение $\bar{I}min$=0,33 мкм, наибольшее значение $\bar{I}max$=6,33 мкм. Проверка на наличие выпадающих точек по критерию Ирвина показала, что крайние точки выборки достоверны (таблица 1). Эмпирические статистические кривые представлены на рис. 2.

Таблица 1.
Характеристики статистического ряда износа

Интервал, мкм	Опытная частота	Вероятность	Частота, %	Накопленная опытная вероятность, %	Дифференциальная функция	Интегральная функция
0…0,33	1	0,0244	2,44	2,44	0,088	0,0157
0,33…1,24	5	0,122	12,2	14,6	0,236	0,171
1,24…2,14	13	0,317	31,7	46,3	0,272	0,408
2,14…3,05	11	0,268	26,8	73,2	0,227	0,638
3,05…3,95	3	0,0732	7,32	80,5	0,150	0,809
3,95…4,86	5	0,122	12,2	92,7	0,0822	0,913
4,86…5,76	1	0,0244	2,44	95,1	0,0379	0,966
5,76…6,67	2	0,0488	4,88	100	0,0149	0,988

Для данной выборки коэффициент вариации составляет ν=0,55, что указывает на принадлежность выборки к закону распределения Вейбулла.

Параметры закона распределения равны a=3,02 и b=1,88, тогда закон распределения Вейбулла уточняем к виду

$$F(I) = 0{,}623\left(\frac{I}{3{,}02}\right)^{0{,}88} e^{-\left(\frac{I}{3{,}02}\right)^{1{,}88}}, \qquad (1)$$

где e – основание натурального логарифма; I – текущий износ шипа крестовины.

По полученному выражению рассчитываем параметры дифференциальной и интегральной функции теоретического закона распределения: 1) доверительные границы рассеивания одиночных показателей при доверительной вероятности 0,90 будут равны: нижняя - 0,5, верхняя - 5,4 мкм; 2) доверительные границы рассеивания среднего значения износа при доверительной вероятности 0,90 составят: нижняя - 2,2, а верхняя - 3,0 мкм; 3) относительная ошибка переноса составляет: нижняя - 12,6. а верхняя - 16,8 %.

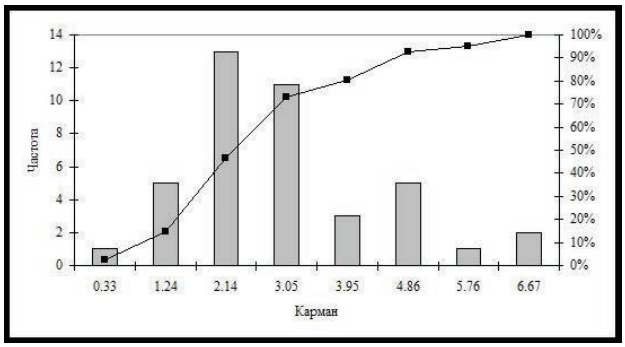


Рисунок 2 – Эмпирическое распределение износа I, мкм

Для определения допустимого износа построим график зависимости окружного радиального зазора в функции от износа соответствующих шипов крестовин (рис. 3). Аппроксимируем зависимость полиномной функцией 2-го порядка и получаем эмпирическое уравнение

$$I=0,177\cdot\Delta^2-0,096\cdot\Delta+0,016, \quad (2)$$

с величиной достоверности аппроксимации R^2=0,992.

Подставляем среднее значение предельного зазора карданного шарнира в эмпирическое уравнение (2) и получаем соответствующее ему предельное значение износа $I_{u\,min}$=0,003 мм.

Среднее значение окружного радиального зазора карданных шарниров снятых с эксплуатации составляет 0,274 мм, поэтому откладываем перпендикуляр от оси абсцисс до графика износа шипов карданных шарниров, затем от кривой износа откладываем перпендикуляр на ось ординат и получаем значение предельного износа шипов (рис. 3).

Среднее значение предельного зазора с учетом разброса составляет $\bar{I}\pm3\sigma$=0,274±0,201 мм, поэтому подставим в эмпирическое уравнение максимальное значение предельного зазора Δ_{max}=0,475 мм и получаем максимальное значение износа $I_{u\,max}$=10,3 мкм. Данные величины характеризуют степень качества изготовления крестовин и уровень их повреждаемости, что соотносится с данными по нагруженности карданных валов наблюдаемых тракторов. В связи с этим получаем, что интервалу износа шипа 3,0…10,3 мкм соответствует работоспособное состояние карданных шарниров, имеющих остаточный ресурс к которым может быть применен способ технического обслуживания. Кроме того, величина окружного радиального зазора показывает, что вклад износа рабочих поверхностей шипов незначительный, поэтому необходимо также провести микрометрические исследования износа игольчатых роликов, например, по массовой характеристике, и внутренних дорожек качения, расположенных в полостях проушин.

По оси абсцисс графика дифференциальной и интегральной функции распределения износа (рис. 4) откладываем значения предельного износа 3 мкм и восстанавливаем перпендикуляр до пересечения с интегральной кривой. Величина ординаты указывает долю карданных шарниров (63%) снятых с эксплуатации при достижении предельного износа, и, соответственно, нуждающихся в проведении технического обслуживания (37%).

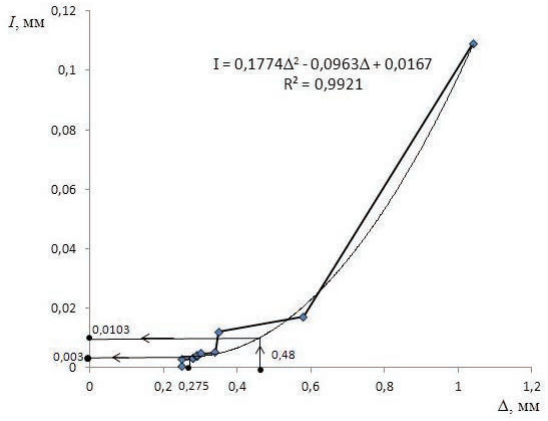


Рисунок 3 – Определение характеристики предельного состояния шипов крестовин по износу

На пересечении кривой вероятности отказов и кривой вероятности безотказной работы проецируя точку на ось абсцисс получаем износ 2,49 мкм, соответствующий среднему ресурсу карданных шарниров.

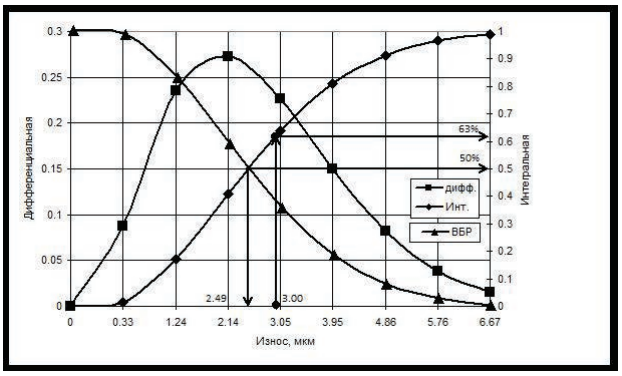


Рисунок 4 – Дифференциальная и интегральная функции теоретического закона распределения износа шипов крестовин

Выводы. Оценка износа шипов карданных крестовин шарниров тракторов John Deere 7030 показала, что массив данных описывается законом распределения Вейбулла, диапазону изменения окружного радиального зазора шарниров 0,274-0,475 мм соответствует диапазон износа шипов 3,0-10,3 мкм, при этом шарниры работоспособны и имеют значительный остаточный ресурс.

Анализ дифференциальной и интегральной функций распределения износа показал, что количество годных в эксплуатации шарниров составляет 63%, а нуждающихся в применении способа технического обслуживания – 37%.

В результате оценки износа крестовин шарниров снятых с эксплуатации установлено, что шарниры имеют остаточный ресурс, а, следовательно, подлежат технологическим воздействиям в виде технического обслуживания с целью пролонгирования их эксплуатации.

Литература

1. Федоренко, В.Ф. Повышение эффективности использования машинно-тракторного парка в современных условиях: науч. издание / В.Ф. Федоренко, А.А. Ежевский, С.А. Соловьев, В.И. Черноиванов. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. – 336 с.

2. Клименко, Н.П. Анализ факторов, влияющих на долговечность карданных передач транспортных средств / Клименко Н.П., Литвиненко В.Л., Концевич О.А., Дудка Д.А., Журавель С.С. // Вестник ХНТУСХ им. Петра Василенка, вып. 100, - 2010. - С. 141-146.

3. Сенин, П.В. Анализ причин отказов карданных передач автотракторной техники / П.В. Сенин, Д.А. Лялькин // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы: сборник научных трудов международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Ф.Х. Бурумкулова / редкол.: Сенин П.В. [и др.] – Саранск: 2016. – С. 107–112.

4. Пастухов, А.Г. Повышение долговечности карданных шарниров транспортных и технологических машин в эксплуатации: монография / А.Г. Пастухов, Е.П. Тимашов. - Старый Оскол: Изд-во СТИ МИСиС, 2009. - 73 с.

5. Пастухов, А.Г. Диагностирование карданных шарниров машин и оборудования / А.Г. Пастухов, А.В. Ефимцев // «Особенности технического и технологического оснащения современного сельскохозяйственного производства». – Орел: Орел ГАУ, 2013. – С. 305-309.

Literature

1. Fedorenko, V.F. Increase of efficiency of use of mashinno-tractor park in the modern context: scientific edition / V.F. Fedorenko, A.A. Ezhevsky, S.A. Solovyov, V.I. Chernoivanov. – M.: FSBSI "Rosinformagrotech", 2015. – 336 p.

2. Klimenko, N.P. Analysis of factors affecting the durability of cardan gears of vehicles / Klymenko N.P., Litvinenko V.L., Kontsevich O.A., Dudka D.A., Zhuravel S.S. // Vestnik HNTUSH named Peter Vasilenko, vol. 100, 2010. - P. 141-146.

3. Senin, P.V. analysis of the causes of failure of cardan transmissions automotive equipment / P.V. Senin, D.A. Lalkin // energy-saving technologies and systems: collection of scientific works of international scientific-practical conference dedicated to the memory of doctor of technical sciences, professor F.H. Burumkulova / redkol.: Senin P.V. [et al.] – Saransk: 2016. – P. 107-112.

4. Pastukhov, A.G. Improving the durability of gimbal joints of transport and technological machines operation: monograph / A.G. Pastukhov, E.P. Timashov. - Stary Oskol: Publishing house of STI MISIS, 2009. - 73 p.

5. Pastukhov, A.G. Diagnosis of universal joints for machinery and equipment / A.G. Pastukhov, A.V. Ufimtsev // "features of technical and technological equipment of modern agricultural production." – Orel: Orel state agrarian UNIVERSITY, 2013. – P. 305-309.

УДК 631.3.

ВЛИЯНИЕ БИОДОБАВОК В СМЕСЕВОЕ ТОПЛИВО НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ФОРСУНОК ДИЗЕЛЕЙ

Голубев И.Г., заведующий отделом д.т.н., профессор,
Руденко И.И., инженер,
(ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса», «Росинформагротех»
п. Правдинский Московская область,
тел.:496-993-44-04, e-mail:golubev@rosinformagrotech.ru)

Аннотация*: Показаны перспективы применения биодобавок в товарное топливо для экономичности и экологичности дизелей сельскохозяйственного назначения. Установлено влияние биодобавок в смесевое топливо на работоспособность форсунок дизелей. Испытания форсунки на биотопливе (30% РМ и 70% ДТ), показали, что проверяемые на стенде параметры остались такими же, как на товарном топливе. При испытаниях форсунки на биотопливе (50% РМ и 50% ДТ), давление начала впрыскивания составляло 185 кгс/см2 (на товарном топливе -180 кгс/см2). Испытания форсунок на топливе (50% РМ и 50% ДТ) показали, что качество распыливания топлива и герметичность по запирающему конусу распылителя остались без изменения. При испытаниях форсунки на чистом рапсовом масле давление начала впрыскивания составило 190 кгс/см2, а другие параметры работоспособности форсунки остались без изменения.*

Ключевые слова*: сельскохозяйственная техника, дизели, топливная система, форсунки, биодобавки, смесевое топливо, работоспособность.*

В Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы предусматривается инновационное развитие АПК, обеспечивающее его высокую эффективность. Переход к прогрессивным технологиям в сельскохозяйственном производстве дает возможность существенно повысить продуктивность в растениеводстве и животноводстве. Для повышения конкурентоспособности отечественного сельского хозяйства необходимы технологическая модернизация сельского хозяйства и оптимизация затрат материально-технических ресурсов, в том числе топливно-смазочных материалов. Только в 2015 году потребителям сельского хозяйства (по сельхозорганизациям) поступило 4,3 млн.т. дизельного топлива [1]. Для повышения топливной экономичности сельскохозяйственной техники разработаны различные рекомендации, в том числе введением в смазочные материалы нанотрибопрепаратов [2,3].

Наиболее перспективным направлением экономии нефтяного топлива и снижения вредных выбросов является использование биодобавок из растительной биомассы. Анализ биодобавок для смесевого топлива дизелей сельскохозяйственного назначения дан в работе [4]. По мнению специали-

стов биотопливо первого поколения будет постепенно замещать биотопливо второго поколения, что связано с большей степенью его экологичности, а также с тем, что оно производится из непищевых продуктов. Перспективными видами растительного сырья для получения такого биотоплива является древесина и отходы от ее переработки (опилки), специальные посадки быстрорастущих пород деревьев, в том числе ивы и тополя, а также солома зерновых культур. Одним из направлений получения сырья для биотоплива второго поколения также являются плантационные посадки быстрорастущих древесных и кустарниковых энергорастений с высоким среднегодовым приростом биомассы. Самыми энергоемкими растениями для биотоплива второго поколения являются для Европы - быстрорастущая ива, а для субтропической и тропической зоны – эвкалипт [5].

Однако в литературе недостаточно сведений о влиянии биодобавок в топливо на работоспособность двигателей в целом и топливную аппаратуру в частности [6]. Финскими исследователями проведен анализ состояния цилиндропоршневой и кривошипной групп, деталей клапанного механизма, распылителей форсунок дизеля трактора V605 после 1056 ч работы на смеси товарного дизтоплива(3:1) с рапсовым маслом. Отказов двигателей в течение испытаний не отмечалось, не замечено значительного износа деталей. На головках поршней слой нагара не более 1 мм, кольца подвижны, хорошо очищаются. Нагар накопился лишь в верхних частях гильз, распылителей форсунок, толщина которого не превышает 1 мм. На клапанах износа не отмечено, дефекты также отсутствуют, имеется тонкий слой нагара на выпускных клапанах и тонкий слой сажи на впускных клапанах и гнездах клапанов. Коленчатый вал, вкладыши коренные и шатунные в хорошем состоянии. Экспертиза деталей двигателя трактора V-702 после 700 ч работы показала отсутствие значительных износов, все детали кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов находились в исправном состоянии, слой нагара 1-2 мм. Нагар тонкий, вязкий, темного цвета. Слой сажи формируется на впускном клапане и во всасывающем отверстии гнезда клапана. Износ вкладышей за период испытаний находился в пределах нормы [7].

Нами проведены исследования по влиянию добавок из рапсового масла в топливо на работоспособность топливной аппаратуры дизелей, в том числе форсунок [8,9]. Для исследования применяли стенд для проверки, испытания и регулировки форсунок. Испытывали форсунки дизеля КАМАЗ-740. Испытания работоспособности форсунки проводили на дизельном топливе (ДТ); на биотопливе (70% дизельного топлива и 30% рапсового масла); на биотопливе (50% дизельного топлива и 50 рапсового масла); на рапсовом масле (РМ). Согласно программе испытания определяли давление начала впрыска, качество распыления топлива, герметичность по запирающему конусу распылителя. Давление начала впрыска форсунки проверяли в следующем порядке: устанавливали форсунку на стенд, подсоединяли ее к выходному штуцеру стенда с помощью сменного топливопровода. Затем открывали кран «к манометру», а кран «слив» закрывали и создавали насосом давление в гидросистеме стенда. При этом фиксировали на манометре давление в момент начала выхода струи топлива из форсунки. Качество распыливания дизельного топлива форсункой определяли следующим образом. Устанавливали форсунку на стенд и подсоединили ее к выходному

штуцеру стенда с помощью сменного топливопровода, затем кран «Слив» закрывали; производили впрыскивание топлива форсункой в камеру впрыска, создав давление насосом. Частота движения рукояткой насоса равнялась 60 качков в минуту. При этом определяли визуально размеры частиц распыленного топлива и плотность их распределения по поперечному сечению факела. В результате эксперимента наблюдали, что начало и конец впрыска четкий и сопровождается характерным звуком. При этом в факеле впрыскиваемого форсункой топлива не наблюдалось образований отдельных капель и сплошных струек топлива, не обнаружено также подтекания топлива через сопловое отверстия. Для определения герметичности по запирающему конусу распылителя форсунку устанавливали на стенд, подсоединив ее к выходному штуцеру с помощью сменного топливопровода. Открыванием крана «к манометру» (кран «слив» закрыт), создавали насосом в гидросистеме стенда давление на 1-1,5 МПа (10 – 15 кгс/см^2) меньше давления впрыска форсунки. При экспериментах подтекания топлива не наблюдалось.

Испытания форсунки на биотопливе (30% РМ и 70% ДТ), показали, что проверяемые на стенде параметры остались такими же как на товарном топливе. При испытаниях форсунки на биотопливе (50% РМ и 50% ДТ), давление начала впрыскивания составляло 185 кгс/см2 (на товарном топливе -180 кгс/см2). Испытания форсунок на топливе (50% РМ и 50% ДТ) показали, что качество распыливания топлива и герметичность по запирающему конусу распылителя остались без изменения. При испытаниях форсунки на чистом рапсовом масле давление начала впрыскивания составило 190 кгс/см^2, а другие параметры работоспособности форсунки остались без изменения.

Литература

1. Сельское хозяйство России. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. -52с.

2. Дунаев А.В., Ладиков В.В., Пустовой И.Ф., Голубев И.Г. Эффективность применения минеральных модификаторов при техническом сервисе в АПК. ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. - 161 с.

3. Белый И.Ф., Меркулов А.Ф., Белый В.И., Голубев И.Г. Эффективное использование антифрикционных добавок к трансмиссионным и моторным маслам.. ФБНУ «Росинформагротех», 2011. - 51 с.

4. Федоренко В.Ф., Буклагин Д.С., Нагорнов С.А., Зазуля А.Н., Голубев И.Г. Использование биологических добавок в дизельное топливо - М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – 50 с.

5. Федоренко В.Ф., Буклагин Д.С., Зазуля А.Н., Нагорнов С.А., Голубев И.Г., Коноваленко Л.Ю. Инновационные технологии производства биотоплива второго поколения. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. - 68 с.

6. Зазуля А.Н., Нагорнов С.А., Федоренко В.Ф., Романцова С.В., Буклагин Д.С., Голубев И.Г. Сравнительный анализ технологий получения биотоплива для дизельных двигателей. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. - 96 с.

7. Федоренко В.Ф., Буклагин Д.С., Нагорнов С.А., Зазуля А.Н., Голубев И.Г., Лискутина А.П. Результаты испытаний и перспективы эксплуатации дизелей на биотопливе. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 136 с.

8. Голубев И.Г., Руденко И.И. Результаты испытания дизелей на смесевом топливе/ Труды ГОСНИТИ. Том 107– 2011.С.72-73.

9. Голубев И.Г., Руденко И.И. Работоспособность топливной аппаратуры дизе-

лей на топливе с биодобавками из рапсового масла/ Ремонт, восстановление, модернизация. – 2012. – №8.С.53-54.

THE EFFECT OF DIETARY SUPPLEMENTS IN MIXED FUEL ON THE PERFORMANCE OF INJECTORS OF DIESEL ENGINES

I. G. Golubev, head of Department doctor of technical Sciences, Professor
I. I. Rudenko, engineer
(Federal state budget scientific establishment "Russian scientific research Institute of information and feasibility study on engineering and technical provision of agro-industrial complex , Russia, 496-993-44-04, e-mail:golubev@rosinformagrotech.ru)

Abstract*: the prospects of application of biological additives in commodity fuel efficiency and environmental performance of diesel engines for agricultural purposes. The influence of dietary supplements in mixed fuel on the performance of diesel injectors. Testing injectors on biofuel (30% RM and 70% DF), showed that check at the stand parameters remain the same as in the commodity fuel. When testing the injectors on biofuels (50% RM and 50% of DT), pressure injection was 185 kg/cm2 (in the commodity fuel -180 kgf/cm2). Injector test fuel (50% RM and 50% of DT) showed that the quality of atomization of fuel and the tightness on the locking cone of the spray remained unchanged. When testing the injectors on pure rape oil pressure start of injection was 190 kg/cm2, and other parameters of operability of the nozzle remained unchanged.*

Keywords: *agricultural machinery, diesel engines, fuel system, injectors, supplements, mixed fuel, efficiency.*

Literature

1. Russia's agriculture. M.: FSBSI "Rosinformagrotech", 2016. -52s.

2. Dunaev A. V., Sadikov V. V., Pustovoi, I. F., Golubev I. G. Efficacy of mineral modifiers, with the technical service in the agricultural sector. FEDERAL state budgetary scientific institution "Rosinformagrotekh", 2014. - 161 S.

3. White, I. F., Merkulov, A. F., White, V. I., Golubev I. G. Effective use of antifriction additives for the transmission and engine oils.. FBNO "Rosinformagrotech", 2011. - 51 S.

4. Fedorenko V. F., Buligin D. S., Nagornov S. A., Zazulya A. N., Golubev I. G. the Use of biological additives in diesel fuel, Moscow: FGNU "Rosinformagrotekh", 2007. – 50 p.

5. Fedorenko V. F., Buligin D. S., Zazulya A. N., Nagornov S. A., Golubev I. G., Konovalenko L. Y. Innovative technology for the production of second generation biofuels. M: FGNU "Rosinformagrotekh", 2009. - 68 p.

6. Zazulya A. N., Nagornov S. A., Fedorenko V. F., S. V. Romantsova, Buligin D. S. Golubev, I. G. Comparative analysis of technologies for the production of biofuels for diesel engines. M.: FSBSI "Rosinformagrotech", 2013. - 96 p

7. Fedorenko V. F., Buligin D. S., Nagornov S. A., Zazulya A. N., Golubev I. G., Lichutina A. P. test Results and prospects of operation of diesel engines on biofuel. M: FGNU "Rosinformagrotekh", 2008. – 136 p.

8. Golubev I. G., Rudenko I. I. test Results of diesel to the fuel mixtures/ Proceedings of GOSNITI. Volume 107– 2011.With.72-73.

9. Golubev I. G., Rudenko I. I. the Efficiency of the fuel equipment of diesel engines on fuel with bio-additives from canola oil/ Repair, restoration, modernization. – 2012. – No. 8.With.53-54.

УДК 631.3:631.15.017.3

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНИКИ В ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ

Сазонов С.Н., зав. лабораторией, д.т.н., профессор,
Ерохин Г.Н., зав. лабораторией, к.т.н.
Сазонова Д.Д., ведущий научный сотрудник, к.э.н., доцент
(Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, г.Тамбов,
тел. (4752)-44-64-24, E-mail: snsazon@mail.ru)

Аннотация. *В результате проведенных исследований обоснованы следующие особенности использования машинно-тракторного парка в современных российских фермерских хозяйствах: - несоответствие объемов механизированных работ и технического оснащения для их выполнения; - недостаток квалификации фермеров по вопросам эксплуатации, ремонта и обслуживания машинно-тракторного парка; - преимущественно последовательное выполнение полевых механизированных работ; - многофункциональное применение энергетических средств; - низкая интенсивность использования сельскохозяйственных машин; - отсутствие производственно-технической инфраструктуры. В стратегическом плане в фермерских хозяйствах, во-первых, особое значение имеет использование комбинированных машин, позволяющих за один проход выполнить несколько технологических операций. Во-вторых, альтернативное привлечение техники со стороны (кооперация, аренда, прокат и т.п.) для удовлетворения потребностей фермерских хозяйств.*

Ключевые слова: *фермерские хозяйства, машинно-тракторный парк, использование, формирование, нормативы, малогабаритная техника*

Проблема разработки методов и средств эффективного использования техники, как важнейшего фактора (ресурса) производства аграрных товаропроизводителей, имеет первостепенное значение, предопределяющее эффективность их деятельности в целом. Цель исследования - изучение особенностей использования техники в крестьянских (фермерских) хозяйствах (КФХ).

Материалы и методы. Результаты мониторинга деятельности фермерских хозяйств Тамбовской области за период 1992- 2014 гг., данные монографического обследования типичных фермерских хозяйств Тамбовской области и данные, полученные сотрудниками ВНИИТиН, характеризующие показатели использования и надежности сельскохозяйственной техники в условиях реальной эксплуатации [1-6].

Результаты и обсуждение. В условиях отсутствия практического опыта деятельности отечественных КФХ в начале 1990-х годов возобладала точка зрения о том, что в основном и прежде всего российские фермеры будут использовать малогабаритную технику. В основу такого вывода было положено неверное представление о том, что условия использования техники

в КФХ ничем не отличаются от крупных хозяйств. Предполагалось, что к ним в полной мере применима нормативная база, используемая для определения состава и структуры машинно-тракторного парка, которая использовалась для решения аналогичных вопросов в крупных хозяйствах.

В итоге были получены результаты, свидетельствующие о том, что при возделывания озимой пшеницы на площади 90 га предполагалось использовать: 0,2 трактора ДТ-75 + 0,2 трактора МТЗ-50 + 0,2 трактора Т-150К [7,с.366]. К аналогичным в концептуальном плане положения пришли и специалисты ВНИЭТУСХ, НПО ВИСХОМ, НАТИ [8]. Однако следует отметить, что подобная уверенность суждений была свойственна, прежде всего, специалистам (экономистам и машиностроителям), не связанным непосредственно с исследованием процессов использования техники. В то же время имевшийся опыт использования техники в арендных, подрядных подразделениях, коллективах интенсивного труда (КИТ) и практика деятельности зарубежных фермеров не давали повода предполагать, что в КФХ можно эффективно использовать малогабаритную технику.

Прежде всего, абсолютное большинство авторов, в том числе и ратующих за создание малогабаритной техники для отечественных КФХ, отмечали, что Россия уступает зарубежным странам - где в абсолютном большинстве функционируют фермы с небольшими площадями пашни и по количеству тракторов на 100га пашни (в 2,7-17,7 раза), и по их мощности на 100 га пашни (в 1,6-3,3 раза) [8]. Естественно, сразу возникает вопрос, почему зарубежные фермеры не смогли обойтись только малогабаритной техникой, а российские крестьяне смогут?

В качестве контраргумента порой приводится мнение, что за рубежом иная по мощности структура тракторного парка, т.е. у зарубежных фермеров количество тракторов больше, но средняя единичная их мощность значительно меньше, чем это сложилось в нашей стране. Это верно лишь отчасти. Действительно, до середины 80-х годов указанная тенденция имела место, но в последующем произошли существенные изменения. Так, в 1986 году средняя мощность тракторных двигателей «в парке» составляла в СССР - 62,5 кВт, а в США - 49,3 кВт. Однако, как минимум, с 1984 года средняя мощность «в поставке» уже составляла в США 75 кВт, тогда как в СССР - лишь 65,4 кВт. [9,с.64]. В Канаде за 1988-1989 годы продажа сельскохозяйственных тракторов с мощностью двигателя до 73,5 кВт сократилась на 12,8% при одновременном росте продаж тракторов с мощностью двигателя свыше 73,5 кВт на 26,6% [9,с.73]. В Великобритании в то же время объем продаж тракторов мощностью свыше 71 кВт составлял около 80% [9, с.84]. Следовательно, мнение машиностроителей о необходимости существенного изменения структуры выпускаемых тракторов в сторону снижения единичной мощности машин в связи с развитием фермерского движения нельзя признать обоснованным.

В целом приведенные данные позволяют утверждать, что в зарубежных странах, несмотря на существенно иные масштабные характеристики основной массы сельскохозяйственных предприятий, отличающиеся в меньшую сторону от советских колхозов и совхозов по площади пашни в 138,1 (Франция).20,6 (США) раза [8], тем не менее утвердилась тенденция к увеличению не только суммарной мощности тракторного парка, но и к росту единичной мощности тракторов.

В связи с этим нельзя не согласиться с мнением И.П. Ксеневича [10,с.10] о том, что ограниченное количество тракторов (1-2) в малых хозяйствах предъявляет особые требования к качеству техники. Поэтому обеспечение гарантированной вероятности выполнения сельскохозяйственных работ в оптимальные сроки приводит к необходимости резервирования производительности машинно-тракторных агрегатов за счет увеличения мощности трактора. Однако, полностью разделяя точку зрения И.П. Ксеневича, мы полагаем, что не только ограниченное количество машин в малых хозяйствах и низкий уровень их надежности требуют увеличения мощности тракторов. Нельзя не учитывать специфику использования техники в любых малых коллективах. Примечателен в этом плане опыт отечественных арендных, подрядных подразделений и коллективов интенсивного труда (КИТ). Специалистами ВНИПТИМЭСХ установлено, что при переходе от хозяйства в целом к производственному подразделению удельная потребность в технике увеличивается на 19%, а от подразделения к севообороту - еще на 14%.

Опыт деятельности коллективов интенсивного труда (КИТ) в Сибири показал [8], что «использование техники в КИТ характеризуется несколько худшими показателями» по сравнению с использованием техники в обычной бригаде (табл. 1.).

Таблица 1.

Результаты хронометражных наблюдений на посевных работах в коллективе интенсивного труда Кожуховых

Операция	Коэффициент использования времени					
	дневного		сменного		технологического	
	КИТ	бригада	КИТ	бригада	КИТ	бригада
Посев *)	0,41	0,52	0,48	0,64	0,53	0,64
Предпосевная обработка с внесение удобрений	0,58	0,52	0,48	0,64	0,53	0,64
Прикатывание	0,52	0,56	0,54	0,72	,63	0,92

Следует отметить, что снижение показателей использования техники в КИТ никак не связано с недостаточной квалификацией механизаторов. Напротив, именно они укомплектовывались наиболее квалифицированными механизаторами. Кроме этого подобного рода коллективы были обеспечены всесторонним и высококвалифицированным научно-техническим обслуживанием [8]. Очевидно, что в малых производственных коллективах и КФХ невозможно добиться уровня интенсивности использования и производительности машинно-тракторных агрегатов, достигнутых в условиях даже рядовых крупных хозяйств. Приведенные данные ставят под сомнение возможность применения для КФХ нормативной базы, используемой для обоснования машинно-тракторного парка в крупных хозяйствах.

Однако сводить все особенности использования техники в КФХ только к их отличию по количеству машин и масштабным характеристикам условий их использования нам представляется неправомочным. При этом не учитываются особенности КФХ как особой организационной формы, где складываются специфические условия по источникам формирования финансовых средств, направляемых для приобретения техники, квалификационным

характеристикам фермеров, распределению объемов работ между членами хозяйства и степени загрузки фермеров во время проведения основных работ, мотивационным характеристикам труда, методам организации и выполнения полевых механизированных работ и т.д. [1,2, 11-14].

Проведенные нами исследования позволили сформулировать следующие особенности использования машинно-тракторного парка в действующих в настоящее время крестьянских (фермерских) хозяйствах:

- несоответствие объемов механизированных работ и технического оснащения для их выполнения. В крупных хозяйствах этот фактор также имеет место, но может быть локализован применением технических средств, сходных по технологическому назначению. В КФХ он будет присутствовать практически постоянно: невозможно в рамках отдельного самостоятельного фермерского хозяйства технически обеспечить технологию возделывания всех культур, необходимых для реализации принятых севооборотов;
- недостаток квалификации фермеров по вопросам эксплуатации, ремонта и обслуживания машинно-тракторного парка. Из числа сельских жителей, ставших фермерами, только 20% глав хозяйств имели квалификацию тракториста-машиниста;
- преимущественно последовательное выполнение полевых механизированных работ. При индивидуальном использовании техники практически невозможно организовать параллельное выполнение технологических операций из-за отсутствия квалифицированных механизаторов и соответствующего количества технических средств;
- многофункциональное применение энергетических средств, которые используются не только на полевых механизированных работах, но также как автономные энергоносители для привода различного рода вспомогательных стационарных машин и механизмов, в качестве грузоподъемных машин и обеспечения транспортных потребностей крестьянской семьи;
- низкая интенсивность использования сельскохозяйственных машин, что объясняется небольшими объемами однотипных технологических операций и отсутствием комбинированных сельскохозяйственных машин;
- отсутствие производственно-технической инфраструктуры по обеспечению работоспособного состояния машин и механизмов, технического и технологического обеспечения высококачественного проведения полевых механизированных работ. В КФХ практически отсутствует ремонтно-технологическое оборудование, средства технологической настройки и регулировки сельскохозяйственных машин, площадки с твердым покрытием для межсменной стоянки и хранения техники, помещения для ее ремонта и обслуживания, оборудованные должным образом склады нефтепродуктов.

Выводы. Специфические особенности машиноиспользования, помноженные на объективные условия ее использования в условиях КФХ, указывают на необходимость особого подхода к формированию машинно-тракторного парка в фермерских хозяйствах. Важнейшим ограничением при формировании машинно-тракторного парка является дефицит финансовых средств, из-за которого невозможно одновременно на этапе их создания сформировать оптимальный парк машин и механизмов. Однако попытки решить эту проблему посредством использования малопроизводительной техники, прежде всего малогабаритной, изначально бесперспективны в силу отмеченных особенностей использования техники в КФХ. Мы полагаем, что

необходимо рассматривать процесс технического оснащения крестьянских (фермерских) хозяйств как долговременную задачу, решаемую поэтапно на протяжении всего периода их становления. С практической точки зрения это условие означает необходимость приобретения в первую очередь такой техники, и прежде всего тракторов, которые в состоянии эффективно и качественно выполнять самые энергонасыщенные технологические операции.

Вместе с тем доказательство бесперспективности использования в КФХ сравнительно дешевой, но малопроизводительной малогабаритной техники не снимает вопроса о направлениях снижения финансовых затрат при формировании в них машинно-тракторного парка. Стратегическими направлениями решения данной проблемы являются следующие. Во-первых, в КФХ, как правило, один человек выполняет все необходимые работы. Поэтому каждую операцию выполнять на отдельной машине, как в крупных хозяйствах, экономически нереально. Следовательно, применительно к фермерским хозяйствам особое значение имеет использование комбинированных машин и комплексов, позволяющих за один проход выполнить несколько технологических операций. Во-вторых, альтернативное привлечение техники со стороны для удовлетворения производственно-технологических потребностей КФХ (кооперация, аренда, прокат и т.п.).

Список литературы

1. Сазонов С.Н. Методология эффективного формирования и использования производственных ресурсов в крестьянских (фермерских) хозяйствах: автореф. Дис. докт. техн. наук -Саратов, 1998. -48с.

2. Сазонов С.Н., Сазонова Д.Д. Оценка эффективности использования производственно-технических ресурсов в фермерских хозяйствах// Вестник МичГАУ.-2014.-№1.-С.96-103

3. Ерохин Г.Н. и др. О надежности работы современных зерноуборочных комбайнов//Вестник МичГАУ. -2013. -№ 6. -С. 59-63.

4. Ерохин Г.Н. и др. Моделирование показателей использования зерноуборочных комбайнов ACROS 530 и VECTOR 410// /АПК России. -2013. -Т. 65. -С. 114-117.

5. Остриков В.В. и др. Доступность и повышение эффективности использования нефтепродуктов в фермерских хозяйствах//АПК России.-2014.-Т.68. -С.76-83

6. Остриков В.В. и др. Актуальные проблемы повышения эффективности использования нефтепродуктов в сельскохозяйственной // Механизация и электрификация сельского хозяйства. -2013. -№1. -С.30-32.

7. Справочник фермера - М.: Информагротех, 1992. - 420 с.

8. Попова О.Н. и др. Теория и практика использования техники в крестьянских хозяйствах -Тамбов, 1996. -С.66

9. Краткий справочник. Мировое сельское хозяйство. Серия «Механизация и электрификация» - М., 1990. - 99 с.

10. Ксеневич И.П. Выбор концепции создания энергетических средств и модульное их конструирование // Техника в сельском хозяйстве.-1991.- №2.- С.9-12

11. Стратегия развития садоводства и питомниководства Российской Федерации на период до 2020 года -М.: МСХ РФ, 2012.

12. Справочник экономиста сельскохозяйственной организации. - М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2012. – 464 с.

13. Сазонова Д.Д. Противоречия в нормативно-правовом обеспечении деятельности фермерских хозяйств//Вестник МичГАУ.-2012. -№3. -С.229-234

14. Терентьев С., Никитин А. Управленческий учет в сельскохозяйственных организациях.//АПК: экономика, управление.-2002г.-№2. -стр.26-33

SPECIFICS OF USING MACHINERY IN FARM ENTERPRISES

Sazonov S.N., laboratory chief, doctor of Technical Sciences, professor
Erokhin G.N., laboratory chief, PhD in Technical
Sazonova D.D., leading researcher, PhD in Economics, associate professor
(All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture,Tambov, tel.: (4752)-44-64-24, E-mail: snsazon@mail.ru)

Abstract. *The results of the undertaken research have proven the following specifics of using machines and tractors fleet in present-day Russian farm enterprises: - discrepancy between volume of mechanized works and volume of necessary technical equipment; - lack of farmers' qualification in the spheres of exploitation, repair works and maintenance of machines and tractors fleet; - mainly consecutive execution of mechanized field works; - multifunctional use of energetic sources; - low intensity of use of agricultural machinery; - lack of production and technical infrastructure. Strategically the first thing that is of high importance is to use in farm enterprises combined machines that allow to execute several manufacturing operations in a single pass. The second thing that is of high importance is utilization of machinery from the outside (cooperation, rent, lease etc.) as an alternative to meet the needs of farm enterprises.*

Keywords: *farm enterprises, machines and tractors fleet, utilization, forming, standards, small-sized machinery*

References

1. Sazonov S.N. Metodologija jeffektivnogo formirovanija i ispol'zo-vanija proizvodstvennyh resursov v krest'janskih (fermerskih) hozjajstvah: avtoref. dis… dokt. tehn. nauk -Saratov, 1998. -48s.

2. Sazonov S.N., Sazonova D.D. Ocenka jeffektivnosti ispol'zovanija proizvodstvenno-tehnicheskih resursov v fermerskih hozjajstvah// Vestnik MichGAU.-2014.-№1.-S.96-103

3. Erohin G.N. i dr. O nadezhnosti raboty sovremennyh zernouboroch-nyh kombajnov// Vestnik MichGAU. -2013. -№ 6. -S. 59-63.

4. Erohin G.N. i dr. Modelirovanie pokazatelej ispol'zovanija zerno-uborochnyh kombajnov ACROS 530 i VECTOR 410// /APK Rossii. -2013. -T. 65. -S. 114-117.

5. Ostrikov V.V. i dr. Dostupnost' i povyshenie jeffektivnosti is-pol'zovanija nefteproduktov v fermerskih hozjajstvah//APK Rossii.-2014.-T.68. -S.76-83

6. Ostrikov V.V. i dr. Aktual'nye problemy povyshenija jeffektivno-sti ispol'zovanija nefteproduktov v sel'skohozjajstvennoj // Mehanizacija i jelektrifikacija sel'skogo hozjajstva. -2013. -№1. -S.30-32.

7. Spravochnik fermera - M.: Informagroteh, 1992. - 420 s.

8. Popova O.N. i dr. Teorija i praktika ispol'zovanija tehniki v kre-st'janskih hozjajstvah -Tambov, 1996. -S.66

9. Kratkij spravochnik. Mirovoe sel'skoe hozjajstvo. Serija «Mehani-zacija i jelektrifikacija» - M., 1990. - 99 s.

10. Ksenevich I.P. Vybor koncepcii sozdanija jenergeticheskih sredstv i modul'noe ih konstruirovanie // Tehnika v sel'skom hozjajstve.-1991.- №2.- S.9-12

11. Strategija razvitija sadovodstva i pitomnikovodstva Rossijskoj Federacii na period do 2020 goda -M.: MSH RF, 2012.

12. Spravochnik jekonomista sel'skohozjajstvennoj organizacii. - M.: FGBNU «Rosinformagroteh», 2012. – 464 s.

13. Sazonova D.D. Protivorechija v normativno-pravovom obespechenii dejatel'nosti fermerskih hozjajstv//Vestnik MichGAU.-2012. -№3. -S.229-234

14. Terent'ev S., Nikitin A. Upravlencheskij uchet v sel'skohozjajst-vennyh organizacijah.//APK: jekonomika, upravlenie.-2002g.-№2. -str.26-33

УДК 006.658.5

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ УНИФИКАЦИИ ИЗДЕЛИЙ СЕЛЬХОЗМАШИНОСТРОЕНИЯ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА

Аксенов А.З. руководитель
Рязанского отделения ФГБНУ ФНАЦ ВИМ.
Фатькин В.А., канд.техн.наук, доцент
тел. (4912) 44-76-08 e-mail: axalex77@yandex.ru

Аннотация. *В статье рассмотрены существующие методы унификации и предложен системный подход в унификации объектов*
Ключевые слова: *унификация, система, стандартизация*

На фоне непрерывного развития и усложнения сельскохозяйственной техники, роста разнообразия средств ее технологического обеспечения, роль унификации чрезвычайно возрастает. Широкое внедрение унификации в производство происходит только в том случае, если у разработчика и производителя существуют побудительные мотивы к решению этой задачи. Мотивом при этом является необходимость переходить на выпуск новых изделий высокого качества в короткие сроки с минимальными издержками и получением экономического эффекта от применения унификации.

Применение унификации в сельхозмашиностроении в связи с возрастающей сложностью решаемых задач необходимо осуществлять с позиций системного подхода, когда унификации одновременно подвергаются связанные между собой объекты всех звеньев производственной цепочки. Реше-ние этих задач возможно, если унифицированному изделию соответствуют унифицированные средства технологического обеспечения и соответствующе организационные формы процессов разработки и производства [1,2,3,].

Работы по унификации начинают с проведения работ по конструкторской унификации и выделяют следующие её направления:

- создание универсальных конструкций на базе передового опыта разработки определенного типа систем;
- соблюдение преемственности технических решений, которая проявляется в заимствовании составных частей изделий из одной конструкции в другую;
- создание конструкций изделий из отдельных блоков, которые являясь единым целым, могут применяться в различной комплектации при разработке систем с отличающимися техническими характеристиками [3,4].

Конструкторская унификация тесно связана с технологической и примером может служить увеличение преемственности технологических процессов при повышении удельного веса заимствованных элементов в конструкциях изделий. Если при конструкторской унификации в качестве объекта выступают конструкция изделий и её элементы, то при техно-логической унификации - технологические процессы, оборудование, оснастка и их элементы.

На сегодняшний день актуальными направлениями технологической унификации являются:

- обеспечение преемственности производственной базы, технологических процессов и средств их оснащения;
- отработка конструкции вновь разрабатываемых изделий на технологичность, в том числе в направлении обеспечения ее конструктивно-технологической преемственности с предшествующими конструкциями;
- применение типовых технологических процессов которое способствует внедрению групповых форм организации труда, сокращает сроки и затраты на разработку необходимой документации в процессе технологической подготовки производства.

При выпуске серийной продукции актуально создание типовой, универсальной, переналаживаемой и сборно-разборной технологической оснастки и применение принципов стандартизации включая стандартизацию элементов конструкции технологической оснастки и применение принципов типизации и универсализации, сборности и переналаживаемости, что уменьшает объемы работ, затрат трудовых, материальных, стоимостных и временных ресурсов, требуемых для проведения технологической подготовки производства [2,3].

Значение технологической унификации возрастает с увеличением конструктивной сложности изделий, обуславливающей рост требуемого количества технологических процессов и оснастки для обеспечения высокого качества изделий. Особенностью технологической унификации является возможность использования ее методов при изготовлении как унифи-цированных, так и оригинальных составных частей новых изделий.

Анализ проведения работ по унификации в сельхозмашиностроении [1,2], обнаруживает в настоящее время следующие тенденции:

1. на уровне изделий к объектам унификации относится само изделие и его составные части: агрегаты, устройства, механизмы, детали;
2. на уровне изделий унификация носит отраслевой характер (унификация комбайнов, тракторов и т. п.);
3. чем ниже уровень, на котором располагается элемент в иерархии элементов изделия, тем вероятнее его более широкое применение в многочисленных изделиях и тем больший эффект ожидается от унификации;
4. чем ниже уровень объекта в иерархии элементов изделия (например, подшипники, зубчатые колеса), тем в большей степени они приобретают межотраслевой характер;
5. на предприятиях проводится работа по унификации элементов изделий на уровне механизмов и устройств (например, унификация редукторов, на уровне деталей; зубчатых колес; крепежа и др.);

В настоящее время необходимо проводить унификацию с позиций системного подхода. Под системой понимается совокупность взаимосвязанных элементов, функционирование которых приводит к достижению поставленной цели с максимальной эффективностью и наименьшими затратами.

В основе системного подхода лежит взаимосвязанная унификация объектов производственной цепочки:

Изделие - Технологический процесс - Организация производственного процесса.

При разработке изделий и производстве системный подход заключается в том, что для унифицированного изделия должны использоваться унифицированные средства технологического обеспечения: технологический процесс, оборудование; оснастка и рабочие места и при этом наблюдается разный уровень унификации звеньев производственной цепочки (Рис 1).

Объекты производственной цепочки	**Объект унификации**				
Изделие	Изделие	Агрегаты	Устройства	Механизмы	Детали
Технологический процесс	Технологический процесс	Маршрутный процесс	Операция		
	Повышение уровня унификации				
Организация производственного процесса	Производственные цехи	Участки	Рабочие места		
	Отсутствие работ по унификации				

Рисунок 1 - Уровень унификации объектов производственной цепочки

Унификация объектов звена «Изделие» имеет широкое распространение, а унификация объектов звеньев «Технологический процесс» и «Организация производственного процесса» практически отсутствует.

На уровне «Технологический процесс» объектом унификации является технологический процесс, или его составляющие: маршрутный процесс, операция. На этом уровне, в отличие от звена «Изделие» уровень унификации ниже. Это объясняется большим разнообразием технологических процессов и связано с разной оснащенность предприятий технологическим оборудованием и оснасткой, различием в объемах выпускаемой продукции, различием производственных условий. В отличие от изделий, которые можно унифицировать по одному - двум параметрам, унификация технологических процессов по одному - двум признакам не дает эффекта. Это связано с тем, что наличие у детали одной группы какой-либо дополнительной характеристики может не позволить применить унифицированный технологический процесс.

В качестве объектов звена «Организация производственного процесса» можно рассматривать производственные цехи, участки, рабочие места. Объекты этого звена, как и звена «Технологический процесс», оказались практически не унифицированы.

Между объектами первых звеньев «Изделия» связь в разной степени существует так широко распространенным узлам и деталям, имеющим общемашиностроительное назначение (подшипники, зубчатые колеса и т. п.), можно найти соответствующие унифицированные или типовые технологические процессы и технологические средства, то дальше она практически исчезает. В других случаях эта связь проявляется по отдельным унифицированным параметрам, например, стандартным значениям размера диаметра отверстий деталей соответствуют размеры мерного инструмента (сверла, зенкера, развертки).

Слабые связи между унифицированными объектами звеньев вызваны:

- отсутствием постановки такой задачи;
- независимостью развития этих объектов;
- неравномерной степенью унификации объектов звеньев производственной цепочки.

Отсутствие тесных связей между унифицированными объектами звеньев производственной цепочки является наиболее важным недостатком и приводит к невозможности объединения их в единую систему. При отсутствии тесных связей между унифицированными объектами звеньев производственной цепочки эффект от применения унификации будет минимальным. Если для унифицированной детали нет соответствующего унифицированного технологического процесса, то эффект от ее унификации будет только за счет снижения трудоемкости проектирования, а если для унифицированного технологического процесса нет соответствующей унифицированной организационной системы, эффект будет только от сокращения трудоемкости проектирования процесса.

Системный подход целесообразно применять для установления связей по горизонтали между объектами одного звена и по вертикали между объектами звеньев производственной цепочки, когда на каждом уровне объекту звена «Изделие» должен соответствовать объект звена «Технологический процесс» и т. д. (Рис. 2).

Организация производственного процесса	⇔	Производственные цехи	⇔	Участки	⇔	Рабочие места
⇕		⇕		⇕		⇕
Технологический процесс	⇔	Технологический процесс	⇔	Маршрутный процесс	⇔	Операция
⇕		⇕		⇕		⇕
Изделие	⇔	Изделие	⇔	Агрегаты	⇔	Устройства, механизмы, детали

Рисунок 2 - Горизонтальные и вертикальные связи организации производственной системы

Для преодоления отмеченных недостатков предлагается применять следующий подход к установлению указанных связей:

- определять состав объектов каждого звена и их иерархии, соблюдая правило, что объект верхнего уровня представляет собой совокупность объектов предыдущего уровня;
- звено «Изделие» рассматривать как объект производства и потому состав и иерархию объектов можно представить, как цепочку: изделие - сборочная единица;
- звено «Технологический процесс» представить цепочкой объектов: технологический процесс - операция;
- звено «Организация производственного процесса» можно представить цепочкой объектов: производственный участок - рабочее место

При сведении всех горизонтальных цепочек объектов звеньев в одну схему, станут очевидными вертикальные связи между объектами звеньев. Та-

ким образом, появляется зависимость степени сложности объекта от уровня его расположения. Как следует из схемы, с понижением уровня расположения объекта снижается и уровень его сложности.

Проблема унификации заключается в том, что объект описывается некоторым множеством характеристик, и чем большее число характеристик объекта охвачено унификацией, тем ближе он будет приближаться к замещаемым объектам, но при этом будет расти и число унифицированных объектов. В связи с этим по мере роста сложности объекта растет доля частичной унификации, когда объект подвергается унификации по одной или нескольким характеристикам.

Необходимо отметить, что уровень разнообразия объектов последующих звеньев производственной цепочки выше уровня разнообразия объектов предыдущих звеньев. Одному изделию могут соответствовать несколько технологических процессов. Это связано с тем, что при выпуске разных объемов изделий требуются разные технологические процессы, один и тот же технологический процесс может быть реализован с помощью разных технологических систем.

Предлагается для повышения эффективности работ по унификации в сельхозмашиностроении использовать следующую последовательность их проведения:

1. унификация должна начинаться с обоснования выбора объекта, гарантирующего наибольший эффект;
2. реализацию системного подхода в унификации необходимо начинать с объектов наименьшей сложности первого звена производственной цепочки;
3. унификация объектов звеньев производственной цепочки должна осуществляться слева направо, т. е. сначала унификации подвергается объект звена «Изделие», затем объект его уровня звена «Технологический процесс» и т. д.;
4. проведение анализа применяемых технологических процессов их отбор или разработка новых унифицированных процессов (рис. 3).

Рисунок 3 - Порядок проведения работ по технологической унификации

Результаты исследования показали, что развитие унификации в сельхозмашино¬строении должно осуществляться с позиций системного подхода. Главный резерв повышения эффективности от при¬менения унификации - это обеспечение связей между унифицированными объектами производственной цепочки и соблюдение принципа системности.

Список использованных источников

1. Муслина Г. Р. Стандартизация и сертификация в машиностроении: учебное пособие / Г. Р. Муслина, Ю. М. Правиков. – Ульяновск: УлГТУ, 2010. – 138 с. ISBN 978-5-9795-0721-7

2. Ивуть Р. Б. Теоретические и прикладные основы совершенствования конкурентоспособности предприятий сельхозмашиностроения и их трансформация к условиям глобального рынка Минск: БНТУ, 2014 – 309.

3. Г.Ф. Тарасов. Метрология, стандартизация и сертификация. - Красноярск: ГОУ ВПО «СГАУ» им. академика М. Ф. Решетнева, 2005;

4. Н.С. Козловский, А.Н. Виноградов. Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения. - Москва «Машиностроение», II Издание, 1982;

IMPROVED METHODS OF STANDARDIZATION OF AGRICULTURAL PRODUCTS ON THE BASIS OF SYSTEM APPROACH

A.Z. Aksenov head Ryazan branch of FSAC VIM.
B.Fatkin V. A., Cand. tech. Sciences, associate professor
tel: (4912) 44-76-08 e-mail: axalex77@yandex.ru

Summary. *The article considers the existing methods of unification and proposed a systematic approach to the unification of objects*

Keywords: *unification, the system, standardization*

THE LIST OF THE USED SOURCES

1. G. R's Muslin. Standardization and certification in mechanical engineering: education guidance / G. R. Muslin, Yu. M. Pravikov. – Ulyanovsk: УлГТУ, 2010. – 138 pages of ISBN 978-5-9795-0721-7

2. To Inut R. B. Theoretical and applied bases of improvement of competitiveness of the enterprises of agricultural mechanical engineering and their transformation to conditions of the global market Minsk: BNTU, 2014 – 309.

3. G.F. Tarasov. Metrology, standardization and certification. - Krasnoyarsk: Public Educational Institution of Higher Professional Training SGAU of the academician M. F. Reshetnev, 2005;

4. N. S. Kozlowski, A. N. Vinogradov. Standardization bases, admissions, landings and technical measurements. - Moscow «Mechanical engineering», II Edition, 1982;

УДК 621.433; 621.486

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ГАЗОМОТОРНОГО ТОПЛИВА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Савельев Г.С., заведующий лабораторией, докт. техн. наук, профессор,
Кочетков М.Н., ст. науч.сотр., канд. техн. наук,
Овчинников Е.В., мл.науч.сотр,
Уютов С.Ю., аспирант
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ,
+7(499) 174 87 63, ovlov2012@yandex.ru

Аннотация. *Рассмотрены вопросы эффективности использования газомоторного топлива в мобильной сельскохозяйственной технике на основе вариантных расчетов коммерческой эффективности применения компримированного природного газа (КПГ), сжиженного природного газа (СПГ) и сжиженного углеводородного газа (СУГ) на примере СПК «Казьминский» Ставропольского края. СПК является крупным сельхозпредприятием с площадью пашни более 30 тыс. га, автотракторным парком 365 единиц техники, в том числе 279 тракторов, из них 32 мощных трактора «Кировец», затраты на топливо по автотракторной технике - 222,5 млн. руб. в год.*

Ключевые слова: *эффективность, газомоторное топливо, мобильная сельскохозяйственная техника, экономия затрат.*

Цель исследований - определение оптимального по коммерческой эффективности вида газомоторного топлива для мобильной сельскохозяйственной техники с учетом газозаправочного комплекса (ЗК).

Методика. Для оценки вида ГМТ и влияния стоимости заправочного комплекса на коммерческую эффективность выполнены сравнительные расчеты технико-экономической эффективности применения трех видов газомоторного топлива: компримированного природного газа (КПГ), сжиженного природного газа (СПГ) и сжиженного углеводородного газа (СУГ) с учетом и без учета ЗК. Для определения влияния капвложений в ЗК различных видов ГМТ проведены расчеты с учетом и без учета капвложений в ЗК по трем вариантам [1-3].

Вариант первый: заправку техники осуществляет ООО «Кавказавтогаз», используя в комплексе АГНКС (автомобильная газонаполнительная компрессорная станция) в с. Казьминское, 4 полевых ПАГЗ типа 4500 производства ООО НПФ «Реал-шторм» (г. Ижевск), и 3 стационарных газобаллонных модуля (СГБМ). Весь газозаправочный комплекс находится на балансе ООО «Кавказавтогаз».

Вариант второй: заправку техники осуществляет ООО «Кавказавтогаз», используя 4 полевых ПАГЗа, находящимися на балансе СПК «Казьминский». Три СГБМ находится на балансе АГНКС.

Вариант третий: заправку техники осуществляют 4 полевых ПАГЗ и 3 СГБМ. ПАГЗ и СГБМ находятся на балансе СПК «Казьминский».

Исходные данные для расчетов определялись с использованием результатов приемочных испытаний опытных образцов работающих на КПГ тракторов, разработанных и изготовленных в ФГБНУ ВИМ и ООО «ВНИИГАЗ». Исходные данные для СПГ - по результатам приемочных испытаний на Поволжской МИС опытного образца работающего на СПГ трактора К-701 и рекомендаций Соболева Б.А. (ЦСКБ - ПРОГРЕСС)[4-9].

Потребление дизельного топлива (рис. 1) до переоборудования в СПК «Казьминское» составляло 7916 тыс. л/год. После переоборудования потребление дизельного топлива на запальную дозу – 1943 тыс. л. и 7142 тыс. м3 ГМТ.

Величина запальной дозы 27 % выбрана по осредненным данным приемочных испытаний газодизельных тракторов на машиноиспытательных станциях.

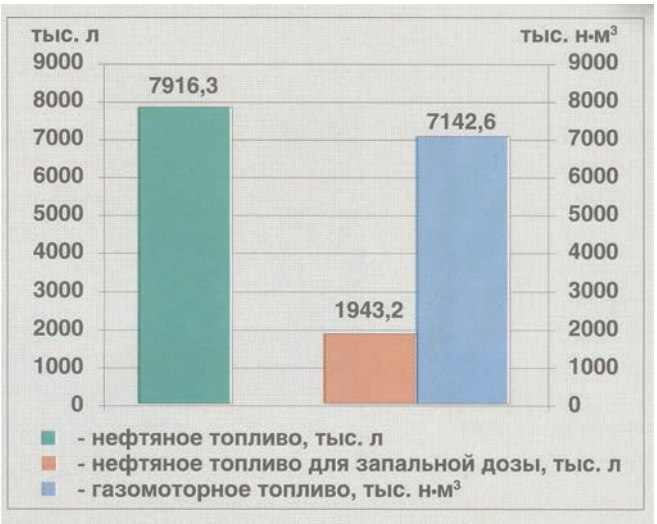


Рисунок 1 – Годовой расход топлива до и после переоборудования

Годовая экономия затрат на топливо (рис. 2) для КПГ и СПГ равна 86,7 млн. руб., для СУГ из-за его большей цены, она меньше на 25 % и составляет 65,27 млн. руб.

Рисунок 2. –Экономия затрат на топливо при использовании ГМТ и работе дизельного парка по газодизельному процессу, тыс. руб/год

Суммарные затраты на переоборудование автотракторного парка и приобретение заправочного комплекса (рис. 3) для СУГ – 30 млн. руб., что в 3,5 раза меньше, чем у КПГ (106,16 млн. руб.) и в 6 раз меньше чем у СПГ.

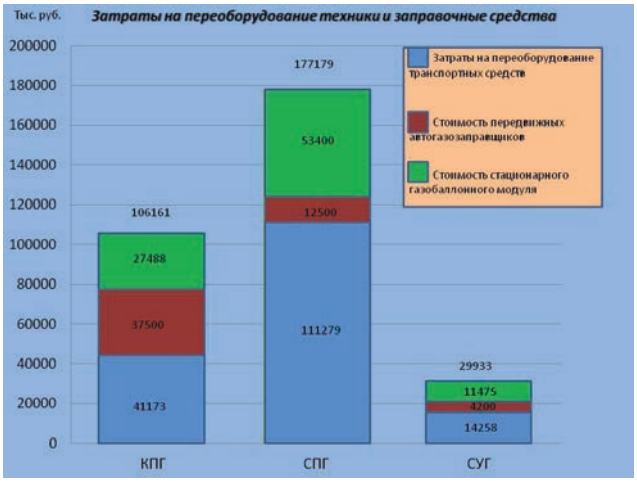


Рисунок 3 – Суммарные затраты на переоборудование техники и заправочный комплекс для различных видов ГМТ, тыс. руб.

Эффективность капитальных вложений для КПГ (рис. 4) представлена при трех вариантах принадлежности заправочных средств:

• капитальные вложения на переоборудование парка техники без учета ЗК;

• капитальные вложения на переоборудование парка техники плюс приобретение на баланс СПК «Казьминское» ПАГЗ;

• капитальные вложения на переоборудование парка техники плюс приобретение на баланс СПК «Казьминское» ПАГЗ и СГБМ.

Снижение чистого дисконтированного дохода (ЧДД) при комплектации заправочным оборудованием (см. рис. 4) происходит в соответствии с увеличением первоначальных затрат на заправочное оборудование.

Представленные на рис. 5 зависимости для трех вариантов ГМТ без учета ЗК свидетельствуют об одинаковой величине ЧДД для СУГ и СПГ и большем на 30 % доходе через 10 лет у КПГ.

При учете ЗК (рис. 6) доходы у СУГ и КПГ одинаковы, у СПГ он ниже на 33 %.

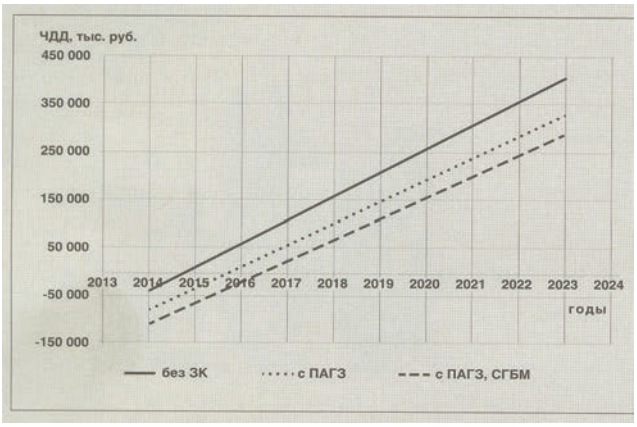


Рисунок 4 - Эффективность капитальных вложений по технологии использования КПГ в СПК «Казьминское» для трех вариантов комплектации оборудованием.

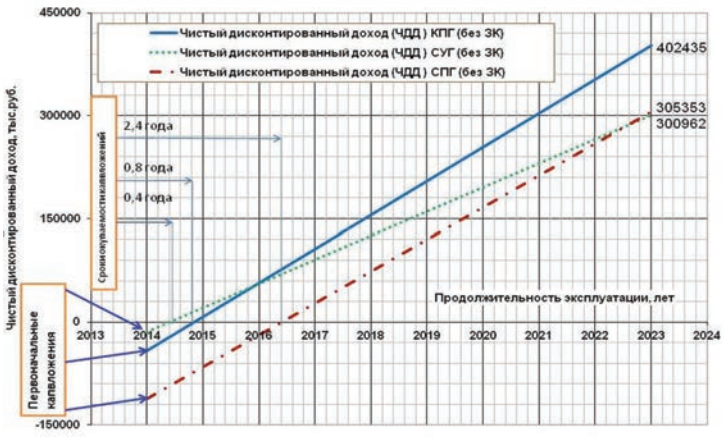


Рисунок 5 - Эффективность капитальных вложений на переоборудование парка техники СПК «Казьминское» для трех вариантов ГМТ без учета ЗК.

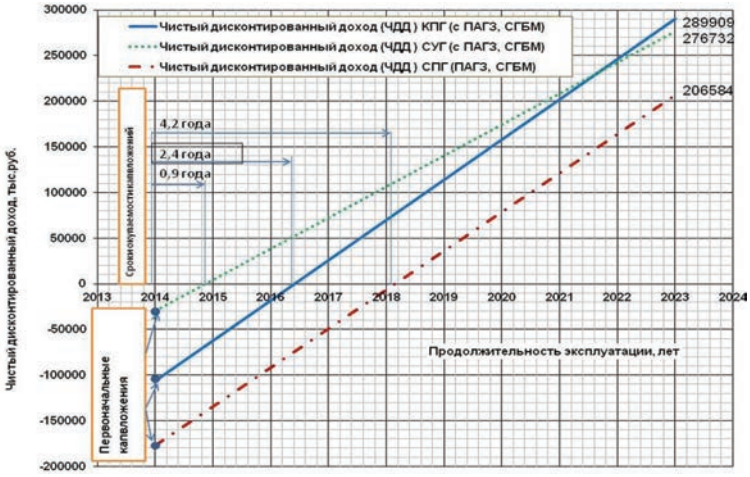


Рис. 6 – Эффективность капитальных вложений на переоборудование парка техники СПК «Казьминское» для трех вариантов ГМТ с учетом ЗК.

В заключение необходимо сделать следующие выводы.

Использование ГМТ в сельском хозяйстве по сравнению с другими отраслями имеет особенность, заключающуюся в необходимости производить заправку тракторов в поле, что приводит к дополнительным затратам на газозаправочный комплекс, включающий ПАГЗ и СГБМ.

Стоимость переоборудования автотракторного парка на СУГ – 14 млн. 258 тыс., что в 2,9 раза меньше чем у КПГ, и в 7 раз меньше, чем у СПГ. Суммарная стоимость переоборудования и ЗК у СУГ – 30 млн. руб., что в 3,5 раза меньше чем у КПГ и в 6 раз меньше чем у СПГ.

ЧДД за 10 лет для разных видов ГМТ с учетом и без учета заправочных средств свидетельствуют о высокой эффективности применения ГМТ. ЧДД от переоборудования парка с учетом заправочных средств составляет для СУГ, КПГ и СПГ соответственно 276,7; 289,9; 206,8 млн. руб.

Срок окупаемости капвложений на переоборудование техники без ЗК составляет 0,4 0,8; 2,4; лет соответственно для СУГ, КПГ, СПГ, с учетом заправочных средств он возрастает до 0,9; 2,4; 4,2 лет.

Годовая экономия затрат на топливо для разных видов ГМТ по сравнению с дизельным топливом составляет 65–86 млн. руб., что позволяет приобрести 8 самых мощных современных отечественных тракторов «Кировец» К-744.

Полученные результаты свидетельствуют о существенных преимуществах СУГ по сравнению с КПГ и СПГ по меньшим затратам на переоборудование техники и приобретение заправочных средств (в 3,5–6,0 раз) и более коротких сроках окупаемости при примерно одинаковом доходе. Для эффективного использования СУГ в дизельной автотракторной технике необходимо провести НИОКР по исключению детонации при работе на СУГ по газодизельному процессу на режимах близких к максимальной мощности.

Список литературы

1. Статистика Мирового рынка КПГ: март 2013 года – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.ngvrus.ru/ (Дата обращения 10.03.2013)

2. Савельев Г.С., Дегтярев Д.В. Технико-экономические показатели газодизельных и газоискровых двигателей, работающих на КПГ // Транспорт на альтернативном топливе. – 2012. – № 2. – С. 74–75.

3. Савельев Г.С., Кочетков М.Н., Овчинников Е.В. Эффективность газомоторного топлива для сельхозтехники // Сельскохозяйственные машины и технологии .– 2015. – № 1. – С. 12–15.

4. Савельев Г.С., Шапкайц А.Д., Подосинников В.В., Медведев А.А. Сельскохозяйственные тракторы, работающие на метане // Транспорт на альтернативном топливе. – 2013. – № 5. – С. 7–13.

5. Савельев Г.С., Кочетков М.Н., Овчинников Е.В., Коклин И.М. Комплексный подход к обеспечения сельхозпроизводства газомоторным топливом// Тракторы и сельхозмашины/ -2014. -№ 3. -С. 47-50.

6. Савельев Г.С., Кочетков М.Н., Овчинников Е.В., Коклин И.М. Использование природного газа в качестве моторного топлива для сельскохозяйственной техники// Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 1 (37). С. 40-52.

7. Савельев Г.С., Кочетков М.Н., Овчинников Е.В., Коклин И.М. Использование компримированного природного газа в качестве моторного топлива для мобильной сельскохозяйственной техники// В сборнике: Альтернативные источники энергии на автомобильном транспорте: проблемы и перспективы рационального использования сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. под общей редакцией А.И. Новикова. 2014. С. 124-129.

8. Коклин И.М., Потапенко М.С., Маленкина И.Ф. Развитие систем газоснабжения для обеспечения потребителей газомоторным топливом// АвтоГазоЗаправочный комплекс + Альтернативное топливо/-2015. -№ 8. -С. 9-21.

9. Коклин И.М. Использование природного газа в качестве моторного топлива// АвтоГазоЗаправочный комплекс + Альтернативное топливо/ -2014. -№ 3 (84). -С. 20-28.

TECHNO-ECONOMIC ASPECTS OF THE APPLICATION OF VARIOUS KINDS OF FUEL GAS IN AGRICULTURE

G.S. Savel'ev, head of laboratory, doctor. tech. Sciences, Professor,
M. N. Kochetkov, senior scientific.et al., Cand. tech. Sciences,
E.V. Ovchinnikov, Junior researcher, S.Y. Uytov, post-graduate student,
A.V. Rodionov, post-graduate student, A.V. Rodionov, post-graduate student
Federal state budgetary scientific institution all-Russian research Institute of mechanization of agriculture

***Abstract**. Efficiency of motor fuel use in the mobile agricultural techniques based on v ariational calculations of commercial efficiency of the use of compressed natural gas (CNG), liquefied natural gas (LNG) and liquefied petroleum gas (LPG) on example SPK «Kazminsky» Stavropol territory. SPK is a major agricultural enterprise with the area of arable land of more than 30,000 hectares, automotive Park 365 units of equipment, including tractors 279, of which 32 powerful tractor «Kirovets» the cost of fuel in automotive engineering - 222,5 million RUB per year.*

***Keywords:** efficiency, natural gas, mobile agricultural equipment, saving cost.*

Bibliography

1. Statistics Global CNG market: March 2013 – [Electronic resource]. – Mode of access: www.ngvrus.ru/ (accessed 10.03.2013)

2. Savel'ev G. S., Degtyarev D. V. Technical and economic indicators, gas-diesel and gas-spark engines running on CNG // alternative fuel Transport. – 2012. – No. 2. – P. 74-75.

3. Savel'ev G. S., Kochetkov M. N., Ovchinnikov E. V. Efficiency of natural gas fuel for agricultural machinery / Agricultural machines and technology .– 2015. – No. 1. – P. 12-15.

4. Savel'ev G. S., A. D. Chapkis, Podosinnikov V. V., Medvedev A. A. Agricultural tractors that run on methane // alternative fuel Transport. – 2013. – No. 5. – P. 7-13.

5. Savel'ev G. S., Kochetkov M. N., Ovchinnikov E. V., I. M. Koklin A comprehensive approach to ensure the agricultural production of motor fuel// Tractors and farm machinery/ -2014. -No. 3. -P. 47-50.

6. Savel'ev G. S., Kochetkov M. N., Ovchinnikov E. V., I. M. Koklin The use of natural gas as motor fuel for agricultural machinery// The alternative fuel transport/ -2014. -No. 1 (37). -P. 40-52.

7. Savel'ev G. S., Kochetkov M. N., Ovchinnikov E. V., Koklin I. M. The use of compressed natural gas as a fuel mornago for mobile agricultural machinery //In the collection: Alternative energy sources in road transport: problems and prospects of rational use of collection of scientific works on materials of the International scientific-practical conference. under the General editorship of A. I. Novikov. -2014. -P. 124-129.

8. Koklin I. M., Potapenko M. S., Malenkina I. F. The development of gas supply systems for supplying consumers with natural gas fuel //gas Filling complex + Alternative fuel/ -2015. -No. 8. -P. 9-21.

9 Koklin I. M. The use of natural gas as a motor fuel //gas Filling complex + Alternative fuel/- 2014. -No. 3 (84).- P. 20-28.

УДК 631.145.004.5

ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ ПОТОКОВ МОЮЩЕГО РАСТВОРА В КОНТЕЙНЕРЕ С ОЧИЩАЕМЫМИ ИЗДЕЛИЯМИ ПРИ ПОГРУЖНОЙ ОЧИСТКЕ

Юдин В.М., д-р техн. наук
Горкунов В.Н., канд. техн. наук
Юдин М.В., инж.
(РГАЗУ, г. Балашиха,
тел.: (495) 521-52-22, Email:vudin2006@mail.ru)

Аннотация*. В настоящей статье дано обоснование исследования скорости потоков моющего раствора относительно очищаемых поверхностей деталей, размещенных в контейнере. Представлена информация по методике исследований с применением турбинного датчика расхода.*

Ключевые слова: *очистка, моечные машины, моющий раствор, скорость потока, контейнер, датчик.*

Для очистки сборочных единиц и деталей при ремонте целесообразно применять моечные машины погружного типа. В них моющий раствор воздействует на наружные и внутренние поверхности деталей сложной формы. При удалении загрязнений этот способ требует значительно меньше затрат энергии, чем струйная очистка.

Исследования погружной очистки, выполненные в ГОСНИТИ, РГАЗУ и других организациях, показали, что время очистки загрязнений зависит от градиента скорости потока моющего раствора в слое, граничном с очищаемой поверхностью. Для его увеличения необходимо создать в ванне потоки с переменной скоростью, вызвать турбулентные течения, что обеспечивает уменьшение толщины граничного слоя и увеличивает градиент скорости потока. В существующих конструкциях погружных моечных машин создаются скоростные потоки жидкости у поверхности в пределах от 0,15 до 6 м/с. С ростом скоростей потоков резко снижается продолжительность очистки поверхностей.

Для изучения скоростей потоков моющего раствора относительно очищаемых поверхностей размещенных в контейнере деталей рекомендуем применять разработанную нами методику с использованием турбинного датчика расхода ТДР 9-1-1, предназначенного для применения при измерении объемного расхода жидкости.

Датчик представляет собой участок трубопровода с условным диаметром проходного сечения: 12 мм. В нем установлен чувствительный элемент – винтовая гидрометрическая турбинка. Поток жидкости, проходящий по трубопроводу, приводит во вращение турбинку, угловая скорость которой пропорциональна скорости движения жидкости в трубопроводе. Энергия вращения турбинки посредством магнитоиндукционного узла преобразуется в электрический сигнал переменного тока, частота которого пропорциональна измеряемому расходу.

Ниже приведена техническая характеристика ТДР9-1-1:

1. Измеряемая среда: жидкости с вязкостью не более 50 сСт;

2. Величина выходного сигнала на нижнем пределе измерения при сопротивлении нагрузки вторичной аппаратуры 3 кОм при нормальных условиях: 25-50 мВ;

3. Частота выходного сигнала на верхнем пределе измерения: 500 ± 50 Гц;

4. Омическое сопротивление индукционной катушки датчика при нормальных условиях: 1450 ± 300 Ом;

5. Электрическое сопротивление изоляции при нормальных условиях должно быть не менее 20 МОм, при температуре 40˚С и относительной влажности 95 98 %: не менее 1 МОм;

6. Перепад давления на верхнем пределе измерения на жидкости с вязкостью не более 1 сСт: не более 0,05 МПа;

7. Условный диаметр проходного сечения: 12 мм;

8. Нижний предел измерения: 0,08 л/с;

9. Верхний предел измерения: 0,4 л/с;

10. Основная приведенная погрешность измерения от верхнего предела: 1%;

11. Условное давление измеряемой среды: 40 МПа;

12. Масса датчика: не более 0,7 кг;

13. Датчик устойчив к циклическому изменению температуры окружающего среды от 80°С до минус 60° С;

14. Электрическое соединение датчика со вторичной аппаратурой осуществляется штепсельным разъемом 2РМГ14Б4Ш1Е2.

Расход жидкости в л/с в общем случае определяется по формуле:

$$Q_{\mathbf{p}} = a + b \cdot f \quad , \qquad (1)$$

где a и b – градуировочные константы рабочего уравнения датчика, берутся из формуляра на датчик; f – частота выходного сигнала датчика при проведении операции измерения расхода, Гц.

Выходные сигналы с датчика снимаются при помощи регистрирующего устройства: цифрового осциллографа или специального блока аналого-цифрового преобразователя (АЦП), подключаемого к компьютеру.

Сигнал с выхода турбинного датчика расхода ТДР9-1-1 с частотой, пропорциональной измеряемому расходу, поступает через специальный переходник с разъёма датчика типа 2РМГ14Б4Ш1Е2(Б) на коаксиальный разъём цифрового осциллографа (или АЦП) типа BNC. На цифровом осциллографе при помощи встроенных средств анализа сигналов производится измерение частоты выходного сигнала с датчика. Настройка цифрового осциллографа (или АЦП) производится в соответствии с его инструкцией по эксплуатации.

При использовании цифрового осциллографа или АЦП устанавливается режим синхронизации сигнала по его нарастающему или спадающему фронту на уровне напряжения 0 В и запускается процесс непрерывной регистрации формы сигнала. При этом с помощью органов регулировки временного масштаба и амплитуды сигнала задаётся оптимальное расположение формы синусоидального сигнала датчика на экране. Затем процесс непрерывной регистрации останавливается, в результате чего на экране осциллографа зафиксируется последняя зарегистрированная в памяти осциллографа форма сигнала. Далее производится непосредственное измерение частоты сигнала с помощью одного из двух методов:

а) Расстановки на экране двух курсоров по временной оси на соседних максимумах или минимумах синусоиды с автоматическим определением временных параметров отрезка между этими курсорами;

б) Использования режима «быстрых измерений», позволяющего автоматически определить частоту выбранного сигнала осциллографа. Использование данного метода возможно и в режиме непрерывной регистрации формы сигнала, что позволит отображать значение частоты сигнала в режиме реального времени.

После определения частоты выходного сигнала датчика в соответствии с формулой (1) определяется расход, который прямо связан со скоростью протекающей через него жидкости.

Перед проведением экспериментов датчик ТДР 9-1-1 в комплекте с регистрирующим устройством тарируется (определяется зависимость показаний осциллографа от скорости потока жидкости, протекающей через канал датчика).

При исследовании скорости потоков моющего раствора датчик закрепляют в контейнере вместе с другими изделиями, последовательно ориентируя его в пространстве контейнера в разных направлениях. Это позволяет получить картину движения потоков моющего раствора внутри контейнера, заполненного изделиями.

Проведенные исследования скорости потоков моющего раствора с использованием датчика расхода ТДР 9-1-1 совместно с преобразователем частоты ПЧ-1 и измерительным прибором - осциллографом С8-14 дали положительные результаты, которые позволяют рекомендовать применять датчик расхода с более современным регистрирующим оборудованием.

Литература

1. Юдин В.М. Ресурсосберегающие технологии при ремонте машин.: Автореф. дис. д-ра техн.наук. М., 2001. – 35с.

2. Яруллин М.Г. Интенсификация очистки изделий в погружных моечных машинах на базе пространственных механизмов.: Автореф. дис. д-ра. техн. наук. – М. МГАУ, 2002. – 35 с.

3. Коробко В.И. Малоэнергоёмкая погружная моечная машина./ В.И.Коробко, А.Л.Садовский, В.С. Олехнович // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1989. – №10. – С. 55.

4. Юдин В.М. Очистка деталей в колеблющемся контейнере / В.М.Юдин, В.Н. Горкунов, П.И. Шерешов // Механизация строительства. – 2003 – № 10. – С. 11 12.

5. Юдин В. М. Очистка машин и оборудования при техническом сервисе: учеб. пособие / В. М. Юдин. – М.: Изд-во ФГБОУ ВО РГАЗУ, 2015. – 44 с.

RESEARCH OF WASHING SOLUTION FLOW VELOCITY IN THE CONTAINER WITH CLEANING PARTS AT IMMERSION CLEANING

Yudin V.M., PhD
Gorkunov V.N., PhD
Yudin M.V., engineer

Annotation*: In the article, the substantiation of research of washing solution flow velocity relative to the cleaning surfaces of the parts, situated in container, is given. The information concerning the methods of research using a turbine flow sensor is presented.*

Keywords*: cleaning, washing machines, washing solution, flow velocity, container, sensor.*

References:

1. Yudin V.M. Resource-saving technologies in machine repairing. Author's abstract of PhD dissertation, Moscow, 2001, 35 pages.

2. Yarullin M.G. Intensification of part cleaning in immersion cleaning machines based on the spatial mechanisms. Author's abstract of PhD dissertation. Moscow, MSAU, 2002, 35 pages.

3. Korobko V.I. Low power-consuming immersion washing machine. Korobko V.I., Sadovskiy A.L., Olekhnovich V.S. Mechanization and electrification of agriculture, 1989, №10, page 55.

4. Yudin V.M. Part cleaning in oscillating container. Yudin V.M., Gorkunov V.N., Shereshov P.I. Building mechanization, 2003, № 10, pages 11-12.

5. Yudin V.M. Machine and equipment cleaning at technical service: tutorial. Moscow, published by RSACU, 2015, 44 pages.

УДК 629.3.014.2.017

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТЕНДОВОЙ ОБКАТКИ ГИДРОНАСОСОВ СЕРИИ НШ

Гвоздев А.А., профессор, д.т.н.
(Ивановская ГСХА имени Д.К. Беляева)
e-mail: resurs1959@yandex.ru, тел.8-903-878-58-42

Аннотация. *В работе рассмотрена возможность повышения качества стендовой обкатки гидравлических насосов в условиях завода-изготовителя, ремонтного предприятия и последующей эксплуатации путем триботехнической обработки с целью увеличения ресурса, снижения потока отказов и затрат на запасные части.*

Ключевые слова: *гидронасос, обкатка, ресурс, геомодификатор трения, износ, надежность.*

Одним из важнейших этапов как при изготовлении, так и при капитальном ремонте гидронасосов, позволяющим в полной мере реализовать заложенный в них ресурс, является их стендовая обкатка, результатом которой (рисунок 1) может быть правильно сформированное пятно (площадь) контакта сопряжений (а), готовых воспринимать штатные нагрузки, либо следы натиров (б, в), наволакивания металла (антифрикционного сплава алюминия, бронзы), в значительной степени лимитирующих эксплуатационный ресурс гидроагрегата.

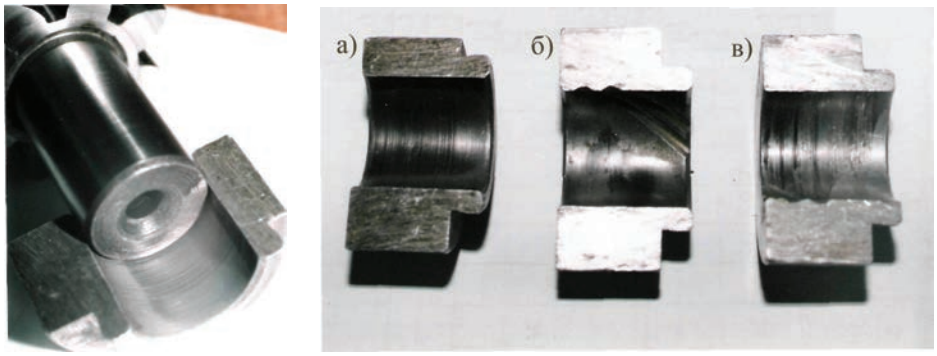


Рисунок 1 - Результаты «правильной» (фото слева) и не соответствующей требованиям (а, б, в) операции обкатки гидронасосов

Заслуживает внимания одно из новых за последнее десятилетие направлений по разработке методов и технологий обкатки и начального периода эксплуатации новой или капитально отремонтированной техники путем использования в смазочных материалах различных по составу и механизму действия присадок и добавок. Анализ литературных источников [1-12] показал, что наряду с металлоплакирующими композициями, «реметаллизантами», «кондиционерами металлов», полимеросодержащими составами расширяется применение геомодификаторов трения. Они способствуют без разборки узлов и агрегатов улучшению их рабочих характеристик, повышению износостойкости и гидроплотности.

Поисковыми исследованиями был выбран апробированный ранее трибосостав «Реагент восстановительного действия» (РВД от ООО «ТРИГ-ГЕР», ТУ 0257-001-51915907-2004), представляющий «мелкодисперсную смесь нейтральных природных минералов в углеводородной основе» [13, 14]. Его влияние в триботехнических испытаниях (рисунок 2) на машине трения 2070 СМТ-1 при концентрации в масле всего 0,01 % эффективно снижает и стабилизирует момент трения, мощность механических потерь, температуру в зоне трения и повышает нагрузочную способность узлов (рисунок 3).

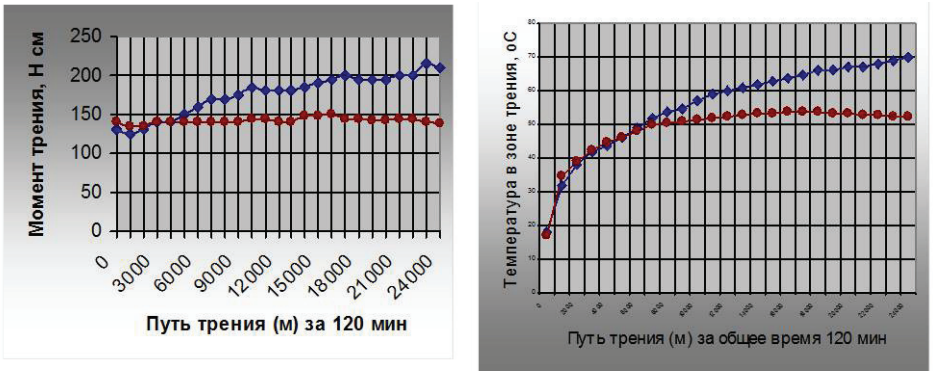


Рис.2. Зависимость момента трения (а) и температуры в зоне контакта (б) от пути трения при нагрузке N=300 Н, $V_{ск}$=3,14 м/с (pV=const) по схеме «ролик-колодка» для серийного масла и смазочной композиции:
--♦-----♦--- - моторное масло М-10ДМ;
--●----●--- - масло М-10ДМ + 0,01% РВД.

Таким образом, при исследованиях в соответствии с техническими требованиями ГОСНИТИ на капитальный ремонт и стендовую обкатку гидроагрегатов [15], выявлено, что при обкатке гидронасосов с технологической жидкостью, содержащей геомодификатор трения, возможно:

а) снизить механические потери на трение;

б) увеличить объемный КПД насоса;

в) уменьшить теплонапряженность узлов трения;

г) быстро сформировать оптимальную шероховатость поверхностей трения;

д) увеличить нагрузочную (несущую) способность пар трения.

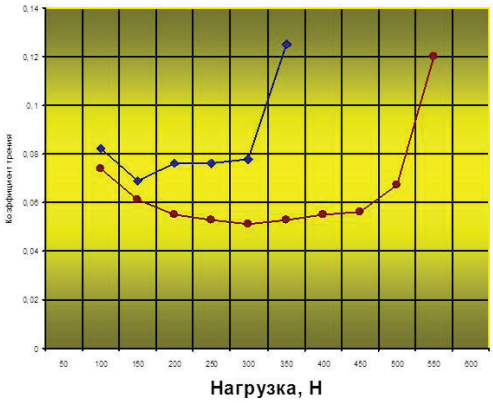
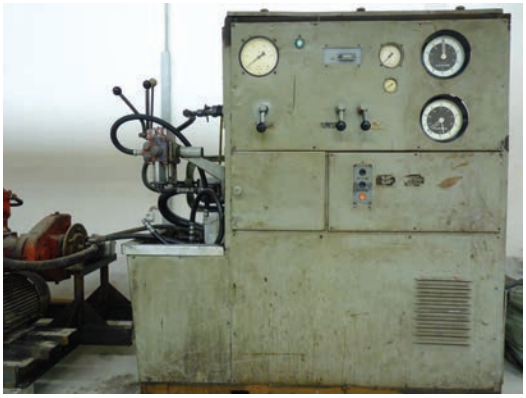


Рисунок 3 - Зависимость коэффициента трения от нагрузки в паре трения «ролик-колодка» в масле с РВД при ступенчатом нагружении (по 50 Н с интервалом 5 мин) при Vск=3,14 м/с (n=1000 мин-1):
--♦---♦ -- - масло М-10ДМ;
--●---●--- М-10ДМ + 0,01 % РВД.

В лаборатории надежности и ремонта машин кафедры «Технический сервис и механика» инженерного факультета ИГСХА на базе стенда КИ-4815М (рисунок 4) проведена серия испытаний по триботехнической обработке гидронасосов НШ-50. Насосы вначале проходили входной контроль на исходные зависимости подачи масла от нагрузки с расчетом объемного коэффициента подачи в заданном диапазоне температур рабочей жидкости. Далее, без снятия насосов со стенда, их патрубки «входа» и «выхода» переключали на гидросистему, где емкость содержала масло М-10Г2К с РВД (0,01 % масс.), дроссель-расходомер ДР-70, термометр ТЛ-3 (0…+ 200 0С) и бесконтактный инфракрасный пирометр ST-8811 (0…+ 450 0С).



а

б

Рисунок 4 - Стенд для испытания гидроагрегатов (а) и контроль температуры насоса (б)

Через каждый час работы насоса на обкаточной жидкости его переключали на гидросистему стенда для контроля основных параметров.

По результатам испытаний построены зависимости подачи масла от давления в рабочем диапазоне температур (рисунок 5). Выявлено, что обкатка с применением РВД дает наибольший прирост подачи при повышенном давлении и повышенной температуре.

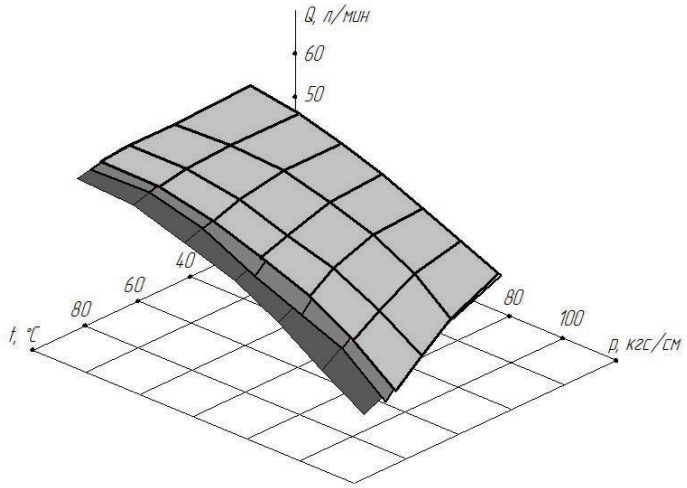
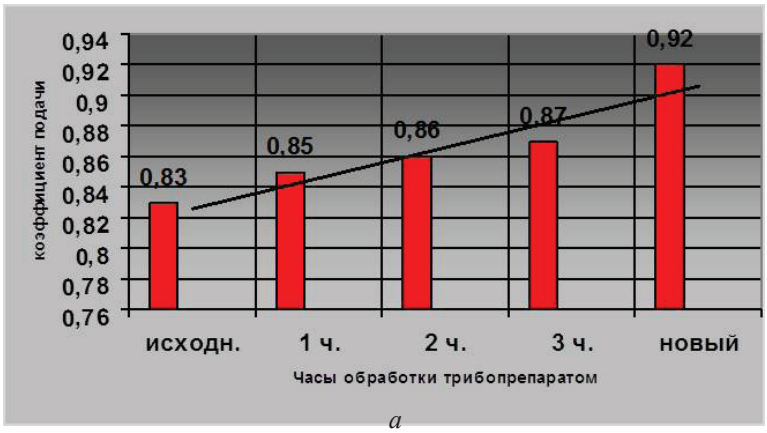
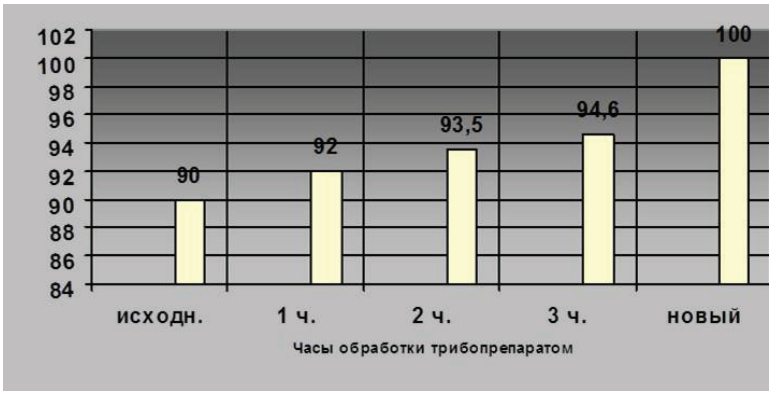


Рисунок 5 – Зависимость подачи масла от давления в исследуемом диапазоне температур

Выявлено также, что с каждым часом триботехнической обработки возрастает подача насоса, коэффициент подачи (рисунок 6а) и наблюдается тенденция увеличения ресурса насоса (рисунок 6б).



а



б

Рисунок 6 - Зависимость коэффициента подачи (а) и прогнозируемого ресурса (б) от времени триботехнической обработки гидронасоса серии НШ

В испытаниях пяти насосов (рисунок 7) у четырех коэффициенты подачи возросли до допустимых пределов (0,70). А насос № 2 с изначально низким коэффициентом подачи не допущен к эксплуатацию.

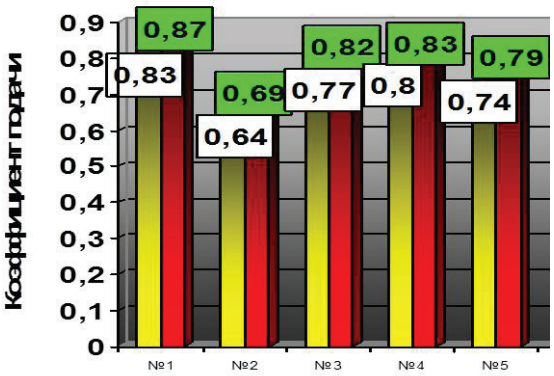


Рисунок 7.
Коэффициенты подачи гидронасосов до и после их триботехнической обработки.

Результаты исследований позволяют рекомендовать триботехническую обкатку гидронасосов к внедрению в производство. Однако с трибосоставоа РВД не целесообразно обрабатывать насосы с исходными значениями подачи ниже 0,7. В дальнейших исследованиях целесообразно испытать другие Трибосоставы, например, «ГРАФ» Красноярского ИХХТ СО РАН, серпентиновый состав «Энион-Балтика».

Литература

1. Черноиванов В.И. Продление ресурса сельхозтехники применением нанотехнологий и модернизацией в процессе ремонта/ В.И., Черноиванов, А.К. Ольховацкий //Труды ГОСНИТИ.- М.: ГОСНИТИ, 2008.- Том 102.- С. 14-22.

2. Гаркунов Д.Н. Триботехника (конструирование, изготовление и эксплуатация машин): Учебник. 5-е издание /Д.Н. Гаркунов//М.: МСХА, 2002.- Том 2.- 632 с.

3. Зуев В.В. Конституция, свойства минералов и строение земли (энергетические аспекты) /В.В. Зуев.- С.-Пб: Наука, 2005.- 400 с.

4. Дунаев А.В. Безразборный ремонт оборудования, в том числе автотракторной техники, «добавками» к моторным, трансмиссионным и гидравлическим мАслам/ А.В. Дунаев, С.П. Хазов, В.Н. Дураджи, В.Г. Рыжов //Машинно-технологическая станция.- 2003, № 3.- С. 49-52.

5. Шабанов А.Ю. Очерки современной автохимии. Мифы или реаль-ность/А.Ю. Шабанов//СПб: 2004.- 216 с.

6. Балабанов В.И. Безразборный сервис автомобиля (обкатка, профилактика, очистка, тюнинг, восстановление).- М.: Известия, 2007.- 320 с.

7. Пустовой И.Ф. 14-летний опыт Питерской РВС-технологии/ И.Ф. Пустовой // Труды ГОСНИТИ.- М.: ГОСНИТИ, 2011.- Том 107, ч.2.- С. 38-40.

8. Гвоздев А.А. Безразборное восстановление и совершенствование обкатки агрегатов в техническом и экологическом аспектах/ А.А. Гвоздев, А.В. Дунаев, И.В. Евграфов, М.В. Козинец //Труды ВИЭСХ.- Ч.2.- М.: ВИЭСХ, 2004.- С. 331-336.

9. Гвоздев А.А. Увеличение ресурса автотракторных двигателей трибохимической обработкой в процессе эксплуатации/ А.А. Гвоздев, М.В. Козинец//Труды ГОСНИТИ.- М.: ГОСНИТИ, 2009.- Том 104.- С. 40-44.

10. Гвоздев А.А. Обкатка и эксплуатация узлов и агрегатов с использованием минеральных добавок к маслу / А.А Гвоздев, Е.Л. Орешков, М.В. Козинец //Сбор-ник научных трудов 11-й Международной научно-технической конференции: Информационная среда ВУЗа.- Иваново: ИГАСА, 2004.- С. 264-265.

11. Гвоздев А.А. Исследования новых энергосберегающих триботехнических препаратов//Ю.А. Мазалов, А.В. Дунаев, А.А. Гвоздев, А.В. Федотов//Труды международной научно-технической конференции «Энергообеспечение и энергосбережение».- М.: ВИЭСХ, 2010.- Том 5.- С. 174-180.

12. Гвоздев А.А. Совершенствование обработки узлов трения с использованием геотрибомодификаторов/ А.А. Гвоздев, А.П. Сизов, М.В. Кози-нец // Ремонт. Восстановление. Модернизация, 2004.- № 9. С. 23-25.

13. Дунаев А.В. Технологические рекомендации по повышению ресурса агрегатов тракторов ремонтно-восстановительными добавками к смазочным мате-риалам/ А.В. Дунаев, В.П. Лялякин, Р.Ю. Соловьев.- М.: ФГБНУ «Росинформ-агротех», 2013.- 96 с.

14. Модернизация изношенной техники с применением трибопрепаратов/А.В. Дунаев, С.Н. Шарифуллин // Казань: Казанский универси-тет, 2013.- 272 с.

15. Агрегаты гидроприводов сельскохозяйственной техники. Технические требования на капитальный ремонт.- М.: ГОСНИТИ, 2006.- 152 с.

IMPROVING BENCH TESTING HYDRAULIC PUMPS NSH SERIES

Gvozdev A.A., Prof., Ph.D.,
Ivanovo State agricultural academy
named after D.K. Belyaev
e-mail: resurs1959@yandex.ru, tel. 8-903-878-58-42

***Annotation**. In this work the possibility of improving the quality of bench testing hydraulic pumps in the conditions of the manufacturer, repair facility and subsequent operation by tribological processing to increase the resource, reducing the flow of failures and the cost of spare parts.*

***Keywords**: hydraulic pump, running, resource, geomodifiers of friction, wear, reliability.*

Referencces

1. Chernoivanov V.I. To extend the service life of agricultural equipment by using nanotechnology and modernization in the repair process/V.I. Cher-noivanov, A.K. Olhovatsky //Proceedings of GOSNITI.- M.: GOSNITI, 2008.- Volume 102.- P. 14-22.

3. Garkunov D.N. Tribology (design, manufacture and operation of machines): Textbook. 5th edition /D.N. Garkunov //Moscow: Moscow agricultural Academy, 2002.- Volume 2.- 632 p.

4. Zuev V.V. The constitution and properties of minerals and earth structure (power aspects) /V.V. Zuev.- St.-Petersburg: Nauka, 2005.- 400 p.

5. Dunaev A.V. Repair of equipment, including automotive vehicles, the «additi-ves» to engine, transmission and hydraulic oils /A.V. Dunaev, S.P. Khazov, V.N. Dura-gi, V.G. Ryzhov //Mashinno-technological stati-on.- 2003, № 3.- P. 49-52.

6. Shabanov A.Yu. Essays on modern chemistry. Myth or reality/A.Yu Shabanov// SPb: 2004.- 216 p.

7. Balabanov V.I. CIP services (testing, prevention, treatment, tuning, recovery), Moscow: Izvestia, 2007.- 320 p.

8. Pustovoi I.F. A 14-year veteran of the St. Petersburg RVS-technology/ I.F. Pus-tovoy // Proceedings of GOSNITI.- M.: GOSNITI, 2011.- Volume 107, part 2, P. 38-40.

9. Gvozdev A.A. CIP rehabilitation and improvement of the running of aggregates, technical and environmental aspects/A.V. Dunaev, A.A. Gvozdev, I.V. Evgrafov, M.V. Kozinets //Proceedings VIESH.- Part 2.- Moscow: VIESH, 2004.- P. 331-336.

10. Gvozdev A.A., Increase resource automotive engines tribochemicaltion proce-ssing in the process of exploitation/ A. A. Gvozdev, M. V. Kozinets//Proceedings of GOSNITI.- M.: GOSNITI, 2009.- Tom 104.- S. 40-44.

11. Gvozdev A. A. Running and operation of components and assemblies using mi-mineral additives to the oil / A. A. Gvozdev, E. L. Oreshkin, M. V. Kozinets // Collecti-on of scientific works of 11-th International scientific-technical conference: Information environment of the University.- Ivanovo: IGASA, 2004.- P. 264-265.

12. Gvozdev A.A. Tribological Studies of new energy saving drugs//J.A. Mazalov, A.V. Dunaev, A.A. Gvozdev, A.V. Fedotov //Proceedings of international scientific-tec-hnical conference «Eenergy Supply and energy saving».- Moscow: VIESH, 2010.- Vo-lume 5.- P. 174-180.

13. Gvozdev A.A. Improvement of processing friction with the use of getremote-folders/ A.A. Gvozdev, A.P. Sizov, M.V. Kozinets // Repair. Recovery. Modernization, 2004.- No. 9.- P. 23-25.

14. Dunaev A.V. Technological recommendations for increasing the resource units of tractor repair and restoration additives for lubricants/ A.V. Dunaev, V.P. Lyalyakin, R.Yu. Soloviev.- M.: FSBSI «Rosinformagrotech», 2013.- 96 p.

15. Dunaev A.V. Modernization of the worn-out equipment with the use of truboadditives/ A.V. Dunaev, S.N. Sharifullin //Kazan: Kazan University, 2013.- 272.

16. Units of hydraulic drives of agricultural machinery. Technical requirements for the overhaul.- M.: GOSNITI, 2006.- 152 p.

УДК 631.3-52.001.57

МЕТОД СТРУКТУРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ

Пархоменко С.Г., доцент кафедры тракторов и автомобилей, кандидат технических наук, доцент (Азово – Черноморский инженерный институт – филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный аграрный университет» в г. Зернограде, тел. 89188917773, e-mail: s-parkhom@mail.ru)

Пархоменко Г.Г., ведущий научный сотрудник отдела механизации полеводства, кандидат технических наук (Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо – Кавказский научно – исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства», г. Зерноград, тел. 89188917774, e-mail: parkhomenko.galya@yandex.ru)

Аннотация. *Статья посвящена вопросам стабилизации тягового сопротивления машин для обработки почвы. Предлагаемый метод позволяет повысить эффективность регулирования эксплуатационных режимов работы почвообрабатывающих агрегатов с допускаемыми отклонениями глубины обработки почвы.*

Ключевые слова: *почва, силовой регулятор, следящие системы, эксплуатация*

В условиях интенсификации современного с/х производства особое значение приобретает задача автоматизации технологических процессов обработки почвы [1, 2]. Увеличение ширины захвата машины, рабочей скорости и, как следствие, производительности; повышение мощности энергосредства, точности регулирования режимов эксплуатации требует разработки современных систем автоматического регулирования (САР) почвообрабатывающих агрегатов. Для автоматизации имеются реальные предпосылки, состоящие в том современные энергосредства, агрегатирующие почвообрабатывающие машины, оснащены гидроприводом.

Одним из направлений автоматизации почвообрабатывающих агрегатов является стабилизация тягового сопротивления машин при допускаемом отклонении глубины рыхления от требуемой. Это способствует улучшению эксплуатационно-технологических показателей почвообрабатывающего агрегата: повысить загрузку двигателя, увеличить производительность и снизить расход топлива энергосредства. Однако возникает противоречие при выполнении требований стабилизации тягового сопротивления и соблюдения допускаемого отклонения глубины от требуемой ввиду неровности поверхности поля и непостоянства физико-механических свойств почвы (влажности, твёрдости, механического состава). Это обеспечивается при высокой точности устройств для автоматического регулирования эксплуатационных режимов работы почвообрабатывающих агрегатов (регуля-

торов). Силовые регуляторы не обеспечивают достаточной точности [3]. Рабочий процесс силовой САР характеризуется рысканием исполнительного механизма, причиной которого являются большие гистерезисные потери от сил сухого трения в сопряжениях силоизмерительного устройства, появление которых обусловлено несовершенством его кинематической схемы, что неизбежно приводит к увеличению ошибки и снижению точности регулирования. Отсутствие сведений о влиянии демпфирующих свойств почвы на параметры процесса функционирования почвообрабатывающего агрегата зачастую приводит к неоправданному увеличению запаса устойчивости САР, что также приводит к снижению точности регулирования. Высокая точность достигается только при использовании дополнительного автоматического следящего [4] регулирования глубины обработки почвы, применение которого ограничено в связи с отсутствием научно-обоснованных методик оптимизации САР эксплуатационных режимов работы агрегата.

Цель: повышение эффективности регулирования эксплуатационных режимов работы почвообрабатывающих агрегатов.

Методика. В теории САР [5] исследование систем состоит из нескольких этапов:

• расчленение системы на отдельные звенья и выбор обобщённых координат;

• определение статических характеристик звеньев;

• составление уравнений движения звеньев;

• составление структурной схемы системы;

• составление и анализ дифференциального уравнения движения системы с целью оптимизации параметров.

Дифференциальные уравнения движения системы на основании принципа суперпозиции составляются по каждому из возмущений отдельно и в результате представления их в изображениях по Лапласу, определяются передаточные функции звеньев. Затем определяются модульные амплитудные частотные характеристики с помощью преобразования Фурье, на основании которых осуществляется анализ САР в диапазоне изменения максимумов спектральных плотностей входных воздействий из условия минимального значения выходного параметра. Для получения искомого дифференциального уравнения движения системы осуществляется обратное преобразование Лапласа передаточных функций.

Для оптимизации параметров САР эксплуатационных режимов работы почвообрабатывающих агрегатов использован метод структурного моделирования [6] в программном комплексе «Моделирование в технических устройствах» (ПК «МВТУ»), разработанным на кафедре «Ядерные реакторы и ядерные энергетические установки» МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Структурная схема моделирования в ПК «МВТУ» составляется с использованием функциональных блоков из библиотек программного комплекса. Структурная схема моделирования преобразуется в систему уравнений в форме Коши, оптимизация параметров осуществляется численными методами интегрирования [7].

Результаты и обсуждения. Структурная схема моделирования представлена на рис. 1.

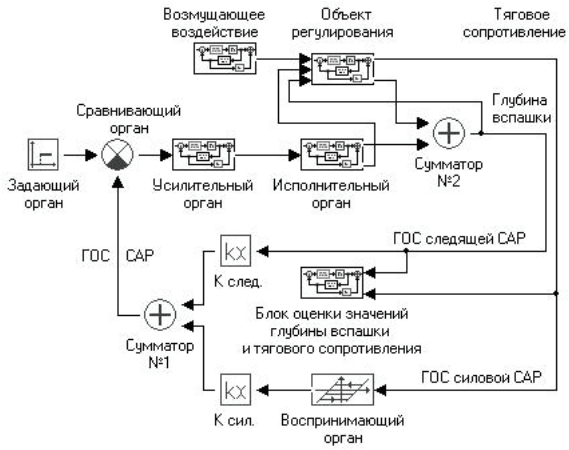


Рис. 1. Структурная схема моделирования комбинированной следяще-силовой САР почвообрабатывающего агрегата МТЗ-80 и ПН-3-35:
ГОС – главная обратная связь,
$К_{след}$ – коэффициент усиления следящей САР;
$К_{сил}$ – коэффициент усиления силовой САР

В ПК «МВТУ» предусмотрен режим оптимизации параметров САР по характеристикам переходных процессов при ступенчатых входных воздействиях. Наиболее точно оптимизацию параметров САР производить по критерию допускаемой неравномерности глубины обработки почвы при достаточной эффективности силового регулирования, т. е. при некоторых периодических детерминированных возмущающих воздействиях, например, при треугольном, которое наиболее полно соответствует реальным условиям работы, в отличие от ступенчатого (прямоугольного).

Для расчёта критериев оптимизации [8, 9, 10, 11, 12] разработан блок оценки значений глубины обработки почвы и тягового сопротивления агрегата (рис. 2).

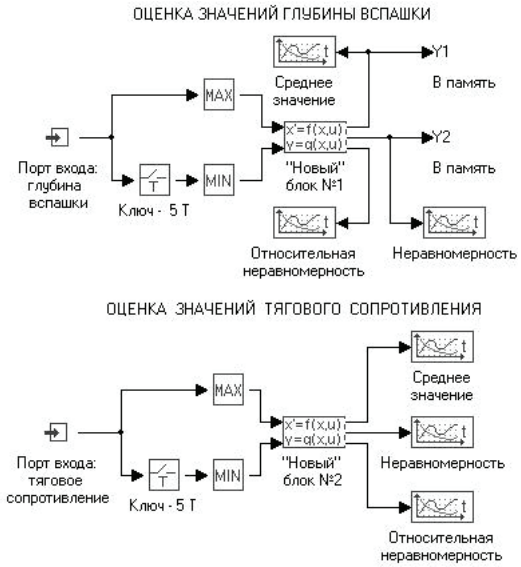


Рис. 2. Блок оценки значений глубины обработки почвы и тягового сопротивления агрегата

Неравномерность глубины вспашки и тягового сопротивления вычисляются по алгоритмам соответственно в блоках: «Новый» блок №1 и «Новый» блок №2.

Тяговое сопротивление почвообрабатывающего агрегата определяется по формуле:

$$R = K_0 \cdot B \cdot a \cdot \left[1 + \left(V_p - V_0 \right) \cdot \frac{\Delta c}{100} \right] + m \cdot \frac{dV_p}{dt} \quad ,$$

где K_o– удельное сопротивление почвы (кПа) при начальной скорости движения V_o равной 5 км/ч;

B – ширина захвата почвообрабатывающего агрегата, м;

a – глубина обработки почвы, м;

V_p – рабочая скорость движения агрегата, км/ч;

Δ_c– изменение удельного сопротивления (%) при изменении скорости движения на 1 км/ч от начальной ;

m – масса почвообрабатывающего агрегата с почвой, находящейся на рабочих органах, т;

t– текущее время, с.

Применительно к пахотному агрегату МТЗ-80 и ПН-3-35 [13] оптимальные коэффициенты усиления в ГОС САР составляют : $К_{след}$ =0,18 и $К_{сил}$ =0,52, при сокращении доли силового регулирования и увеличении следящего ($К_{след}$ =0,63; $К_{сил}$ =2,07) неустойчивость глубины снижена до 0,01 м (4,8%) за счёт возросшей до 16,2% неравномерности тягового сопротивления почвообрабатывающего агрегата.

Выводы:

• Разработанная по предлагаемому методу следяще-силовая САР применительно к пахотному агрегату МТЗ-80 и ПН-3-35 обеспечивает выполнение агротехнических требований в пределах допускаемого отклонения глубины обработки почвы от заданной.

• Для конкретных условий эксплуатации с помощью разработанного метода можно выбирать наиболее подходящие варианты улучшения агротехнических показателей и повышения эффективности почвобрабатывающего агрегата.

Литература

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

2. Пархоменко, С.Г. Совершенствование функционирования МТА с колесным трактором класса 1,4 на основе оптимизации параметров пневматических шин / Пархоменко Сергей Геннадьевич // Дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.01 – Зерноград, 1999. – 156 с.

3. Пархоменко, Г.С. Компьютерное моделирование усовершенствованной силовой САР трактора МТЗ-80 / Г.С. Пархоменко, С.Г. Пархоменко, Г.Г. Пархоменко // Физико-технические проблемы создания новых технологий в агропромышленном комплексе: Сборник научных трудов. Т. III. – Ставрополь. – 2003. – С. 744-749.

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

5. Настенко, Н.Н. Основы автоматизации сельскохозяйственного производства / Н.Н. Настенко, Л.А. Борошок. – М.: Колос, 1967. – 231 с.

6. Системы автоматического регулирования: практикум по математическому моделированию / Б.А. Карташов, А.Б. Карташов, О.С. Козлов, Г.С. Пархоменко, С.Г. Пархоменко; под ред. Б.А. Карташова. – Ростов н/Д: Феникс, 2015. – 458 с.

7. Пархоменко, С.Г. Моделирование работы дизельного двигателя с всережимным регулятором в программном комплексе «МВТУ» / С.Г. Пархоменко, Г.Г. Пархоменко // Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы: Матер. V Всероссийской научно-практич. конф. – Рубцовск. – 2015. – С. 61-68.

8. Пархоменко, Г.С. Расчёт в MATHCAD рабочих режимов тягово-приводных машинно-тракторных агрегатов / Г.С. Пархоменко, С.Г. Пархоменко, Г.Г. Пархоменко // Достижения науки – агропромышленному производству: Матер. XLIV Междунар. научно-техн. конф. ФГОУ ВПО «Челябинский государственный агроинженерный университет». – Челябинск. – 2005. – С. 271-275.

9. Пархоменко, Г.С. Анализ рабочих режимов и расчёт на ПЭВМ состава тяговых машинно-тракторных агрегатов / Г.С. Пархоменко, С.Г. Пархоменко, Г.Г. Пархоменко // Матер. XLII Междунар. научно-техн. конф. ФГОУ ВПО «Челябинский государственный агроинженерный университет». – Челябинск. – 2003. – С. 315-320.

10. Пархоменко, Г.С. Моделирование на ПЭВМ по программному комплексу МВТУ усовершенствованной силовой САР трактора МТЗ-80 / Г.С. Пархоменко, С.Г. Пархоменко, Г.Г. Пархоменко // Матер. XLIII Междунар. научно-технич. конф. ФГОУ ВПО «Челябинский государственный агроинженерный университет». – Челябинск. – 2004. – С. 22-26.

11. Пархоменко, Г.С. Моделирование на ПЭВМ следящей системы с нелинейным колебательным объектом регулирования / Г.С. Пархоменко, С.Г. Пархоменко, Г.Г. Пархоменко // Матер. XLV Междунар. научно-технич. конф. ФГОУ ВПО «Челябинский государственный агроинженерный университет». – Челябинск. – 2006. – С. 34-38.

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

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

METHOD OF STRUCTURAL MODELING OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS OF OPERATIONAL MODES OF TILLAGE UNITS

S. G. Parkhomenko, Candidate of Technical Sciences, associate professor of the tractor and automobile department,
(Azov-Black Sea Engineering Institute – branch FSBEE HE «Don State Agrarian University» in Zernograd. Phone: 89188917773, e-mail: s-parkhom@mail.ru
G. G. Parkhomenko, Candidate of Technical Sciences, leading research staff member of the department of field crop cultivation mechanization
(Federal State Budgetary Scientific Institution Northern-Caucasian Scientific Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture. Phone: 89188917774, e-mail: parkhomenko.galya@yandex.ru)

Annotation. *The article is devoted to stabilize traction resistance for soil processing machines. The proposed method allows to increase the effectiveness of regulation of operating modes of tillage units with the permitted deviations tillage depth.*

Keywords: *soil, power regulator, servo system, operation*

References

1. Parkhomenko G. G., Parkhomenko S. G. Increasing the operational reliability of automatic control systems of tillage machines. Trudy GOSNITI [Proc. of the GOSNITI]. Moscow, 2016, Vol. 122, pp. 87-91 (in Russ.).

2. Parkhomenko S. G. Sovershenstvovanie funktsionirovaniya MTA s kolesnym traktorom klassa 1,4 na osnove optimizatsii parametrov pnevmaticheskikh shin. Diss. kand. tekhn. nauk [Improving the operation of the machine-tractor unit with a wheel tractor grade 1,4, based on the optimization of parameters of pneumatic tires. Cand. tech. sci. diss.]. Zernograd, 1999, 156 p. (in Russ.).

3. Parkhomenko G. S., Parkhomenko S. G., Parkhomenko G. G. Computer modeling of the advanced power system of automatic control of tractor MTZ – 80. Fiziko-tekhnicheskie problemy sozdaniya novykh tekhnologiy v agropromyshlennom komplekse: Sbornik nauchnykh trudov. T. III. [Physical and technical problems of creation of new technologies in the agro-industrial complex: Collection of scientific papers vol. III]. Stavropol, 2003, pp. 744-749 (in Russ.).

4. Parkhomenko G. G. Sovershenstvovanie tekhnologicheskogo protsessa obrabotki pochvy v ryadakh mnogoletnikh nasazhdeniy. Diss. kand. tekhn. nauk. [Improving the process of tillage in the ranks of perennial crops. Cand. tech. sci. diss.]. Zernograd, 2000, 156 p. (in Russ.).

5. Nastenko N.N., Boroshok L.A. Osnovy avtomatizatsii sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva [Fundamentals of automation of agricultural production]. Moscow, "Kolos" Publ., 1967. 231 p.

6. Kartashov B.A., Kartashov A.B., Kozlov O.S., Parkhomenko G.S., Parkhomenko S.G. Sistemy avtomaticheskogo regulirovaniya: praktikum po matematicheskomu modelirovaniyu. [Automatic control systems: workshop on mathematical modeling]. Rostov-on-Don, "Feniks" Publ., 2015, 458 p.

7. Parkhomenko S. G., Parkhomenko G.G. Modelling of operation of the diesel engine with the all-speed governor in the software package MBTY. Sovremennaya tekhnika i tekhnologii: problemy, sostoyanie i perspektivy: Materialy V Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii 26-27 noyabrya 2015 g. Rubtsovskiy industrial'nyy institut. [Modern equipment and technologies: problems, state and prospects. Mater. V All-Russian pract. sci. conf. November 26-27, 2015, RII]. Rubtsovsk, 2015. pp. 61–68 (in Russ.).

8. Parkhomenko G. S., Parkhomenko S. G., Parkhomenko G. G. Calculation in MATHCAD operating modes of the traction-drive machine-tractor units. Dostizheniya nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu: Mater. XLIV Mezhdunar. nauchno – tekhn. konf. FGOU VPO «Chelyabinskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet» [Advances in science - agricultural production: Materials XLIV Intern. scientific and technical. Conf. FSEI HPE «Chelyabinsk state Agroengineering University]. Chelyabinsk, 2005, pp. 271-275 (in Russ.).

9. Parkhomenko G. S., Parkhomenko S. G., Parkhomenko G. G. An analysis of the operating modes and the calculation on the PC composition traction tractor units. Mater. XLII Mezhdunar. nauchno – tekhn. konf. FGOU VPO «Chelyabinskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet» [Mater. XLII Intern. scientific and technical. Conf. FSEI HPE «Chelyabinsk state Agroengineering University]. Chelyabinsk, 2003, pp. 315-320 (in Russ.).

10. Parkhomenko G. S., Parkhomenko S. G., Parkhomenko G. G. Modeling on the PC for software complex MBTY advanced power system of automatic control of tractor MTZ – 80. Mater. XLIII Mezhdunar. nauchno – tekhn. konf. FGOU VPO «Chelyabinskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet» [Mater. XLIII Intern. scientific and Techn. Conf. FSEI HPE «Chelyabinsk state Agroengineering University]. Chelyabinsk, 2004, pp. 22-26 (in Russ.).

11. Parkhomenko G. S., Parkhomenko S. G., Parkhomenko G. G. Modeling on the PC servo system with nonlinear oscillatory object of regulation. Mater. XLV Mezhdunar. nauchno – tekhn. konf. FGOU VPO «Chelyabinskiy gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet» [Mater. XLV Intern. scientific and Techn. Conf. FSEI HPE «Chelyabinsk state Agroengineering University]. Chelyabinsk, 2006. pp. 34-38 (in Russ.).

12. Parkhomenko G. S., Parkhomenko S. G., Parkhomenko G. G. The methodology of parametric optimization in the software package MBTY of a combined slease – power system of automatic control of arable unit with a tractor grade 1,4. Sovershenstvovanie tekhnicheskikh sredstv v rastenievodstve. Mezhvuzovskiy sbornik nauchnykh trudov [Improvement of technical equipment in crop production. Interuniversity collection of scientific papers]. Zernograd, 2010, pp.3-12 (in Russ.).

13. Parkhomenko S. G., Parkhomenko G. G. Parametric optimization of a combined slease – power system of automatic control of arable unit. Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya resursov pri proizvodstve sel'skokhozyaystvennoy produktsii – novye tekhnologii i tekhnika novogo pokoleniya dlya rastenievodstva i zhivotnovodstva: Sbornik nauchnykh dokladov XVIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, 23 – 24 sentyabrya 2015 goda, g. Tambov. [Improving the efficiency of resource use in the production of agricultural products – new technologies and a new generation of equipment for crops and livestock. Collection of scientific reports of XVIII Intern. scientific-practical. Conf., September 23-24, 2015, Tambov]. Tambov, R. V. Pershin publishing house, 2015, pp. 18–22. (in Russ.).

УДК 001:338.436.33(470)

НАУКА В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ РОССИИ

Т.Е. Маринченко, науч. сотр., 9419428@mail.ru,
В.Н. Кузьмин, гл. науч. сотр., зав. отделом, д-р экон. наук
(ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса» (ФГБНУ «Росинформагротех»),
kwn2004@mail.ru +7(495)993-44-04,)

Аннотация. *Проведен анализ научных ресурсов АПК России на федеральном и региональном уровнях, который показал, что наука располагает достаточным потенциалом, способным активизировать инновационную деятельность. Предложены меры по развитию аграрной науки.*

Ключевые слова: *АПК, научный потенциал, регионы, результативность, повышение эффективности*

Объектом исследования являлись организации, которые могут проводить исследования и разработки в сфере АПК.

Цель работы — оценить и систематизировать научный потенциал в АПК.

В исследовании использованы абстрактно-логический и экономико-статистический методы.

АПК является крупнейшей жизнеобеспечивающей сферой, его состояние и экономическая эффективность оказывают решающее влияние на уровень продовольственного обеспечения и благосостояния народа.

Высокий научный потенциал и индустриальные технологии в АПК обуславливают способность выпуска принципиально новых высокопроизводительных и ресурсосберегающих машин и оборудования, создания высокопродуктивных пород, типов, линий и кроссов животных и птицы. Происходит повсеместно модернизация производств, связанная с роботизацией и автоматизацией производственных процессов, обеспечивающих контроль потоков сырья, энергии, продукции и т.д. [1, 2].

В России заказ на научные исследования в интересах отрасли формируется в виде государственного задания Минсельхоза России на выполнение прикладных научных исследований исходя из актуальных задач, определенных отраслевой стратегией. Другие организации самостоятельно заказывают НИОКР у научных учреждений [3, 4].

Научно-исследовательское обеспечение отрасли осуществляют:

научно-исследовательские учреждения (НИУ) Федерального агентства научных организаций (ФАНО России) сельскохозяйственного направления (бывшие научные учреждения Россельхозакадемии) общей численностью 25,4 тыс. сотрудников: 194 государственных научных учреждения; 5 самостоятельных опытных станций; 160 федеральных опытно-производственных хозяйств [5];

подведомственные Минсельхозу России организации общей численностью 8,9 тыс. человек: 10 научно-исследовательских институтов (НИИ)

Минсельхоза России; 16 НИИ Росрыболовства; 3 НИИ Россельхознадзора;

организации системы высшего и дополнительного профессионального образования Минсельхоза России общей численностью — 23 тыс. научно-педагогических работников: 54 федеральных государственных бюджетных образовательных учреждений высшего профессионального образования (ВПО); 146 малых инновационных предприятий (МИП); 30 учебно-опытных хозяйств; 23 учреждения дополнительного образования.

В целях улучшения качества подготовки новых кадров в 48 вузах организованы и осуществляют практическую подготовку студенты 150 базовых кафедр. Большая их часть расположена на высокотехнологичных предприятиях, 44 вуза создали 146 МИП [6]. Их создание позволяет вузам стимулировать научную деятельность, обеспечить практическое обучение студентов и повысить их конкурентоспособность на рынке труда. Повысилось внимание Минсельхоза России к проблеме улучшения качества образования, выхода на международный уровень. Планируется внедрить программы повышения международной конкурентоспособности российских аграрных вузов, усилить исследовательский блок в университетах, в том числе в рамках международной кооперации. Аграрные вузы для получения поддержки должны будут разработать внутренние, стратегические дорожные карты, увязанные с технологическими дорожными картами, которые Минсельхоз России разрабатывает по отраслям и подотраслям АПК и рыбного хозяйства. Эти меры призваны синхронизацию между внедрением новых технологий и подготовкой специалистов, способных с ними работать [2, 19].

Фундаментальные исследования финансируются из федерального бюджета, прикладные — из федерального и частично из бюджетов субъектов РФ. Базой для разработки программ исследований являются состояние и прогноз развития АПК на краткосрочную и долгосрочную перспективу, утвержденные приоритеты научных исследований, прогрессивные достижения отечественных и зарубежных научных школ и выдающихся ученых [3, 4].

В бюджете 2015 г. по линии РАН на проведение фундаментальных исследований было запланировано 8 млрд руб. Минсельхоз России и Минобрнауки России профинансировали прикладные исследования общим объёмом около 1 млрд руб. (табл.1).

Таблица 1

Финансирование из федерального бюджета исследований в АПК, млн руб. [6]

Годы	2012	2013	2014
Фундаментальные научные исследования			
Россельхозакадемия, ФАНО России	7309,8	7654,8	8095.4*
Прикладные научные исследования			
Всего, в том числе	885	842,1	949,4
Минсельхоз России	484,3	491,6	623,7
Минобрнауки России**	152,9	123,3	29
Россельхознадзор	247,8	227,2	296,7
ИТОГО	8194,8	8496,9	9044,8
Доля прикладных исследований, %	10,8	9,9	10,4

Ретроспективный анализ данных Росстата, формы статистического наблюдения № 2-наука «Сведения о выполнении научных исследований и разработок» в период 2000-2014 гг. показал, что число исследователей в области с. х. в целом по РФ сократилось на 18% (с 14390 в 2000 г. до 11869 человек в 2014 г.).

При этом затраты на НИОКР в с. х. за тот же период увеличились в 8,9 раз (с 1540 млн руб. до 13687 млн руб.). Из них внутренние затраты в 2000 г. составляли 94%, в 2014 г. – 98%. За этот период они выросли в 9,3 раза (со 1446,3 млн до 13412,9 млн руб.). Изменилась сама структура внутренних текущих затрат (без амортизации): доля затрат на оплату труда с учетом начислений увеличилась на 12 %, доли затрат на оборудование, других материальных и прочих текущих затрат – снизилась.

Капитальные затраты на НИОКР в с. х. возросли с 71,1 млн руб. в 2000 г. до 256,7 млн. руб. в 2014 г. - в 3,6 раза.

Структура внутренних текущих затрат на НИОКР по видам работ также изменилась: если в 2000 г. фундаментальные исследования составляли 38%, прикладные – 29%, разработки – 33%, то в 2014 г. - 57%, 28%, 15% соответственно [8].

По форме статистического наблюдения № 4-инновация «Сведения об инновационной деятельности организации» отчитываются организации определенных видов деятельности в соответствии с Общероссийским классификатором видов экономической деятельности – ОКВЭД. Сельскохозяйственные организации по этой форме не отчитываются. Из подотчетных организаций, которые можно отнести к АПК, это - производство пищевых продуктов, включая напитки (код ОКВЭД 15), производство табачных изделий (код 16), производство химических средств защиты растений (пестицидов) и прочих агрохимических продуктов (код 24.20). В 2000 г. таких организаций насчитывалось 5156, к 2014 г. число их сократилось на 42% и составило 2969.

Из числа обследованных организаций АПК доля организаций, которые осуществляли технологические инновации, остается примерно на одном уровне: в 2000 г. - 9%, в 2014 г. – 10%.

При этом объем отгруженных товаров работ и услуг собственного производства возрос в 36,7 раз с 99158,7 млн. руб. в 2000 г. до 3640136,4 млн руб. в 2014 г., а инновационных товаров – только в 8 раз (с 22542,1 млн руб. в 2000 г. до 180937,9 млн руб. в 2014 г.). Поэтому доля инновационной продукции в общем объеме сократилась с 23% в 2000 г. до 5% в 2014 г.

Затраты на технологические инновации за этот же период выросли в 3,45 раза с 7601,5 млн руб. до 26217,4 млн руб. [8] .

По оперативным данным Минсельхоза России (по 71 субъекту) в период 2000-2015 гг. число федеральных и региональных организаций, выполняющих НИОКР в с. х., осталось на прежнем уровне (150 организаций в 2000 г. и 151 — в 2015 г.). При этом наблюдались колебания в течение анализируемого периода: как увеличение числа организаций (в 2009 г. – 164 организации, рост на 9,3 %), так и снижение (в 2013 г. – 125 организаций, снижение на 16,7%). Объем финансирования НИОКР в с. х. из бюджетов субъектов РФ в 2015 г. составлял 144,5 млн руб. — увеличение в 8,5 раз по сравнению с 2000 г. (17,1 млн. руб.). В течение анализируемого периода с небольшими колебаниями он возрастал (максимум — в 2013 г. – 594,4 млн руб.).

Увеличилось количество научных организаций в Уральском, Северо-Кавказском, Северо-Западном федеральных округах, осталось примерно на том же уровне — в Дальневосточном, Приволжском, Южном, Центральном и уменьшилось — в Сибирском федеральном округе.

Изменение уровня финансирования НИОКР в с. х. из бюджетов субъектов федеральных округов не показало связи объемов финансирования и числа организаций АПК, выполняющих НИОКР в с. х. (табл. 2).

Таблица 2

Динамика научного потенциала АПК в субъектах Российской Федерации (по оперативным данным Минсельхоза России о 71 субъекте)

Структура организаций в АПК, выполняющих научные исследования	Число организаций в АПК, ед.		Объем финансирования из бюджета субъектов, тыс. руб	
	2000	2015	2000	2015
Центральный федеральный округ	39	22	811,6	11593
Научно-исследовательские учреждения и организации	28	18	365	1517
Образовательные учреждения высшего образования	8	8	301,6	100
Проектные и проектно-изыскательские организации	1		45,0	
Опытные заводы	1	0		
Северо-Западный федеральный округ		37	2161	16992,1
Научно-исследовательские учреждения и организации	3	15	1051	4093,1
Образовательные учреждения высшего образования	3	13	0	6400
Проектные и проектно-изыскательские организации	1	1		1400
Опытные заводы	1	1		0
Северо-Кавказский федеральный округ	7	9		2442,6
Научно-исследовательские учреждения и организации	5	5		
Образовательные учреждения высшего образования	3	3		
Южный федеральный округ	3	3		11494,8
Научно-исследовательские учреждения и организации	5	11		3944,8
Образовательные учреждения высшего образования	2	4		7550
Проектные и проектно-изыскательские организации	1	1		
Приволжский федеральный округ	39	22	6382,3	66310,24
Научно-исследовательские учреждения и организации	38	1	4999,3	658
Образовательные учреждения высшего образования	19	16	2592	28600
Уральский федеральный округ	9	9	2983	30594
Научно-исследовательские учреждения и организации	5	6	2054	3250

Образовательные учреждения высшего образования	7	4	929	929
Сибирский федеральный округ	28	16	3945	3475,7
Научно-исследовательские учреждения и организации	25	12	3645	7165
Образовательные учреждения высшего образования	2	3	240	590
Организации промышленности, имевшие научно-исследовательские, проектно-конструкторские подразделения	1		60,0	
Опытные заводы	3	1		
Дальневосточный федеральный округ	11	11	808	1638,5
Научно-исследовательские учреждения и организации	5	5	0	0
Проектные и проектно-изыскательские организации	5	5	-	-
Крымский федеральный округ		4		
РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ, В ЦЕЛОМ	150	151	17090,9	144541

Анализ структуры финансирования НИОКР в с. х. из бюджетов субъектов показал, что большая часть средств идет на финансирование научной деятельности в НИУ и учреждениях ВПО. На третьем месте по частоте и уровню финансирования находятся проектные и проектно-изыскательские организации. На последнем месте - организации промышленности, имевшие научно-исследовательские, проектно-конструкторские подразделения, случаи финансирования данных организаций единичны.

В целом, отмечая значительный увеличение финансирования из региональных бюджетов субъектов РФ за анализируемый период, можно отметить рост их соучастия в НИОКР в с. х., софинансировании научной деятельности в НИУ и учреждениях ВПО.

В научно-исследовательских организациях сельскохозяйственного направления ФАНО России (Россельхозакадемии) ежегодно разрабатывается около 2 тыс. видов научной продукции – это сорта и гибриды сельхозкультур, породы животных, вакцины, образцы машин (табл. 3).

Таблица 3.
Научно-техническая продукция научных учреждений Россельхозакадемии ФАНО России [6, 9].

Наименование	2008 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Сорта и гибриды сельскохозяйственных культур	258	270	315	298	293
Породы животных	-	1	1	-	
Типы животных и кроссы птиц	-	2	2	2	7
Новые селекционные формы животных, птиц, рыб и насекомых.	24	8	2	2	
Новые и усовершенствованные технологии	280	310	295	301	295
Технологические способы и приемы	227	270	289	295	286
Единицы машин, рабочих органов, приборов, оборудования	137	141	152	165	140

Вакцины, препараты и дезинфицирующие средства	69	59	61	59	47
Препаратов защиты растений	77	46	39	44	39
Новые наименования продуктов питания общего и специального назначения, пищевых добавок и концентратов продуктов	1167	528	400	364	392
Получено патентов и авторских свидетельств	722	735	724	755	741

Однако практическая отдача исследований крайне низка. Специалисты отмечают, что лабораторная база большинства наших институтов уступает ведущим зарубежным центрам, наблюдается большой разрыв по результативности работы. Структура спроса со стороны государства, бизнеса и структура научно-технических заделов не совпадают. В итоге уровень коммерциализации научных разработок явно недостаточен, продолжает расти разрыв между научным потенциалом и эффективностью его использования [1, 3, 7, 10]. Многие научные организации не имеют патентов, а из зарегистрированных институтами Россельхозакадемии ФАНО России поддерживается только 20%. Используется по лицензионным договорам или договорам переуступки прав еще меньшая доля. В среднем в России сумма роялти и лицензионных выплат на одного исследователя составляет $1,8 в год, в то время как в странах ОЭСР – $104,2, в США – $191,5 [9].

Степень вовлечения отечественных научных результатов в производство оказывает непосредственное влияние на уровень развития инновационных процессов в сельском хозяйстве, который специалистами оценивается как неоднозначный. Со стороны аграрной науки в последние годы, несмотря на серьезные экономические трудности, плодотворно работающей, создается большое количество качественной научной продукции, а авангардные сельхозтоваропроизводители, справляясь с неблагоприятными экономическими факторами, осваивают прогрессивные технологии. Сложившаяся негативная макроэкономическая ситуация определили падение спроса на научно-техническую и наукоемкую продукцию и замедление инновационных процессов в отрасли [3, 10].

Наиболее востребованы новые технологии и разработки со стороны агрохолдингов и других крупных товаропроизводителей, ориентированных на экспорт. Стратегия поведения на рынке, масштабы производства, организационная структура и более доступные инвестиционные средства для таких предприятий делает их более восприимчивыми к новым технологиям (рис. 1).

Малые и средние хозяйства показывают недостаточный потенциал внедрения современных технологий, что снижает темпы модернизации сельского хозяйства в целом [4].

Ситуацию должны изменить новые инициативы Минсельхоз России, который с целью обеспечения вывода АПК России на максимальную траекторию развития создает систему мониторинга и прогнозирования научно-технического прогресса, которая позволит оперативно корректировать планы работы с учетом новых прорывных научных открытий. Инфраструктурной основой такой системы станут отраслевые центры прогнозирования,

Рис.1 – Уровень востребованности новых технологий хозяйствующими субъектами [5].

сформированные на базе ведущих аграрных вузов, научных организаций и компаний. Системы технологического прогнозирования и стратегического планирования, регулярно корректируемые стратегические документы и программы должны обеспечить гибкость и адаптивность аграрной политики. Детализация в планировании, понимание целей и задач будут сочетаться с возможностью быстрого реагирования на изменения.

На основе научно-технологического Прогноза в 2017 году будут разработаны технологические дорожные карты для подотраслей АПК, которые позволят эффективно финансировать отраслевую науку в комплексе с отраслевой аграрной системой образования и аграрным бизнесом [2].

Для дальнейшего развития аграрной науки, углубления фундаментальных и приоритетных прикладных научных исследований для разработки конкурентоспособной научно-технической продукции, определения механизма участия науки в процессе освоения в производстве научных разработок, необходимо: совершенствовать процедуру государственного заказа на научные исследования; увеличить объемы прикладных разработок; развивать систему внедрения результатов НИР в производство (через проектное финансирование, создание селекционно-генетических центров, выделение сельскохозяйственного направления в деятельности институтов развития; создание МИП и др.); совершенствовать инновационную систему аграрных вузов.

Литература

1. *Заседание Совета по науке и образованию (21 января 2016 года Владимир Путин провёл заседание Совета при Президенте по науке и образованию / [Электронный ресурс] URL: http://www.anrb.ru/blog/Item/3974/7 (дата обращения: 20.05.2016).*
2. *Взгляд в следующие десятилетия // Информационный бюллетень Министерства сельского хозяйства Российской Федерации.- 2016. — №4, с. 14-19.*
3. *Кузьмин, В.Н. О функционировании инновационной системы в сельском хозяйстве / В.Н. Кузьмин // Труды ГОСНИТИ. — 2010. — Т. 105, С. 99-103*
4. *Прогноз научно-технологического развития АПК России на период до 2030 года // Информационный бюллетень Министерства сельского хозяйства Российской Федерации.- 2016. - №4, С. 20-23.*
5. *ФАНО России. Подведомственные организации / [Электронный ресурс] URL: http://fano.gov.ru/ru/about/sub_organizations/?q_4=&SUBJECT_ID_4=0&ORGANIZATION_FORM_4=0&count_per_page_4=30 (дата обращения: 21.03.2016).*
6. *Об инновационных технологиях в области сельского хозяйства: Доклад Министра сельского хозяйства Российской Федерации Н. В. Федорова на заседании президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России, прошедшем 24 ноября 2014 [Электронный ресурс] URL: http://government.ru/media/files/pONFm8m092E.pdf (дата обращения: 27.05.2016).*
7. *Савенко В.Г., Егоров Ю.Н., Савенко О.В., Лёвина Л.В. Развитие инновационной деятельности организаций сельскохозяйственного консультирования (методические рекомендации). 2013. — 155 с.*
8. *Индикаторы науки: 2016: стат. сб. / Н. В. Огородникова, Л. М. Гохберг, К. А. Дитковский [и др.]. — М.: НИУ ВШЕ, 2016. — 304 с.*
9. *Лачуга, Ю. Ф. Фундаментальные и поисковые исследования НИИ Отделения сельскохозяйственных наук РАН: результаты и планы // Сельскохозяйственные машины и технологии. — 2015. — №2. — с. 3-7.*
10. *Маринченко, Т.Е. Оценки перспективных инновационных проектов в рамках реализации Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы / Т.Е. Маринченко // Труды ГОСНИТИ. — 2015. — Т. 120. С. 8-13.*

SCIENCE IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX OF RUSSIA

T.E. Marinchenko, research engineer.9419428@mail.ru;
V.N. Kuzmin, chief research engineer, head of department, Doctor of Economics,
(FGBNU «Rosinformagrotekh»,
+7(495)993-44-04, 9419428@mail.ru)

Summary. *Analysis of the scientific potential of the agro-industrial complex (AIC) of Russia at the federal and regional levels was carried out. This analysis showed that the science has enough potential to promote innovation activities. The measures for agricultural science development.*

Keywords: *AIC, agrarian science, regions, effectiveness, efficiency increase.*

Bibliography

1. *Meeting of the Council for Science and Education (January 21, 2016, Vladimir Putin held a meeting of the Presidential Council for Science and Education / [electronic resource] URL: http://www.anrb.ru/blog/Item/3974/7 (reference date: 05.20.2016).*

2. A view into the next decade // Newsletter of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation.- 2016. – No. 4. P. 14-19.

3. Kuzmin V.N. On functioning of innovation system in agriculture // Proceedings of GOSNITI. - 2010. - Vol. 105. - P. 99-103.

4. Forecasting of scientific and technological development of Russia's agro-industrial complex (AIC) for 2030 // Newsletter of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation. - 2016. – No.4.- P. 20-23.

5. Federal Agency of Scientific Organizations of Russia. Subordinate organizations / [Electronic resource] URL:http://fano.gov.ru/ru/about/sub_organizations/?q_4=&SUBJECT_ID_4=0 & ORGANIZATION_FORM_4 = 0 & count_per_page_4 = 30 (reference date: 21.03.2016).

6. Innovative technologies in agriculture: Report of Nikolai Fedorov, Minister of Agriculture of the Russian Federation, at a meeting of the presidium of the Presidential Council of the Russian Federation on economic modernization and innovative development of Russia, November 24, 2014 [Electronic resource] URL: http: / /government.ru/media/files/pONFm8m092E.pdf (reference date: 05.27.2016).

7. Savenko V.G. Egorov Yu.N, Savenko O.V., Levina L.V. Development of innovative activities of agricultural consulting organizations (guidelines): 2013. - 155 pp.

8. Science Indicators 2016: collectуe articles / Ogorodnikova N.V., Hochberg L.M., Ditkovsky K.A. [et al.]. - Moscow: Higher School of Economics, 2016. - 304 pp.

9. General meeting of the Russian Agricultural Academy / [Electronic resource] URL: http://www.mcx.ru/news/news/show/22025.78.htm (reference date: 20/04/2016).

10. Marinchenko T.E Evaluations of promising innovative projects within the framework of the State Program of Agricultural Development and Regulation of Agricultural Produce, Raw Material and Food Markets for 2013-2020 // Proceedings of GOSNITI. - 2015. -Vol. 120.- P. 8-13.

УДК 621.436.44

АНАЛИЗ РАБОТЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА С ГАЗОГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКОЙ ОБРАЩЕННОГО ПРОЦЕССА В ЛЕТНЕЙ МОЛОЧНО-ТОВАРНОЙ ФЕРМЕ

Габитов И.И., д-р тех. наук, профессор
Козеев А.А. канд. тех. наук, доцент
Балтиков Д.Ф., аспирант
(ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», Уфа, тел. 8-906-371-7484, e-mail: baltikov21@gmail.com)

Аннотация*: В статье рассматривается альтернативный вид источника энергии, для энергообеспечения производственных процессов летних молочно-товарных ферм. Приведены результаты экспериментов по получению тепловой энергии и генераторного газа с последующим преобразованием в механическую энергию, а также обоснование режима выработки энергии газогенераторной установки.*

Ключевые слова: *энергетический комплекс, газогенераторная установка, альтернативный источник энергии, молочно-товарные фермы, режим работы.*

Подвод электричества к летним молочно-товарным фермам, удаленных от линий электропередач не рентабельно. Этот фактор отрицательно сказывается на развитие сельскохозяйственных предприятий.

Цель работы:

Энергообеспечение летних молочно-товарных ферм, путем обоснования рациональных режимов работы энергетического комплекса с газогенераторной установкой.

Энергетический комплекс с газогенераторной установкой является наиболее рациональным вариантом источника различных видов энергии В первую очередь это для предприятий, базирующихся в горнолесной зоне Республики Башкортостан, которые богаты разновидностью пород деревьев, где необходимо проводить очистку лесов (от заваленных деревьев, сухостоев и тд.) [1,3,4].

В связи с этим был разработан энергетический комплекс с газогенераторной установкой (рис.1), который вырабатывает энергию путем переработки древесины.

Энергетический комплекс состоит из котла 1 газогенераторной установки, где происходит сжигание древесного топлива. В результате чего получаем генераторный газ (ГГ), с последующим его применением в двигателе внутреннего сгорания 8 (ДВС), предназначенный для выработки механической энергии. Которая передается, как для электрогенератор, так и для других потребителей.

Был собран энергетический комплекс с газогенераторной установкой (рис.2) для определения параметров получения энергии.

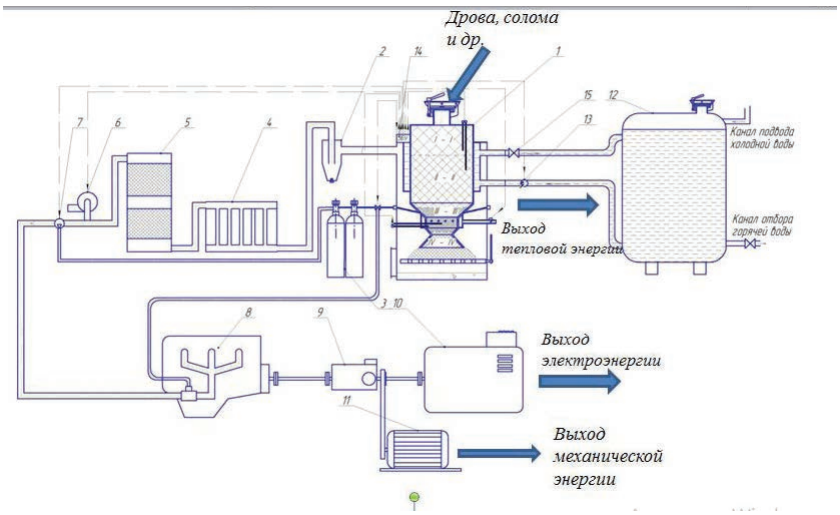


Рис. 1. Схема энергетического комплекса с газогенераторной установкой.
1-котел; 2-фильтр грубой очистки; 3- газовый баллон; 4-система охлаждения; 5-фильтр тонкой очистки; 6-вентилятор; 7-компрессор; 8-ДВС; 9-редуктор; 10- электрогенератор; 11-привод доильной установки; 12-емкость горячей воды; 13-водяной насос; 14- электронный блок управления (ЭБУ);

Рис. 2. Экспериментальный энергетический комплекс с газогенераторной установкой
1 – электронный блок управления; 2 – ДВС; 3 – емкость, имитирующая потребителя тепловой энергии; 4 – фильтр тонкой очистки; 5 – фильтр грубой очистки; 6 – термодатчики; 7 – газогенераторная установка.

Для того чтобы найти КПД энергетического комплекса, необходимо проверить установку на различных режимах работы с последующим выбором наиболее оптимального режима выработки энергии по наиболее высокому КПД.

Проверка режима работы ГГУ используется топливо массой m=3 кг различных пород древесины.

Отдельно вырабатываемые энергии:

-Получение только генераторного газа

-Получение только тепловой энергии

-Получение механической энергии

Совместно вырабатываемые энергии:

-Получение генераторного газа и тепловой энергии.

-Получение тепловой энергии и механической.

На первом этапе производились эксперименты по получению тепловой энергии и выработке рекомендации по получению максимального тепла в зависимости от использования топлива, результаты представлены на рисунке 3 и в таблице 1

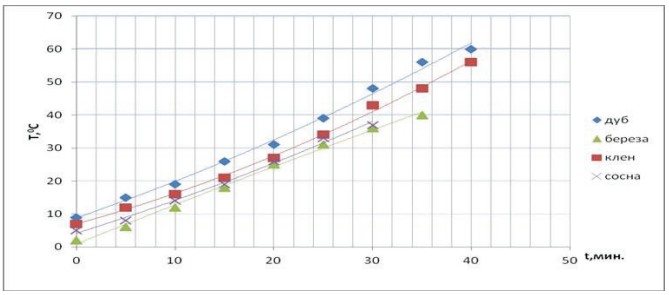


Рисунок 3 График зависимости нагрева воды от времени

Таблица 1

Анализ тепловой энергии из 3 кг древесного топлива

Вид древесины	Объёмная теплотворность Qрн кДж/дм^3	Энергия затраченная на нагрев воды Qвод кДж	КПД тепловой
Сосна	8332	13440	0,53
дуб	11128	21420	0,64
Клён	11128	20580	0,61
Берёза	10320	15960	0,51

Из полученных результатов можно сделать вывод, что наиболее эффективно использовать древесины твердых пород.

В следующем этапе экспериментов проводили исследование состава генераторного газа для двигателя внутреннего сгорания и его объема. Определение состава ГГ производилось с помощью газоанализатора «Инфрокар-08.01. Качество газа на прямую влияет на мощностные показатели двигателя. На графике (рис.4) представлен состав газа отходов сосны.

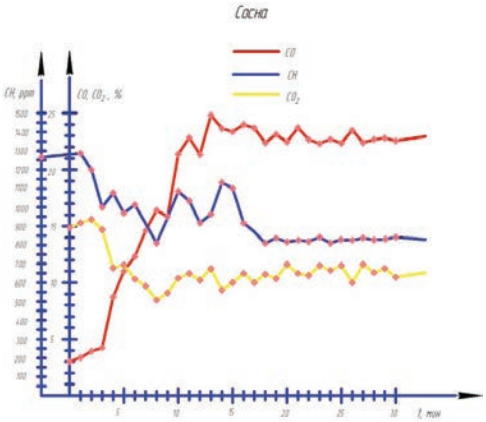


Рис. 4 Состав генераторного газа

Характеристики состава газа остальных пород древесин представлены в таблице 2.

Таблица 2

Состав генераторного газа различных пород древесин

Вид топлива	CO, %	CH,ppm	CO_2, %	O_2, %
Береза	16-18	720-780	9-11	4-6
Сосна	22-24	810-840	10-12	8-9
Дуб	17-19	790-830	9-11	5-7
Клен	18-20	740-790	8-10	4-6

Полученный состав генераторного газа из всех древесных топлив полностью удовлетворяет, двигатель внутреннего сгорания стабильно работает на всех видах ГГ. Наиболее качественный ГГ был получен из соснового древесного топлива.

Объем выработанного газа был определен с помощью прибора – анемометра, который определил скорость выхода газа, полученные параметры внесены в таблицу 3.

Таблица 3

Выработка ГГ из 3-х кг. древесного топлива

Вид топлива	Скорость выхода ГГ, м/с	Продолжительность выработки ГГ, мин.	Объем выработанного газа, $м^3$
Сосна	2,27	45	12,1
Дуб	2,35	64	17,7
Клен	2,36	67	18,6
Береза	2,37	56	15,6

Объем газов древесины колеблется от 12 до 19 м3. Наибольший объем был получен из древесных отходов клена 18,6 м3.

В энергетической установке двигатель играет роль – источника механической энергии, как для электрогенератора, так и для доильной установки летней молочно-товарной фермы. Для правильного подбора двигателя, необходимо провести эксперименты по определению мощности ДВС, работающего на генераторном газе.

Третий этап экспериментов состоит в использование ГГ в ДВС и определения мощностных показателей на тормозном стенде. Для опытного двигателя была собрана тормозная установка (рис.5)

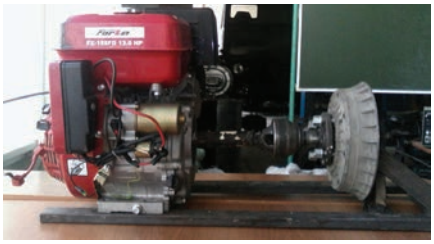


Рис. 5. Замер мощности ДВС.
1-двигатель; 2-тормозной механизм.

При помощи тормозной установки, двигатель нагружаем до его полного отключения. Снятые характеристики приведены на графике (рис.6).

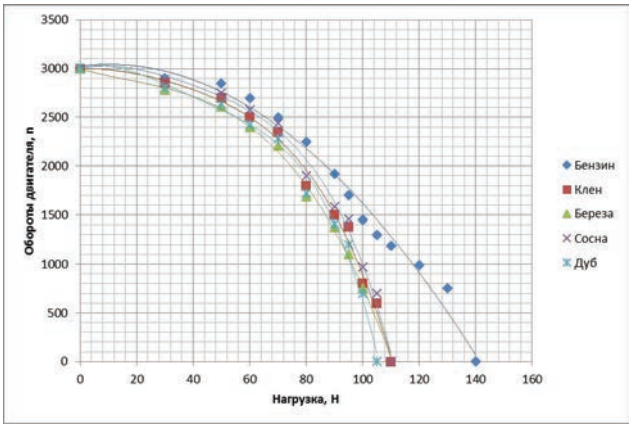


Рис. 6. Обороты двигателя при различных топлив.

Изначально у двигателя измерили характеристики на бензиновом топливе, для сравнения с различными генераторными газами. С бензиновым топливом, двигатель отключается при 140 Ньютонов. С генераторным газом, двигатель отключался с 100-110 Ньютонов.

Зная обороты двигателя при различных нагрузках можем определит мощность двигателя, работающего на различных генераторных газах. Характеристики двигателя при работе с различными видами топливами представлены в таблице 4

Таблица 4
Характеристик двигателя.

Вид топлива	Нагрузка F, Н	Обороты ДВС	Крутящий момент, Н×м	Мощность ДВС, кВт
Бензин	130	600	482,3	7,7
ГГ березы	95	900	352,5	3,7
ГГ сосны	105	700	389,6	5,3
ГГ клена	105	600	389,6	6,2
ГГ дуба	100	700	371,0	5,1

После определения мощности можно выбрать двигатель с определенной мощностью необходимое для МТФ с учетом потер мощности при работе на генераторном газе, а также выбрать электрогенератор, подходящий под мощность двигателя и потребляемой энергии МТФ. В летней МТФ мощность электродвигателя силового агрегата составляет 5,5 кВт, при его замене на ДВС необходимо учесть коэффициент запаса мощности и с этим учетом двигатель должен иметь не менее 17,5 кВт.

Второй способ получения энергии это совместное:

-механическая энергия совмещается с тепловой

- тепловую энергия с выработкой генераторного газа

- выработка электрической энергии разделяется как на потребителей, так и на подзарядку АКБ

Экспериментальным путем были определены показатели работы установки по получению тепловой энергии (рис.7) совместно с получением генераторного газа.

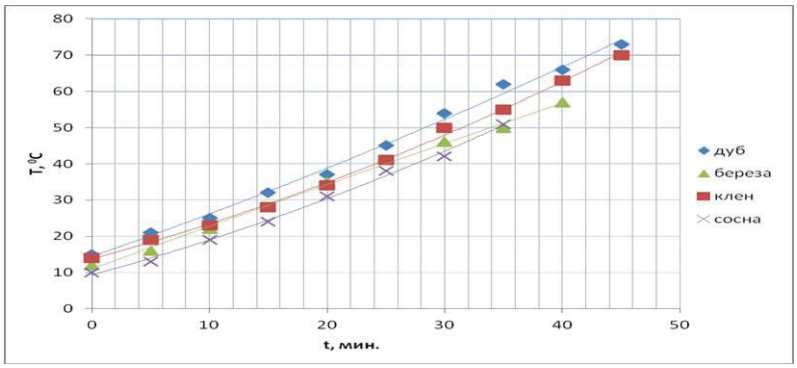


Рис. 7. График нагрева воды при получении генераторного газа

Таблица 5

КПД установки при использовании различных видов топлива (3кг) совместно с получением генераторного газа

Вид древесины	Объёмная теплотворность $Q_{рн}$ кДж/дм^3	Энергия затраченная на нагрев воды $Q_{вод}$ кДж	КПД	Производительность кДж/мин
Сосна	8332	17302	0,69	494
дуб	11128	24476	0,73	543
Клён	11128	23632	0,70	525
Берёза	10320	18990	0,61	474

По полученным данным можно сделать вывод, что показания тепловой энергии отличается от показаний тепловой энергии полученная раздельным путем. Увеличение КПД установки на 10-13 % связано с природно-климатическими факторами, а увеличение продолжительности на 7-8 % нагрева связано с уменьшением подачи кислорода в камеру газификации.

Так же были сняты показатели газоанализатора. Состав генераторного газа представлены в таблице 7.

Таблица 7

Состав генераторного газа

Вид топлива	CO, %	CH,ppm	CO_2, %	O_2, %
Береза	14-16	750-790	10-12	5-7
Сосна	18-20	820-840	11-13	6-8
Дуб	15-17	790-820	9-12	5-7
Клен	14-17	760-790	9-11	4-7

Так как водяная рубашка отрицательно влияет на процесс получения генераторного газа, путем отбора энергии, показатели состава газа ухудшились, но не значительно. Данный фактор в дальнейшем влияет на работу ДВС.

Таблица 8
Характеристик двигателя.

Вид топлива	Нагрузка F, Н	Обороты ДВС, с-1	Крутящий момент, Н×м	Мощность ДВС, кВт
ГГ березы	94	950	352,5	3,5
ГГ сосны	101	720	389,6	5,1
ГГ клена	103	641	389,6	6,1
ГГ дуба	97	730	371,0	4,95

Двигатель работает стабильно на генераторном газе при совмещенной выработке с тепловой энергии, но при этом мощность двигателя упала 3-4 %.

Объем полученного газа, во время нагрева воды представлены в таблице 9.

Таблица 9
Объем полученного газа из 3 кг дров

Вид топлива	Скорость выхода ГГ, м/с	Продолжительность Выработки ГГ, мин.	Объем выработанного газа, м3
Сосна	3,11	35	13,1
Дуб	3,22	45	17,1
Клен	3,38	45	17,9
Береза	3,40	40	16,1

Вывод: Выполненные исследования показали, что лучшими породами древесных твердых пород для получения генераторного газа является дуб и клен. Наиболее эффективным и оптимальным режимом работы энергетической установки является совместное получение тепловой энергии и генераторного газа.

Литература

1 Балтиков, Д.Ф. Газогенераторная установка малой мощности для энергообеспечения производственных процессов малых молочно-товарных ферм/ Д.Ф. Балтиков, У.К. Галимов // Труды ГОСНИТИ. - 2015. Т. 118. С. 91-94.

2 Балтиков Д.Ф. Газогенераторная установка с модернизированным котлом для энергообеспечения автономных малых производств / Д.Ф. Балтиков, С.И. Габитов // Труды ГОСНИТИ. 2016. Т. 123. С. 35-39.

THE ANALYSIS OF WORK OF A POWER COMPLEX WITH GAS-GENERATING INSTALLATION OF THE TURNED PROCESS IN A SUMMER DAIRY AND COMMODITY FARM

Gabitov I. I., Dr. of those. sciences, professor
Baltikov D.F., graduate student
Kozeev A. A. Cand.Tech.Sci., associate professor
(Federal State-Funded Educational Institution of the Higher Education.» Bashkir state agrarian university, Ufa, 8-906-371-7484, e-mail: baltikov21@gmail.com)

Summary*: In article the alternative type of a power source, for power supply of production processes of summer dairy and commodity farms is considered. Results of experiments on receipt of heat energy and generating gas with the subsequent transformation to mechanical energy, and also reasons for the mode of development of energy of gas-generating installation are given.*

Keywords*: energy complex, gas-generating installation, alternative energy source, dairy and commodity farms, operating mode.*

Literature

1 Baltikov of F. Gas-generating installation of low power for power supply of production processes of small dairy and commodity farms / D.F. Baltikov, U. K. Galimov//STATE THREAD Works. - 2015. T. 118. Page 91-94.

2 Baltikov of F. Gas-generating installation with the modernized copper for power supply of autonomous small productions / D.F. Baltikov, S. I. Gabitov//STATE THREAD Works. 2016. T. 123. Page 35-39.

УДК 631.3-3-049.35

ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ БУМАГИ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ

Быков В. В., профессор , доктор технических наук
Голубев М.И., доцент, кандидат технических наук
Глебов И.В., инженер
(Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана,
г. Мытищи, Московская область,
тел.: 8-498-687-40-73, e-mail: bykov@mgul.ac.ru; golubev@mgul.ac.ru)

Аннотация*: Упаковочную бумагу предлагается пропитывать отходами производства растительных масел. Бумагу пропитывали в вакуумной камере при давлении в 100 Мбар, температуре в камере и температуре состава 20о С. Оценкой прочности пропитанной маслами бумаги служило усилие на разрыв. Применение вакуумной камеры для пропитки упаковочной бумаги антикоррозионными материалами позволяет более чем в 2 раза повысить прочность бумаги. У бумаги, пропитанной в вакуумной камере, усилие разрыва сухого образца выше в 2,04 раза, чем у бумаги, пропитанной обычным способом, усилие разрыва влажного образца – выше в 2,16 раза.*

Ключевые слова: *лесохозяйственные и лесозаготовительные машины, запасные части, коррозия, антикоррозионная бумага, отходы производства растительных масел, вакуумная пропитка, прочность бумаги.*

Надежность техники, в том числе для лесопромышленного комплекса в значительной степени определяет эффективность ее использования. Отказы машин приводят к увеличению непроизводительных простоев, увеличиваются также и затраты на ремонт. По данным ФГБНУ ГОСНИТИ до 80 % расходов на ремонт тратится на запасные части. В процессе хранения на базах и складах запасные части подвергаются механическим и коррозионным повреждениям. Механические повреждения в виде царапин, рисок, забоин, изгибов, трещин могут образоваться в результате небрежного обращения с запасными частями при их выгрузке, погрузке, упаковке и распаковке, складировании на хранение и т. д. Коррозионные повреждения возникают от воздействия влаги и химикатов, значительных перепадов температур. Для защиты деталей применяют ингибиторы коррозии металлов. Как правило, ингибиторами пропитывают оберточную бумагу, древесину упаковочных ящиков, коробки, а также применяют ингибиторы в виде порошков, которыми посыпают детали при упаковке.

Для упаковывания запасных частей также применяют бумагу, обработанную антикоррозионными материалами – маслом, битумом, парафином, церезином и другими. При этом используют основу (бумагу-подложку) различной плотности. Наибольшее применение в качестве бумаги-подложки для пропитки маслами нашла оберточная бумага. Для пропитки бумаги применяют растворы содержащие воду, соду кальцинированную, ингибитор (бензойная кислота). На российском рынке кроме отечественной в больших объемах реализуются зарубежные образцы антикоррозионной бумаги, имеющей высокую стоимость. Нами предложено для получения антикор-

розионной бумаги вместо наиболее распространенных пропитывающих составов на основе ингибиторов, парафина и индустриального масла использовать отходы производства растительных масел [1,2,3,4]. Бумагу пропитывали отходами производства рапсового масла в вакуумной камере при давлении в 100 Мбар, температуре в камере и температуре состава 20о С. Стенд для пропитки состоит из вакуумной камеры с крышкой со смотровым окном и мановакуумметром, кассеты для пропитки заготовок и подключенных к вакуумной камере систем подачи раствора и распределения [5]. Система подачи раствора состоит из двух ёмкостей с манометром и указателями уровня жидкости. В систему распределения через подсоединенные к ёмкостям трубопроводы подается пропитывающий раствор. В камере с помощью воздушного компрессора создаётся избыточное давление, с помощью вакуумного насоса создаётся вакуум. После пропитки конденсат собирается в ёмкости с указателем уровня жидкости и удаляется. Нагреватель и система терморегулирования поддерживает заданную температуру в течение процесса пропитки.

Одним из основных требований к упаковочной бумаге является исключение возможности механического повреждения деталей, определяемое прочностью бумаги. Оценкой прочности пропитанной маслами бумаги служит усилие на разрыв [6]. Испытания прочности бумаги проводили на разрывной машине МРБ-100 в ОАО «Центральный научно-исследовательский институт бумаги» (ОАО ЦНИИБ).

Проведенные исследования показывают, что применение вакуумной камеры для пропитки упаковочной бумаги антикоррозионными материалами позволяет более чем в 2 раза повысить прочность бумаги. У бумаги, пропитанной в вакуумной камере, усилие разрыва сухого образца выше в 2,04 раза, чем у бумаги, пропитанной обычным способом, усилие разрыва влажного образца – выше в 2,16 раза [7,8,9].

Литература

1. Быков В.В., Голубев, М. И. Сравнительная коррозионная стойкость консервационных составов на основе отходов производства растительных масел / В. В. Быков, М. И. Голубев // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2012. – № 7. – С. 46-48.

2. Голубев М. И. Новые материалы для защиты лесных машин от коррозии. // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2013. – № 1 (93). – С. 40-41.

3. Ингибитор коррозии металлов: пат. 2462539 Рос. Федерация : МПК C23F 11/08 / Гайдар С. М., Пучин Е. А., Прохоренков В. Д., Низамов Р. К., Голубев М. И., Кузнецова Е. Г. – № 2011138857/02 ; заявл. 23.09.11 ; опубл. 27.09.12. Бюл. № 27.

4. Golubev, M. I. Conception of corrosion inhibiting factors creation with the usage of nanotechnological approach / S. M. Gaidar, R. K. Nizamov, M. I. Golubev // Scientific Israel – Technological Advantages. – 2012. – Vol. 14. № 3. – S. 88-91.

5. Глебов И.В., Котенко В.Д. Универсальный лабораторный стенд для исследования процессов пропитки связующим различных типов прошивных полотен / И.В. Глебов, В.Д. Котенко // Наука и образование XXI века: сборник статей международной научно-практической конференции. 31 мая 2013 г.: в 5 ч. Ч. 2. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2013.– С. 115-118.

6. ГОСТ 13525.1-79. Полуфабрикаты волокнистые, бумага и картон. Методы определения прочности на разрыв и удлинения при растяжении. – М. : Стандартинформ, 2007 – 5 с.

7. Быков В.В., Голубев М.И., Глебов И.В. Влияние вакуумной пропитки отходами производства растительных масел на прочность антикоррозионной бумаги/Лесной Вестник, 2015. Т. 19. № 6. С. 100-103.

8. Быков В.В., Голубев М.И., Глебов И.В. Испытания прочности антикоррозионной бумаги после вакуумной пропитки отходами производства растительных масел/Труды ГОСНИТИ, 2015. Т. 121. С. 57-60.

9. Голубев М.И., Испытания прочности антикоррозионной бумаги на основе отходов производства растительных масел и отработанных минеральных масел/ Наука в центральной России, 2015. №6 (18). С. 5-10.

INCREASING THE STRENGTH OF PAPER FOR THE STORAGE OF SPARE PARTS

Bykov V. V., Professor , doctor of technical Sciences
Golubev M. I., associate Professor, candidate of technical Sciences
Glebov V. I., engineer
(The Mytishchi branch of the Moscow higher technical school
im. N. Uh. Bauman, Mytischi, Moscow oblast,
tel.: 8-498-687-40-73, e-mail:bykov@mgul.ac. EN; golubev@mgul.ac.ru)

Abstract*: Wrapping paper it is proposed to impregnate waste production of vegetable oils. The paper was impregnated in a vacuum chamber at a pressure of 100 Mbar, the temperature in the chamber and a temperature of 20 ° C. composition Assessment-strength oil-soaked paper served as the force on the gap. The use of the vacuum chamber for impregnation of paper packaging anti-corrosion materials allows more than 2 times to increase the strength of paper. The paper, impregnated in a vacuum chamber, the breaking force of the dry sample is higher to 2.04%, than the paper impregnated in the usual way, the breaking force in wet sample is above 2.16 times.*

Keywords*: forestry and forest machines, spare parts, corrosion, anti-rust paper, waste vegetable oils, vacuum impregnation, the strength of the paper.*

Literature

1. Bykov V. V., Golubev, M. I. Comparative corrosion resistance of preservative compounds on the basis of waste production of vegetable oils / V. V. Bykov, M. I. Golubev // Repair, restoration, modernization. – 2012. – No. 7. – Pp. 46-48.

2. Golubev M. I. New materials for the protection of forest machinery from corrosion. // Herald of Moscow state forest University – Forest Herald. – 2013. – № 1 (93). – Pp. 40-41.

3. Inhibitor of corrosion of metals: Pat. 2462539 ROS. Federation : IPC C23F 11/08 / Gaidar S. M., Puchin E. A., prokhorenkov V. D., Nizamov R. K., Golubev M. I., Kuznetsova E. G. – No. 2011138857/02 ; Appl. 23.09.11 ; publ. 27.09.12. Bull. No. 27.

4. Golubev, M. I. Conception of corrosion inhibiting factors creation with the usage of nanotechnological approach / S. M. Gaidar, K. R. Nizamov, M. Golubev I. // Scientific Israel – Technological Advantages. – 2012. – Vol. 14. No. 3. – S. 88-91.

5. Glebov V. I., Kotenko V. D. a Universal laboratory stand for research of processes of impregnation of the binder of the different types of piercing canvases / I. B. Glebov, V. D. Kotenko // Science and education in the XXI century: collection of articles of international scientific-practical conference. May 31, 2013: in 5 hours Part 2. – Ufa: RITS Bashgu, 2013.– P. 115118.

6. 13525.1 GOST-79. The semi-finished fiber, paper and cardboard. Methods of determining tensile strength and elongation under tension. – M. : STANDARTINFORM, 2007 – 5 S.

7. Bykov V. V., Golubev M. I., Glebov V. I. the Influence of vacuum impregnation of waste production of vegetable oils on durability anti-corrosion paper/Forest Bulletin, 2015. Vol. 19. No. 6. P. 100-103.

8. Bykov V. V., Golubev M. I., Glebov I. V. strength Test acid-free paper after vacuum impregnation of waste production of vegetable oils, Proceedings of GOSNITI, 2015. V. 121. P. 57-60.

9. Golubev M. I., Testing of anticorrosion paper based on waste production of vegetable oils and waste mineral oils/Science in Central Russia, 2015. No. 6 (18). S. 5-10.

УДК 62–192

ИННОВАЦИОННЫЙ СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТЬЮ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН И ТРАКТОРОВ

Костомахин М.Н., заведующий лабораторией 11.5
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
E-mail: redizdat@mail.ru

Аннотация. *В статье дается описание новой технологии определения показателей надежности сельскохозяйственной техники на основе дистанционного мониторинга параметров технического состояния машины, в условиях эксплуатации. Осуществлено обобщение и оценка результатов исследований.*

Ключевые слова: *датчик, дистанционный мониторинг, отказ, надежность, ремонт, эксплуатация.*

XXI век уже давно находится в фазе новых технологий, которые позволяют давать не только объективную информацию для планирования процессов сельхозтоваропроизводства, но и направлять и регулировать их без участия человека.

Вся жизнедеятельность режимов уборки, посева, получения продукции, кормов складывается из набора определенных последовательных операций. Чем отличает хорошего комбайнера от плохого, тем, что при любой ситуации хороший специалист, обладая навыками и жизненным опытом может в нужный момент настроить свою работу и работу комбайна в нужном направлении. Если посадить молодого комбайнера за руль высокопроизводительной техники, но при этом не дать указания как настроить машину если пойдет, что то не так, то какая бы машина не была, оператор «запорет» все дело. А вот если высокопроизводительная машина обладает системами, координирующими и регулирующими процессами, например уборки, такие как система параллельного вождения, CLAAS Telematics, ISOBUS и др., что даже не очень опытный оператор, но умеющий обращаться с этими системами, сможет получить стопроцентный результат.

Данные системы работают на принципе получения данных от различных видов датчиков и преобразование их с помощью специально написанных алгоритмов в необходимую информацию. По сути высокая урожайность сельхозтоваропроизводителя зависит от многих факторов, которую учитывают эти устройства и оборудование. Если вам необходимо повысить урожайность за счет внесении удобрений с учетом особенностей почвы, то вы можете воспользоваться CROP SENSOR ISARIA, если вам необходимо сэкономить топливо CLAAS Telematics вам в помощь. Но есть один неконтролируемый показатель, который во многом влияет на процесс получения высокого урожая, это надежность техники. Современное оборудование может зафиксировать только факт наступления отказа, и то не во всех случаях. А когда отказ произошел, это уже простой техники и все будет зависит от расторопности дилера или ремонтной мастерской. Тут и встает вопрос о не-

обходимости применения технологий для регулирования надежности.

Всем известный факт, что при эксплуатации сельскохозяйственной техники, происходит изменение ее технического состояния (характеризующееся параметрами), вызванное процессами изнашивания, коррозии, механических напряжений и пр., что приводит к отказу, т.е. событию, связанному с нарушением работоспособности техники.

Так как изменение значения параметра, характеризующего техническое состояние элементов системы до ее предельного значения, будет характеризовать отказ, то контроль значения параметра сводится к определению момента времени (наработки) достижения параметром его предельной величины, т.е ресурса.

Данные об отказах определяют количественные характеристики надежности машины. На основании собранных статистических данных и их анализа группы одноименных деталей, методика расчета количественных показателей надежности при непрерывном мониторинге технических параметров сложных сельскохозяйственных машин, в эксплуатационных условиях, позволит определить закон распределения ресурса и рассчитать такие показатели как: вероятность безотказной работы P(t) в допустимых пределах в течении время t, средний прогнозируемый ресурс деталей , а также частоту отказов n сельскохозяйственных машин. Полученные данные можно использовать для планирования эффективной эксплуатации машины и расчета норм расхода запасных частей.

На базе лаборатории № 11.5 ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (бывшая лаборатория 13 ГОСНИТИ) разработана технология, схема которой представлена на рисунке. Ее предназначение заключается в определении последовательности операций при расчете количественных показателей надежности самоходных сельскохозяйственных машин в составе машинно-тракторного агрегата при выполнении различного рода технологических операциях, за счет непрерывного мониторинга параметров, характеризующих работоспособность машины до отказа. Данные об отказах определяют количественные характеристики надежности машины, которые рассчитываются из анализа статистических данных о первоначальных (номинальных) и конечных (предельных) значениях параметров, а повышение надежности происходит за счет своевременного технического сервиса эксплуатируемой машины, при достижении контролируемого параметра выбраковочного (допускаемого) значения. Вероятность отказа машины, в определенный момент времени, определяется соотношением текущего значения параметра детали или узла в целом, с допускаемым его значением, путем построения текущей кривой безотказности и расхождения этой кривой с номинальной для данного вида техники. После этого программа устройства примет решение о вероятности отказа и количестве оставшейся наработки.

Последовательность операций при дистанционном мониторинге количественных показателей надежности сельскохозяйственной техники:

1. На транспортном средстве устанавливается необходимые средства: датчики, мобильный модуль, состоящий из следующих частей: приёмник/передатчик спутниковых сигналов, модули хранения и передачи данных.

2. Сигнал с датчиков контроля сопряжений и узлов поступает к устройству, позволяющему считывать, преобразовывать и передавать данные с датчиков, регистрирующих сигналы значений параметров технического состояния;

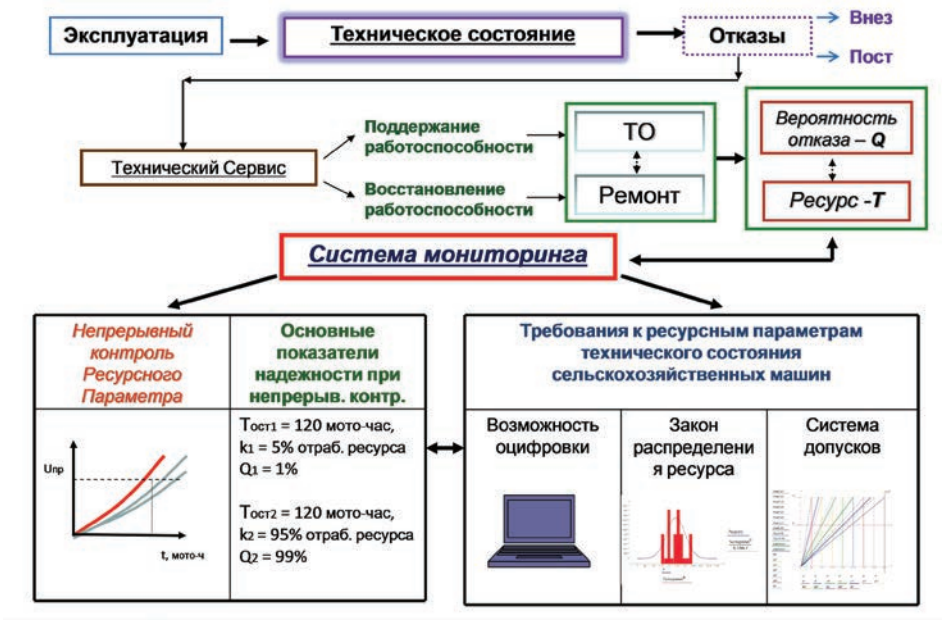


Рисунок - Технология он-лайн мониторинга технической надежности сельскохозяйственной техники

3. Далее сигналы (цифровые и аналоговые) обрабатываются контроллером устройства в данные, которые посредством беспроводной связи передаются на сервер в виде диагностической информации.

4. Полученные диагностические данные обрабатываются по определенному алгоритму, которые используются для расчета количественных показателей надежности, а также для эффективного использования машины и выбора рациональных режимов работы.

5. Выбор оптимального режима эффективной работы машинно-тракторного агрегата, осуществляется на основании разработанной системы допусков.

6. Полученные данные обрабатываются на сервере и передаются в центр, ведущий мониторинг техники, а также другим различным участникам мониторингового процесса.

Применение данной технологии при эксплуатации позволит дистанционно оценивать надежность энергонасыщенных машин и повысить эффективность ее использования. Система дистанционного контроля позволит оперативно передавать информацию о техническом состоянии техники, что позволит своевременно осуществлять технический сервис неэффективно работающих машин, сократить затраты на их эксплуатацию и уменьшить количество простоев.

INNOVATIVE METHOD OF MANAGEMENT OF RELIABILITY OF FARM VEHICLES AND TRACTORS

Kostomakhin M. N., head of the laboratory 11.5
FSBSI FSAC VIM
E-mail: redizdat@mail.ru

Abstract. *In article there is a description about new technology of definition of indicators of reliability of agricultural machinery on the basis of remote monitoring of parameters of technical condition of the car, under operating conditions. Generalization and assessment of results of researches is carried out.*

Keywords: *sensor, remote monitoring, refusal, reliability, repair, operation.*

УДК 631. 372

СНИЖЕНИЕ УПЛОТНЯЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ АГРЕГАТОВ НА ПОЧВУ

Славкин В.И., д-ра техн. наук
Махмутов М.М., д-р тех.наук
Горюнов С.В.,
ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный заочный университет» (РГАЗУ), Балашиха
Апатенко А.С. д.т.н.
ФГБОУ ВО «Российский Государственный Аграрный Университет -МСХА Имени К.А. Тимирязева»
Директор института природообустройства имени А.Н. Костякова
e-mail: mansur.mahmutov@yandex.ru, тел.: 8(495)521-38-85

Аннотация. *С изменением параметров колесного движителя уплотняющее воздействие агрегатов на почву также изменяется. Уплотняющее воздействие на почву в каждом следе движителя после прохода трактора определяется путем суммирования воздействий числа движителей, перемещающихся по следу первого, и числа движителей, перемещающихся с зазорами относительно первого. Наиболее влияемым фактором является параметр внутришинного давления, с увеличением которого на 0,1 МПа уплотняющее воздействие на почву повышается в среднем на260 кН/м. Влияние коэффициентов буксования и объемного смятия почвы незначительно, однако экспериментальные исследования показывают обратное. Почва наиболее сильно уплотняется в переувлажненном состоянии. При буксовании свыше 11% частота срыва участков почвы зацепами совпадает с собственной частотой колебаний подрессоренных масс трактора над движителем, и система приводится в резонансное состояние. Это приводит к более сильному переуплотнению почвы. По мнению ряда зарубежных специалистов на ближайшую перспективу, в центре внимания будут работы, направленные на снижение неблагоприятного воздействия колес на почву, в частности на снижение буксования ведущих колес. С целью снижения буксования и снижения вредного воздействия на почву в РГАЗУ изготовлено и испытано устройство противоскольжения для колеса транспортного средства.*

Ключевые слова. *Движитель, колесо, уплотнение, почва, давление, воздействие, агрегат, буксование, устройство, грунтозацеп, тяга, свойства.*

С изменением параметров колесного движителя уплотняющее воздействие агрегатов на почву также изменяется. Приведем основные модели описания взаимодействия тракторного колеса с почвой [1], получившие наибольшее распространение:

$$U_T = \frac{B_1}{2B_a}\sum_{j=1}^{n} U_j + [U]\left(1 - \frac{nB_1}{2B_a}\right) \qquad (1)$$

где U_T – уплотняющее воздействие на почву данным с.-х. трактором, кН/м; B_1 – ширина зоны влияния уплотняющего воздействия трактора на урожайность с.-х. культур на поле, м; (в ориентировочных расчетах B_1 = 10,8 м); Ва – ширина захвата МТА, включающего данный трактор, м;

n – общее число следов движителей, оставляемых трактором на поле;

U_j – уплотняющее воздействие движителей трактора в j-м следе.

[U] – допустимое значение уплотняющего воздействия на почву, кН/м;

[U] = 75 кН/м – данное значение соответствует ограничительному условию функционирования системы «движитель-почва».

Уплотняющее воздействие на почву в каждом следе движителя после прохода трактора определяется путем суммирования воздействий числа движителей, перемещающихся по следу первого, и числа движителей, перемещающихся с зазорами относительно первого. Максимальное давление (кПа) одиночного колеса на почву имеет вид:

$$g_{maa} = 1{,}49\times10^{-5}\frac{E_{Ш}^{5/4}}{\sqrt{1+E_{Ш}/E_O}}\times\left(\frac{104}{p_W}+134\right)\frac{G_K^{\ 2/3}}{\sqrt{B_K D_K k}}. \qquad (2)$$

$$k = 1-0{,}00165x^5;\ E_{Ш} = 1{,}59G_K\left(L_K h_Z\right),$$

где $E_Ш$, E_O – соответственно модули упругости шины и деформации почвы, кПа; G_K – нагрузка на колесо, $к_н$; D_K, B_K – наружный диаметр и ширина профиля шины, м; p_W – внутришинное давление, кПа; h_Z – нормальный прогиб шины, м; L_K, B_K – длина и ширина опорной поверхности колеса, м.

Наибольшее распространение расчета нормального прогиба шины получила формула Р. Хедекеля [2]:

$$h_Z = \frac{G_K}{\pi p_W\sqrt{B_K D_K}} \qquad (3)$$

Анализ результатов статистических испытаний шин показал, что ширина и длина опорной поверхности колеса могут быть определены:

$$L_K = \sqrt{D_K h_Z - h_Z^2} + \sqrt{D_K\left(h_Z+h_K\right)-\left(h_Z+h_K\right)^2};\ в_к = 2\sqrt{D_K h_Z - h_Z^2} \qquad (4)$$

В результате интегрирования зависимости напряжения сдвига деформации почвы, предложенной В.В. Кацыгиным, В.В. Гуськов обосновал следующую формулу для определения касательной силы тяги трактора [3]:

$$P_K = \frac{f_{ск}K_т G_K}{\delta_ш L_K}\left[\ln ch\frac{\delta_ш L_K}{K_т} - f_{пр}\left(\frac{1}{ch\frac{\delta_ш L_K}{K_т}}-1\right)\right] + 2\tau_{ср}\frac{h_ш L_K}{t_ш};$$

$$f_{пр} = 2{,}55\left(\frac{f_п - f_{ск}}{f_{ск}}\right)^{0{,}825}, \qquad (5)$$

где $f_{пр}$, $f_{ск}$, K_{τ} – соответственно коэффициенты трения покоя, скольжения и деформации, м; $f_{пр}$ – приведенный коэффициент трения; $\tau_{ср}$ – напряжение среза почвы, Н/м; $h_{ш}$, $t_{ш}$ – соответственно высота и шаг шинного зацепа, м; $\delta_{ш}$ – коэффициент буксования колеса.

Анализ влияния параметров колесного движителя на уплотняющее воздействие агрегатов на почву (рис.1) показывает, что наиболее влияемым фактором является параметр внутришинного давления, с увеличением которого на 0,1 МПа уплотняющее воздействие на почву повышается в среднем на260 кН/м [4].

Влияние коэффициентов буксования и объемного смятия почвы незначительно, однако экспериментальные исследования показывают обратное. Почва наиболее сильно уплотняется в переувлажненном состоянии. При буксовании свыше 11% частота срыва участков почвы зацепами совпадает с собственной частотой колебаний подрессоренных масс трактора над движителем, и система приводится в резонансное состояние. Это приводит к более сильному переуплотнению почвы [5].

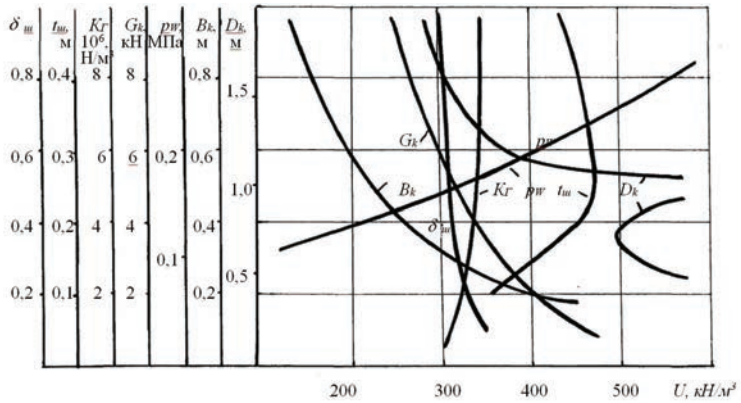


Рис.1. Влияние параметров колесного движителя на уплотняющее воздействие агрегатов на почву

при: D_k = 1,5 м; B_k = 0,3 м; p_W = 0,2 МПа; G_k = 5 кН; K_B = 3 ·10⁶ Н/м³; H_k = 0,3 м; δ_k = 0,2; $t_ш$ = 0,1 м; $h_ш$ = 0,1 м

В Кировской и Самарской ГСХА [6], ведутся работы по изучению процессов буксования движителей на уплотненность почв. И в частности отмечено, что деформационные свойства взаимодействующих тел – пневматической шины и почвы под воздействием статических и динамических нагрузок могут быть описаны реологическим уравнением, предложенным И.И. Водяником. Решая это уравнение относительно деформации шины с учетом буксования и времени взаимодействия с почвой, определяем амплитуду и частоту колебательного изменения деформации. Решая вторую часть уравнения относительно деформации почвы, получаем выражения нормальных и касательных напряжений в ней от динамического воздействия пневматического колеса в зависимости от буксования и времени взаимодействия.

Результаты теоретических исследований подтвердили теоретические предпосылки. Полученные исследования осциллограммы изменения деформации в шине и в почве показали, что ведущее колесо с шиной 15,5R38 трактора МТЗ-80 при буксовании свыше 10% воздействует на почву как вибратор с определенной частотой и амплитудой колебаний. Значения частоты колебаний с возрастанием буксования изменяются по гиперболическому за-

кону, по линейному закону возрастает амплитуда колебаний. Следовательно, увеличиваются напряжения в почве и время взаимодействия ведущего колеса с почвой.

По мнению ряда зарубежных специалистов [7] на ближайшую перспективу, в центре внимания будут работы, направленные на снижение неблагоприятного воздействия колес на почву, в частности на снижение буксования ведущих колес. С целью снижения буксования и снижения вредного воздействия на почву в РГАЗУ по патенту [8] изготовлено и испытано устройство противоскольжения для колеса транспортного средства.

Приспособление (рис.2, 3) состоит из кронштейна 1, стойки 2, закрепленной к кронштейну при помощи болтов 3, грунтозацепа 4, соединенного с нижней частью стойки болтовым соединением 5. С целью повышения сопротивления кронштейна изгибающим и крутящим моментам, приварено ребро жесткости 6. Резиновая прокладка 7 служит для смягчения ударного воздействия динамических нагрузок на диск колес. Загибая развертку кронштейна по линии АС, катеты треугольника приваривают, а вырезанный треугольник СВД в дальнейшем служит ребром жесткости.

Принцип работы заключается в следующем. Для крепления устройства к ободу колеса достаточно отвернуть одну из гаек диска и, совместив с отверстием «а» закрепить кронштейн 1. Далее при помощи болтов 3 к кронштейну 1 крепим стойку 2 с грунтозацепом 4.

При качении колеса по почве с низкой несущей способностью, зацеп 4 устанавливают на максимальную высоту взаимодействия его с почвой. С повышением плотности почвы, высоту, за счет болтов 3, уменьшают. При выезде агрегата на дорогу, устройство противоскольжения, поворотом кронштейна 4 на 1800 переводят в транспортное положение.

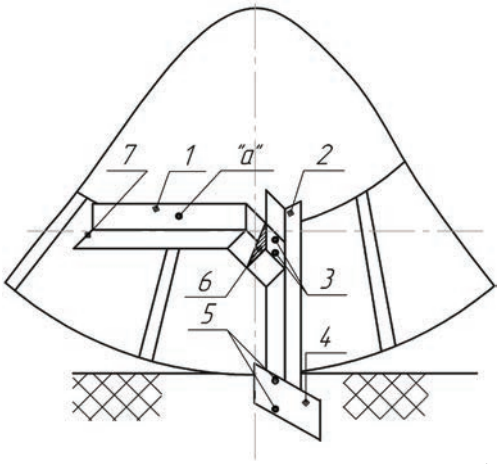


Рис. 2. Устройство противоскольжения, закрепленное к диску обода колеса

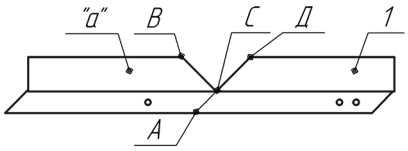


Рис. 3. Развертка кронштейна устройства противоскольжения

Преимущество данного устройства заключается в простоте конструкции, позволяющей за счет одной связи крепления к диску обода колеса, монтировать и демонтировать их на движитель транспортного средства их можно изготовить из угловой прокатной стали. Экспериментальные исследования показали, что уплотняющее воздействие агрегата на почву снижаются в среднем на 3-4%.

Список литературы

1. Ксеневич И.П., Скотников В.А., Ляско М.И. Ходовая система-почва-урожай. – М.: Агропромиздат, 1985. – 304 с.

2. Бойков В.П., Белковский В.Н. Шины для тракторов сельскохозяйственных машин. – М.: Агропромиздат, 1988. – 240 с.

3. Гуськов В.В. Оптимальные параметры сельскохозяйственных тракторов. – М.: Машиностроение, 1966. – 196 с.

4. Махмутов М.М. Повышение функциональных качеств колесных движителей со съемными зацепами. – Казань: изд-во Казанск. ун-та. – 2006. –160 с.

5. Махмутов М.М. Повышение тягово-сцепных свойств колесных движителей машинно-тракторных агрегатов: дис. ... д-ра техн. наук / РГАЗУ. – Москва, 2011.

6. Лопарев А.А. Динамическое взаимодействие ведущих колес тракторов МТЗ с почвой. // Материалы 9-ой науч.-метод. конф. кафедр «Тракторы и автомобили» с/х вузов среднего Поволжья и Предуралья. – Казань, 1995. – С. 10-11.

7. Siering G. Telelmetrische Messwertubertragung an Siebketten// Agrartechnik.- 1980.- Bd. 30; № 3. – S. 115-117.

8. Махмутов М.М., Махмутов М.М. Устройство противоскольжения для колеса транспортного средства // Патент на полезную модель RUS 106179. 2011. Бюл. № 19.

THE REDUCTION OF THE CONDENSING IMPACT AGGREGATES ON THE SOIL

V.I. Slavkin d-ra tekhn. Sciences,
M.M. Makhmutov, к.т. science
S.V. Goryunov,
of the "Russian State Agrarian Correspondence University" (RGAZU), Balashikha
A.S. Apatenko Ph. D. of the "Russian State Agrarian University –MTAA K. A. TIMIRYAZEV,"
A. N. Kostyakova the Director of the Institute of environmental engineering
e-mail: mansur.mahmutov@yandex.ru tel: 8(495)521-38-85

***Abstract**. Change parameters of wheel propeller of the sealing effect of the aggregates in the soil also changes. The sealing effect on the soil in each track of the propeller after the passage of the tractor is determined by summing the effects of the number of movers moving in a first track, and number of propellers, moving with gaps relative to the first. The most significant factor is the parameter of tire pressure, which is increasing at 0.1 MPa sealing effect on the soil increases to an average of на260 kN/m. influence of the coefficients of slipping and volumetric collapse of the soil slightly, however, experimental studies show the opposite. The most heavily compacted soil in waterlogged condition. When slipping more than 11% frequency of failure of soils for flails coincides with the natural frequency of oscillation of the sprung masses of the tractor over the engine, and the system is in a resonant state. This leads to a stronger re soil compaction. According to some foreign experts in the short term, the focus will be work aimed at reducing the adverse effects of the wheels on the ground, in particular on the reduction of slipping of*

the drive wheels. To reduce the slipping and reduce the harmful effects on the soil in the RGAZ manufactured and tested anti-skid device for the wheels of the vehicle.

***Keywords**. Mover, wheel, seal, soil, pressure, impact, Assembly, skidding, device, grouser, pull, properties.*

References

1. Ksenevich I.P., Cattlemen of VA., Lyasko M. I. Hodovaya system-soil-harvest. – M.: Agropromizdat, 1985. – 304 pages.

2. Boykov V. P., Belkovsky V. N. of Sheena for tractors of farm vehicles. – M.: Agropromizdat, 1988. – 240 pages.

3. Guskov V. V. Optimum parameters of agricultural tractors. – M.: Mechanical engineering, 1966. – 196 pages.

4. Makhmutov M. M. Increase in functional qualities of wheel propellers with removable hooks. – Kazan: Kazansk publishing house. un-that. – 2006. –160 pages.

5. Makhmutov M. M. Increase in traction and coupling properties of wheel propellers of machine and tractor units: yew. ... Dr.Sci.Tech. / RGAZU. – Moscow, 2011.

6. Loparev A. A. Dynamic interaction of driving wheels of the MTZ tractors with the soil.//Materials of the 9th науч. - a method. конф. departments "Tractors and Cars" of agricultural higher education institutions of Central Volga area and Cis-Urals. – Kazan, 1995. – Page 10-11.

7. Siering G. Telelmetrische Messwertubertragung an Siebketten//Agrartechnik. - 1980. - Bd. 30; No. 3. – S. 115-117.

8. Makhmutov M. M., Makhmutov M. M. The antisliding device for a vehicle wheel//the Patent for the useful RUS 106179 model. 2011. Bulletin No. 19.

УДК 658.58(035.3)

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Иванов В.П., доктор технических наук, профессор
Полоцкий государственный университет, г. Новополоцк, Беларусь
E-mail: ivprem@tut.by, тел. +375-214-531047

Аннотация. *Предложен метод проектирования процессов и средств ремонта, позволяющий уменьшить сроки и затраты на технологическую подготовку производства с повышением его технического уровня и качества услуг.*

Ключевые слова: *технологическая подготовка, процесс, средства ремонта, оптимизация.*

Введение. Стараниями народившегося бизнеса в борьбе за место на рынке обусловлено много нареканий и недоверия к индустриальному ремонту машин. В настоящее время человечеству для удовлетворения своих потребностей требуется не возобновляемых природных ресурсов на одну треть больше, чем может обеспечить Земля [1]. Одним из вариантов существенного уменьшения их потребления является реновация техники, необходимость которой подчеркивает также тот факт, что даже с учетом естественной выбраковки деталей (до 20 %) при ремонте машин потребление первичных природных ресурсов и загрязнение окружающей среды снижаются в 5–10 раз по сравнению с одноименными показателями при их изготовлении.

За технический уровень и качество отремонтированных машин отвечает технологическая подготовка производства, которая связана с большими объе-мами разработки технологической и конструкторской документации и последующим изготовление средств ремонта.

Цель работы – разработка метода проектирования процессов и средств ремонта, обеспечивающего высокий технический уровень ремонтного производства.

Методы исследования. При описании метода проектирования процессов и средств ремонта изделий использованы морфологический анализ и динамическое программирование.

Основная часть. Последовательность принятия технических решений при проектировании процессов и средств ремонта приведена на рисунке.

Диалектическая связь между процессами и средствами ремонта заключается в том, процессы являются функциями материальных объектов – средств ремонта.

Варианты частей решений определяют из логических и эвристических представлений о различных способах преобразования энергии и движения, разного состава элементов и их сочетаний. Глубину поиска обеспечивает широкий учет применяемых и мыслимых элементов и рассмотрение множества как известных, так и новых сочетаний их признаков. В техническое решение могут быть включены только те элементы, которые удовлетворяют

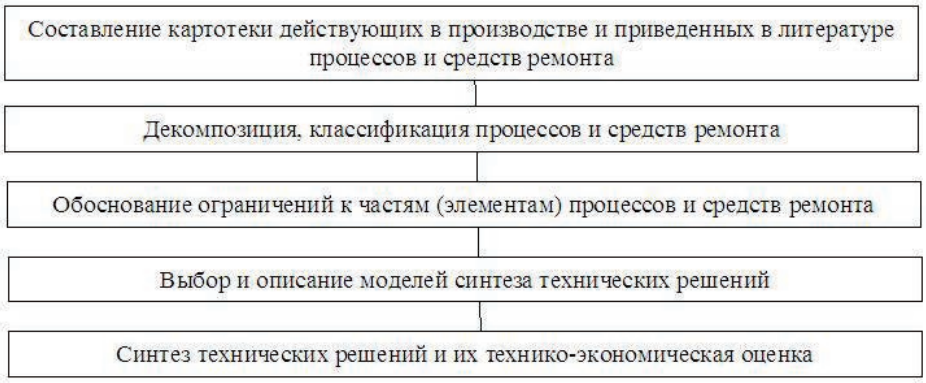


Рисунок. Блок-схема принятия решений при проектировании процессов и средств ремонта

ограничениям по качеству, безопасности и производительности. Качество элемента решения выражается его способностью обеспечить нормативное значение параметра технологической или нормативной документации. Если значение эксплуатационного параметра, например, предстоящей долговечности, измерить невозможно, то оценивают влияющие параметры свойств материала (химический, фазовый состав и др.). Безопасность труда и охрана окружающей среды оценивают соответствующими индексами риска. Производительность труда согласуют с производственной программой предприятия.

Оптимизационный синтез процессов и средств ремонта – образование структур (в том числе новых) из элементов, удовлетворяющих установленным ограничениям и обеспечивающих минимальный расход производственных ресурсов на свое создание и использование. При техническом перевооружении и реконструкции производства выполняют синтез в масштабах отдельных рабочих мест, а при создании нового про-изводства – в масштабах производственных участков.

Математическая сторона синтеза средства ремонта с использованием графов совпадает с выбором оптимального технологического процесса, поскольку в обоих случаях используют схожие графы и рассматривают одни и те же функции.

Предложенный метод синтеза позволяет проектировать как единичные технологические объекты, так и их параметрические ряды. Во втором случае вначале разрабатывают для каждого типа технологических переходов базовый исполнительный агрегат путем его структурного синтеза. Этот агрегат предназначен для выполнения технологического перехода, значение главного параметра которого соответствует модальному (наиболее часто встречаемому) значению функции спроса на агрегаты данного типа. Затем в результате параметрического синтеза из каждого базового агрегата образуют ряд однотипных агрегатов с измененными значениями главного параметра. Этот ряд агрегатов способен выполнить все технологические переходы данного типа. И в заключение разрабатывают компоновки технологических машин, включающие различные исполнительные агрегаты, выбранные из разных типоразмерных рядов.

Единичные технологические процессы являются базой для образования типовых и модульных процессов. Типовые процессы получили наибольшее

распространение в ремонтном производстве в листовой штамповке, нанесении металлических (наплавочных, газотермических, гальванических и др.) и лакокрасочных покрытий, обработке заготовок резанием и сборке изделий. Модульный технологический процесс представляет собой ряд технологических операций восстановления одного модуля поверхностей. Такой процесс объединяет в себе преимущества единичного процесса (учитывает особенности конкретной детали), типового процесса (сохраняет идею типизации на уровне восстановления модуля поверхностей), группового процесса (объединяет разные детали в группы даже в единичном производстве) и придает процессу гибкость. Основная особенность модульной унификации заключается в применении ограниченного количества модульных технологических операций к восстановлению неограниченного количества деталей. Производство, построенное на модульном принципе, становится гибким, способным в кратчайшие сроки с минимальными затратами перейти на восстановление деталей новых видов с минимальной трудоемкости технологической подготовки ремонтного производства. Применение модульных технологических процессов наиболее эффективно при подготовке многономенклатурного производства. Это позволяет широкое использование отдельных средств и процессов при ремонте сложной техники. Капитальные затраты на создание модульного комплекса оборудования ниже, чем типового оборудования, реконструкция производства может выполняться поэтапно, средства, полученные от эксплуатации первых модулей, могут быть использованы для изготовления нового оборудования.

Приведенный метод синтеза процессов и средств ремонта был использован в технологической подготовке производства на Полоцком заводе «Проммащремонт» [2].

Заключение. Разработан, предложен и апробирован метод проектирования процессов и средств ремонта, позволяющий уменьшить сроки и затраты на технологическую подготовку производства с повышением его технического уровня и качества услуг.

Литература

1. Намаконов Б.В., Экологичность реновации изделий – в учебные планы подготовки кадров / Б.В. Намаконов // Инженерия поверхности и реновация изделий: материалы 16-ой Международной научно-технической конференции (Одесса, 30 мая – 03 июня 2016 г.). – Киев: АТМ Украины, 2016. – С. 107–110.

2. Иванов В.П. Подготовка ремонтного производства: научное издание / В.П. Иванов, А.П. Кастрюк. – Новополоцк: ПГУ, 2011. – 272 с.

JUSTIFICATION OF TECHNICAL SOLUTIONS IN THE PREPARATION REPAIR PRODUCTION

V. Ivanov, (Polotsk State University, Novopolotsk, Belarus)

Annotation. *The proposed method of designing processes and repair facilities, which allows to reduce the time and costs of technological preparation of production, raising its technical level and quality of services.*

Keywords: *technological preparation, process, the repair facility, optimization.*

References:

1. Namakonov B.V., Ecology renovation products in the curricula of a professional training / B.V. Namakonov // Engineering of a surface and renovation products: materials 16-th international scientific and Technical Conference (Odessa, 30 May-3 June 2016). -Kiev: ATM of Ukraine, 2016. -P. 107-110.

2. Ivanov V.P., Preparation of repair manufacture: scientific publication / V.P. Ivanov, A.P. Kastrjuk. -Novopolotsk: PSU, 2011. -272 P.

УДК 631.3.004.58

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ СЕМЕЙСТВА КАМАЗ

Федоров А.Г., аспирант,
Криков А.М., гл. науч. сотр., д-р техн. наук, профессор
СибИМЭ СФНЦА РАН, п. Краснообск, Новосибирская обл.,
т. 8-383-3480917, krikov2010@mail.ru

Аннотация*: приведены результаты оценки ожидаемой эффективности технического обслуживания грузовых автомобилей семейства КАМАЗ с использованием системы информационной поддержки.*

Ключевые слова: *грузовые автомобили, техническое диагностирование, техническое обслуживание, эффективность, система информационного обеспечения сокращение времени, сокращение затрат.*

Одним из путей сокращения затрат времени специалистов на поиск и оперирование многоаспектными, рассредоточенными во многих публикациях и постоянно развиваемыми информационными компонентами, которые используются в ходе выполнения операций технического обслуживания (ТО) и технического диагностирования (ТД) грузовых автомобилей, является интеграция всех необходимых компонентов и средств оперирования ими в специальные системы. Для реализации такого пути нами была разработана информационная система, представленная в виде комплекса электронной документации и вычислительного обеспечения ТО и ТД грузовых автомобилей (далее СИПТОГА) [1, 2]. Комплекс необходимого контента был сформирован применительно к четырем моделям грузовых автомобилей семейства КАМАЗ.

Важнейшим этапом в разработке СИПТОГА является оценка ее ожидаемой эффективности. Поэтому была поставлена цель – осуществить оценку ожидаемой эффективности технического обслуживания грузовых автомобилей семейства КАМАЗ применением СИПТОГА на основе результатов ее производственной проверки.

Методические приемы оценки эффективности. Применение СИПТОГА позволит обслуживающему персоналу сократить затраты времени на поиск и подбор информационных компонентов, отражающих перечень и содержание операций обслуживания, порядок их выполнения, оперирование оборудованием, приборами, инструментами, данные о регулировочных параметрах и др. При использовании СИПТОГА, прежде всего, уменьшается вспомогательное время выполнения операций ТО и ТД, а обслуживающий персонал, компетентно владея всеми сведениями по обслуживанию, может его провести более качественно. При этом сократится также продолжительность пребывания автомобиля на обслуживании, что, в свою очередь, приведет к повышению его годовой выработки, а также к росту объема работ, выполняемых на пункте технического обслуживания автомобилей (ПТОА).

За счет применения СИПТОГА сократится также расход времени на расчеты по прогнозированию состояния узлов и агрегатов автомобиля с одновременным повышением точности самих расчетов и корректировкой состава предстоящих диагностических операций в разрезе видов ТО [1, 2, 3].

Результаты исследований. СИПТОГА обеспечивает информационную поддержку проведения операций обслуживания грузовых автомобилей, включая ЕТО, Сервис-А, Сервис-В, ТО-1, диагностирования Д-1 и Д-2, ТО-2, СО с учетом требований, предъявляемых к ней [3].

Эффект применения СИПТОГА для единицы автомобиля определенной марки за год оценивается в виде:

$Э_I = Э1_I + Э2_I + Э3_I + Э4_I + Э5_I – ЗИС_I$;

где $Э1_I$ – эффект от сокращения трудоемкости ТО и ТД автомобиля I-й модели; $Э2_I$ – то же от расчетов по прогнозированию; $Э3_I$– то же от сокращения продолжительности обслуживания; $Э4_I$ – то же от повышения качества обслуживания; $Э5_I$ – то же от сокращения времени пребывания автомобиля на ПТОА; $ЗИС_I$ – удельные затраты на эксплуатацию СИПТОГА.

Методические приемы оценки перечисленных величин приведены в [4], поэтому здесь не рассматриваются. Ниже представлены результаты оценки показателей эффективности на основе данных производственной проверки СИПТОГА в хозяйстве "Раздольное" Коченевского района Новосибирской области применительно к автомобилям семейства КамАЗ моделей 45143, 55102, 55111 и 65115.

Расчеты произведены на основе следующих исходных данных на одну единицу автомобиля типовой модели КамАЗ, в год: сокращение времени выполнения одной средне-сложной операции ТО (ТД, прогнозирования), $t_{скр.О}$ ($t_{скр.Д}$, $t_{скр.П}$), мин. – 4 (7, 7); число обслуживаний видов ТО-1 (ТО-2, СО), NТО-1 ($N_{ТО-2}$, $N_{СО}$), кол. – 6 (2; 2); число операций обслуживания, выполняемых в ТО-1 (ТО-2, СО), $К_{О-1}$ ($К_{О-2}$ $К_{О-СО}$), кол. – 75 (180; 26); число диагностических операций, выполняемых при ТО-1 (ТО-2), $К_{Д-1}$, ($К_{Д-2}$), кол. – 40 (62); коэффициент вероятности обращения к СИПТОГА для получения информации по ТО (ТД, прогнозированию), $Р_{О\,ИС}$ ($Р_{Д\,ИС}$, $Р_{П\,ИС}$). – 0,15 (0,25, 0,25); количество прогнозируемых параметров автомобиля, КП, кол. – 117; часовая ставка оператора, занятого выполнением операций ТО (ТД, прогнозирования), с учетом начислений, $S_О$ ($S_Д$, $S_П$), руб/ч. – 140 (168, 168); коэффициент учета влияния точности прогнозирования ожидаемых параметров технического состояния на качество обслуживания автомобилей (с учетом данных [5]), $К_2$ – 0,25; затраты на ТО и ТД автомобиля в хозяйстве, СТО ТД, руб/год. – 101440; коэффициент учета улучшения качества ТО и ТД (с учетом данных [5]), $К_{К.}$ – 0,1; повышение годовой выработки автомобиля, $\Delta W_А$, тыс.км. – 0,24; нор-матив прибыли на выработку автомобиля, $К_П$, руб/тыс. км. – 200; годовой фонд времени работы автомобиля, ТА, ч. – 2700; годовая выработка автомобиля, $W_А$, тыс. км. – 25; коэффициент загрузки персонального компьютера эксплуатацией СИПТОГА при ТО и ТД одного автомобиля, $К_{ЗСИПТОГА}$. – 0.3; стоимость персонального компьютера, $С_{ПК}$, руб. – 50000; срок службы персонального компьютера, $С_{ЭПК}$, год. – 8; стоимость программного и информационного обеспечения СИПТОГА, СПИО, руб. – 10500; срок модернизации программного и информационного обеспечения СИПТОГА, СМПИО, год. – 6; затраты времени на расчеты по прогнозированию, $Т_П$, ч. – 0.4.

Установлено, что время проведения операций обслуживания (ΔТО) будет сэкономлено на 8,6 часа на один автомобиль в год, операций диагностирования ($\Delta Т_Д$) – на 10,6 часа и на расчеты по прогнозированию параметров технического состояния узлов и агрегатов автомобиля (ΔТП) – 6,8 часа. В результате определено общее сокращение затрат времени (ΔТ), при полном и качественном проведении операций ТО и ТД, 26 часов на один автомобиль в год.

Трудовые затраты при проведении ТО (Т) без применения СИПТОГА на все виды ТО на один автомобиль а год для рассматриваемых моделей КамАЗ составляют 105 чел.ч, а с применением СИПТОГА составят 79 чел.ч.

Эффект от сокращения трудоемкости ТО и ТД (Э1) составляет 4127,2 рублей от одного автомобиля

Эффект от повышения качества обслуживания (Э4) составил 10144 рубля от одного автомобиля, а эффект от повышения точности вычислений прогнозных величин (Э2) – 2536 рублей.

Эффект от сокращения времени пребывания автомобиля на ПТО (Э5) оказался равным 48 рублям от одного автомобиля.

Удельные затраты на эксплуатацию СИПТОГА (ЗИС) составили 3692,2 рубля на один автомобиль в год.

Ожидаемый годовой экономический эффект от применения СИПТОГА (Э), при приобретении и установке одного ПЭВМ, в пересчете для одной единицы автомобиля типовой модели КамАЗ составляет 13163 рубля.

В результате ожидаемый годовой экономический эффект от применения СИПТОГА (ЭХ) на 9 автомобилей рассматриваемого хозяйства составит 118467 рублей в год, а в масштабах Коченевского района на 58 ед. моделей семейства КамАЗ – 763454 рублей.

Заметим, что нам не удалось найти нормативные данные, отражающие затраты на пребывание автомобиля на ПТОА во время его обслуживания.

Выводы.

1. Методические приемы оценки эффективности технического обслуживания грузовых автомобилей с применением системы информационного обеспечения, отраженные в [4], применимы для оценки эффективности СИПТОГА на основе данных ее производственной проверки.

2. Данные производственной проверки и расчеты показали, что при выполнении операций обслуживания грузовых автомобилей семейства КамАЗ с применением СИПТОГА сократится время выполнения одной среднесложной операции: ТО – на 4,0 мин; ТД и прогнозирования – на 7,0 мин. Сокращение затрат времени на обслуживание одного автомобиля в год составит 26 часов.

3. Ожидаемый годовой экономический эффект от применения СИПТОГА для одного автомобиля семейства КамАЗ составляет около 13тыс. руб., а ожидаемый годовой экономический эффект в хозяйстве, где проведена производственная проверка, составит около 118 тыс. руб. в год, а в масштабе района – около 763 тыс. руб.

Заметим, что более точная оценка отдельных показателей эффективности технического обслуживания грузовых автомобилей с применением системы информационного обеспечения на базе СИПТОГА требует дополнительных исследований.

Литература

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

2. Федоров А.Г., Криков А.М., Делягин В.Н. и др. Прогнозирование остаточного ресурса узлов и агрегатов грузовых автомобилей в среде электронной таблицы// Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2016. – №3. – С. 90-96.

3. Криков А.М., Федоров А.Г. Информационные технологии в системе технического обслуживания автомобилей АПК/Материалы III Всероссийской науч.-практ. конф. «VII инновационно-промышленный салон. Ремонт. Восстановление. Реновация». - Уфа: ФГБОУ ВПО «БГАУ», 2012. – С. 117-119.

4. Федоров А.Г., Криков А.М. Оценка эффективности технического обслуживания грузовых автомобилей с применением системы информационной поддержки // Наземные транспортно-технологические средства: проектирование, производство, эксплуатация: материалы I Всерос. заочной науч.- практ. конф. / Забайкал. гос. ун-т (25- 28 октября 2016г.); отв. ред. С.П.Озорнин. – Чита: ЗабГУ, 2016. – С. 136 – 143.

5. Бельских В.И. Диагностирование и обслуживание сельскохозяйст-венной техники. – М.: Колос, 1980. – 575 с.

THE EFFECTIVENESS OF INFORMATION MANAGEMENT SYSTEM FOR THE MAINTENANCE OF KAMAZ TRUCKS

Fedorov A.G., a graduate student,
Krikov A.M., Chief Scientist, Doctor of Technical Sciences, Professor
SibIME SFNCA RAS, settlement Krasnoobsk, Novosibirsk region,
tel. 8-383-3480917, krikov2010@mail.ru

***Summary**: methodical receptions and results of an assessment of the expected efficiency of maintenance of trucks of agrarian and industrial complex with use of system of information support are considered.*

***Keywords**: trucks, technical diagnosing, maintenance, technical efficiency, economic efficiency, system of information support reduction of time, reduction of expenses.*

LITERATURE

1. Krikov A.M., Fedorov A.G. Development of information system of maintenance of freight cars APK/Trudy GOSNITI. – M.: GOSNITI, 2012. Vol 112, part 2: maintenance. Repair. – S. 48-50.

2. Fedorov A.G., Krikov A.M., Delyagin V.N. etc. Prediction of residual life of components and assemblies of trucks in the environment of the spreadsheet//Siberian Bulletin of agricultural science. – 2016. – №. 3. – S. 90-96.

3. Krikov A.M., Fedorov A.G. Information technology in the system of car maintenance APK/materials of the III all-Russian scientific.-pract. Conf. "VII innovative-industrial salon. Repair. Recovery. Renovation". - Ufa: FGBOU VPO "BSAU", 2012. – Pp. 117-119.

4. Fedorov A.G., Krikov A.M. Evaluation of the effectiveness of the Screams of maintenance trucks information support system//Ground freight technology tools: design, production, operation of: (I) All materials. part-time researcher, Scient. conf. /Zabajkal. GOS. University (25-October 28, 2016); OTV. Ed. S.p. Ozornin.-Chita: ZabGU, 2016. -S. 136-143.

5. Belskih V.I. Diagnosis and maintenance of agricultural equipment. – M.: Kolos, 1980. – 575 p.

ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РЕЦИКЛИНГА МАШИН

УДК 631.3

ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ «СЕЛЬХОЗРЕЦИКЛИНГ»

Герасимов В.С., Зав. лабораторией, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
E-mail: rosagroserv@list.ru

Ubstantiation of expediency of creation of system of recycling of agricultural machinery "selfhosting"

Gerasimov V.S., Head laboratory, CENTER FNAC VIM
E-mail: rosagroserv@list.ru

Ключевые слова: *рециклинг, утилизация, списание, машинно-тракторный парк, ресурсосбережение, экология, методология, стратегия, моделирование, система управления.*

Keywords*: recycling, disposal, write-off, machine-tractor Park, resource conservation, ecology, methodology, strategy, simulation, control system.*

Реферат*. В статье представлено обоснование по созданию системы утилизации сельскохозяйственной техники. Показано, что Россия отстаёт от развитых стран по уровню переработки отходов. Так из общего количества отходов только от 1,3 до 3%, подвергается промышленной переработке, а остальные отходы вывозится на свалки для захоронения.*

Утилизация сельскохозяйственной техники осуществляется без использования современных энерго- и ресурсосберегающих экологически безопасных технологий, с большими потерями материальных ресурсов. Приведены данные о выведении из эксплуатации сельскохозяйственной техники. Так за ближайшие 5 лет будет выведено из эксплуатации около 320 тыс. сельскохозяйственных машин. Ежегодно объем отходов от утилизации сельскохозяйственной техники составляет около 4 млн. тонн, а стоимость ориентировочно – 4,5…5 млрд. руб. Для решения вопросов утилизации сельскохозяйственной техники необходимо создание системы утилизации, которая предусматривает сохранение экологии, сохранение ресурсов, поддержание сельхозтоваропроизводителя. В статье приводятся перечень разработанных в ГОСНИТИ инновационных и методологических мероприятий. Для определения основных параметров системы были проведенные в 19 сельскохозяйственных регионах страны обследования, которые были использованы в работе. Показано, что процесс утилизации сельскохозяйственной техники может, осуществляется по трем основным вариантам: в собственных мастерских агрохозяйств, в специализированных ремонтно-технических предприятиях областного уровня, отказ от утилизации с передачей этой функции новому владельцу. Результаты исследований показали, что более половины хозяйств предпочитает проводить утилизацию своими силами. До 40% хозяйств готовы передать технику ремонтные предприятия для утилизации.

Abstract*. The article shows the rationale of creation of the agricultural machinery utilization system. It is shown that Russia is far beyond the developed*

countries by the level of waste utilization. From the whole quantity of waste, only 1,3 to 3 % are industrially utilized and all the rest is transported to dumps where it is buried.

Utilization of agricultural machinery is conducted without implementation of modern energy and resourse-saving, ecologically clean technologies with great losses of material resources. Some data about how agricultural machinery is dealt with after the end of its exploitation is brought. In the nearest 5 years, 320 thousands of agricultural machines are forecast to exit exploitation. The volume of waste from agricultural machinery utilization is approximately 4 mln tons annually and the expenses are approximately- 4,5-5 billions rubbles. For solving the problems of utilization of agricultural machinery it is necessary to create a utilization system which considers preservation of ecology, resources and support of agricultural producers . The article features a number of innovational and methodological measures developed at GOSNITI. Studies performed in 19 agricultural regions of the country of investigation were used in this article to define the main parameters of the system. It is shown that the process of utilization of agricultural machinery may be performed in three ways: in privately owned agricultural workshops, in special fixing workshops on the regional level, refual to utilizize with passing this function to a new owner of the machinery (outsourcing). The results of studies showed that more than a half of agricultural establishments prefer to utilize with their own resources . Up to 40 % of establishments seem to be ready to outsource the utilization to special firms.

Обращение с отходами производства и потребления в последнее столетие превратилось в общемировую проблему.

Учитывая этот факт, технически развитые страны уже более 40 лет назад начали создавать эффективную систему утилизации отходов. В настоящее время они ее постоянно совершенствуют, сформировав новую отрасль рециклинга.

Россия отстаёт от стран-лидеров в развитии технологий, касающихся обращения с отходами. Из общего количества, промышленной переработке подвергается от 1,3 до 3%, остальное вывозится на свалки и полигоны для захоронения.

Утилизируемые отходы с одной стороны – представляют собой серьезный источник загрязнения, с другой – они являться неиссякаемым источником ресурсов. И положительные, и отрицательные задачи, с которыми сталкиваются страны, решаются путём создания эффективной системы утилизации отходов.

Пока, большинство граждан России, под утилизацией отходов понимают в лучшем случае какой-то несложный технологический процесс, связанный с удалением и уничтожением отходов, обеспечивающий поддержание требуемого санитарного состояния среды обитания человека.

На самом деле утилизация отходов является составной частью технической политики страны, которая в значительной мере определяет уровень её развития и отношение к экологическому состоянию окружающей среды и к перспективам сохранения не только своих собственных природных ресурсов, но и общемировых запасов.

Россия в этом направлении существенно отстаёт от экономически развитых стран. При этом прямая имплантация зарубежных моделей утилиза-

ции техники, при существующих российских экономических и социальных условиях, не представляется возможной. Но необходимость создания такой системы очевидна, поскольку она направлена на решение социальных, экономических, экологических и целого ряда других задач.

В агропромышленном комплексе России необходимость создания ресурсосберегающей экологоориентированной системы утилизации техники и оборудования объективно носит актуальный характер, так как сельскохозяйственное производство и все инженерно-техническое обеспечение, связанное с ним непосредственно взаимодействует с окружающей средой, нанося ей значительный экологический ущерб.

Если в системе автопрома проблемами утилизации автотехники всерьез занялись уже более 15 лет, то в АПК России, к сожалению, эта деятельность находилась в начальной стадии без научной ориентации, теоретических, методологических и технологических основ.

В связи с этим, ГОСНИТИ, начиная с 2012 года, проводит масштабную работу по формированию отраслевой системы утилизации, выведенной из эксплуатации техники и оборудования.

Исследования, проведенные ГОСНИТИ в 2012-2015 г.г., выявили реальную картину проведения утилизации сельскохозяйственной техники в АПК России. Она осуществляется без использования современных энерго- и ресурсосберегающих экологически безопасных технологий, с преобладанием неквалифицированного ручного труда, при этом велики потери материальных ресурсов, качество получаемых вторичных материалов очень низкое. Происходит интенсивное загрязнение окружающей среды опасными компонентами, вышедшей из эксплуатации сельскохозяйственной техники и оборудования.

По экспертным данным в ближайшие 3 – 5 лет будет выведено из эксплуатации около 320 тысяч единиц сельскохозяйственных машин и оборудования, в т.ч. около 200 тысяч единиц мобильной техники.

Ежегодный общий объем отходов от утилизации сельскохозяйственной техники составляет ориентировочно около 4 млн. тонн, а стоимость ориентировочно – 4,5…5 млрд. рублей.

Значительные объемы этих материалов скапливаются на машинных дворах, размещаются на пахотных землях, снижая плодородие почв, причиняя значительный вред окружающей среде. Они загрязняют почву, водные объекты, захламляют территорию.

В соответствии с статьей 24 ФЗ № 89 «Об отходах производства и потребления» за каждое колесное транспортное средство (шасси), ввозимое в Российскую Федерацию или произведенное, изготовленное в Российской Федерации, уплачивается утилизационный сбор.

Таким образом, появилась реальная законодательная и финансовая база для начала формирования системы утилизации сельскохозяйственной техники и оборудования в АПК России, которая должна решать следующие задачи (рисунок 1).

В ГОСНИТИ были разработаны инновационные и методологические мероприятия, связанные с формированием системы утилизации сельскохозяйственной техники и оборудования в АПК России, в том числе:

- обоснование стратегии формирования системы утилизации сельскохозяйственной техники и оборудования «Сельхозрециклинг»;

Рисунок 1

- методики и программы расчета параметров системы;
- теоретические модели системы «Сельхозрециклинг»;
- алгоритмы расчетов финансовых затрат и их оптимизация на создание системы утилизации «Сельхозрециклинг»;
- технологии переработки компонентов утилизации сельскохозяйственной техники и оборудования;
- модели управления системы утилизации сельскохозяйственной техники и оборудования и другие необходимее мероприятия.

Проведенные в 19 сельскохозяйственных регионах страны обследования с целью определения оптимальных возможностей формирования системы «Сельхозрециклинг» определили основные параметры будущей системы.

Следует отметить, что актуальность и необходимость решения этой проблемы не всегда находит понимание, как в научной среде, так и в руководстве агропромышленных формирований. В связи с этим был проведен мониторинг с руководителями агрохозяйств в обследуемых регионах, которые дали ответы на наиболее острые вопросы, которые необходимо оперативно решать в ближайшие 1,5-2 года при формировании организационно-технической структуры проведения рециклинга сельскохозяйственных машин и оборудования.

Руководители агрохозяйств дали конкретные предложения по проблемам утилизации сельскохозяйственной техники и оборудования. Ценность этих предложений заключается в том, что они дают реальную программу действий по созданию системы утилизации, так как сформулированы специалистами, которые непосредственно трудятся в сфере сельхозпроизводства:

- необходимо разработать технологическое обеспечение процессов утилизации сельскохозяйственной техники;
- необходимо разработать определенные меры по стимулированию сельхозтоваропроизводителей при утилизации старой техники;
- в перечень новых машин, которые можно приобрести по программе утилизации сельхозмашин, необходимо включить как отечественную, так и зарубежную технику;
- программа утилизации сельхозтехники должна быть согласована с

программой модернизации машин;

- региональные органы управления АПК должны увеличить размеры компенсации за свой счет;
- дилеры в дополнение к сертификату на покупку новой техники после сдачи старой могут предложить дополнительные бонусы в виде топлива и спецодежды;
- программы утилизации сельскохозяйственной техники должны быть разработаны на трех уровнях: государственном, субъекта Федерации и местном (районном);
- схемы утилизации сельхозмашин следует максимально упростить, исключив из них как можно больше бюрократических барьеров;
- с программой утилизации сельхозмашин следует увязать лизинг техники;
- упростить алгоритм представления в лизинг новой техники после сдачи под утилизацию старой;
- списываемую с баланса агропредприятия сельхозтехнику предлагается оставлять на местах как один из основных источников запасных частей на ремонтно-эксплуатационные нужды;
- как вариант, можно рассматривать проведение утилизации списанной сельхозтехники наемными организациями на взаимовыгодных условиях с оставлением в агрохозяйствах годных запасных частей, узлов и других материалов. Цена новой техники, реализуемой по программе утилизации, должна составлять 65 – 70% от сложившейся на этот момент рыночной цены;
- предлагается выдавать сертификат на приобретение новой техники взамен утилизируемой;
- расширить спектр утилизации сельскохозяйственной техники по видам и маркам машин.

Объём МТП в АПК России составляет примерно 50% от технологической и нормативной потребности, износ техники достиг 70-75% от действующего парка. Обеспеченность АПК страны по тракторам снизилась в 2,9 раза, по зерноуборочным комбайнам в 3,5 раза, по кормоуборочным в 4 раза.

Интегральная оценка уровня использования сельскохозяйственной техники в АПК РФ 2012 – 2016 г.г. представлена на рисунке 2.

Повсеместное использование парка изношенной сельскохозяйственной техники, рост физического и морального износа машин ведут к нарушению технологических процессов, сокращению объемов производства сельскохозяйственной продукции, увеличению ее себестоимости и снижению конкурентоспособности.

Разработка концептуальных основ формирования ресурсосберегающей экологоориентированной системы утилизации должна осуществляться с учетом специфики условий использования и списания техники в сельском хозяйстве. Эта специфика определяется:

- рассредоточенностью техники по территории;
- системой сбора, подготовки ремонтного фонда и машин, предназначенных к списанию;
- наличием и возможностью использования специальных средств и технологического оборудования предприятий ремонтно-обслуживающей базы АПК;

• мотивацией, заинтересованностью структур, вовлекаемых в процесс утилизации техники.

С учетом этой специфики и накопленного опыта неразрушающей и разрушающей технологической утилизации сформулированы концептуальные основы программы утилизации, приемлемые для предприятий АПК и вписывающиеся в общие основы концепции утилизации.

Технологическая утилизация сельскохозяйственной техники является блоком общей концепции ресурсосбережения в АПК, реализуемой в последние десятилетия. Технологическая утилизация позволяет уменьшить объемы потребления первичных ресурсов, возвратить в сферу использования уже имеющиеся и тем самым снизить нагрузку на природу, сохранить экологию.

Становление технологической утилизации в АПК - это главная проблема рационального использования ресурсов особенно таких, как технические средства ремонтно-обслуживающего производства и потребляемые ими ресурсы.

Результат утилизации - вторичные ресурсы в виде узлов и деталей с остаточной годностью, вторичное сырье для переработки в иные ресурсы, локализованные ресурсы, не влияющие на окружающую среду.

Средства утилизации – техника и оборудование, технология, организация специализированного производства, обеспечивающие технологически, экономически, экологически целесообразные процессы переработки и движения ресурсов после окончания их жизненного цикла.

Рисунок 2 - Интегральная оценка уровня использования сельскохозяйственной техники

■ – технологический норматив

▲ – фактический уровень использования техники

В результате обработки данных исследований по отдельным сельскохозяйственным регионам страны получен ряд случайных значений коэффициентов технической готовности тракторов и зерноуборочных комбайнов по годам службы. Эти значения могут быть использованы для обоснования необходимости создания системы утилизации сельскохозяйственной техники «Сельхозрециклинг» в конкретном регионе.

Графически эти зависимости представлены на рисунках 3, 4, 5, 6.

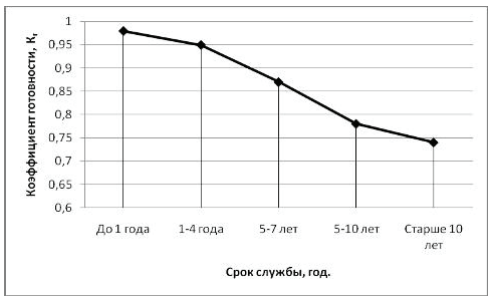


Рисунок 3 - Зависимость изменения коэффициента технической готовности тракторов от срока службы в агрохозяйствах АПК Краснодарского края

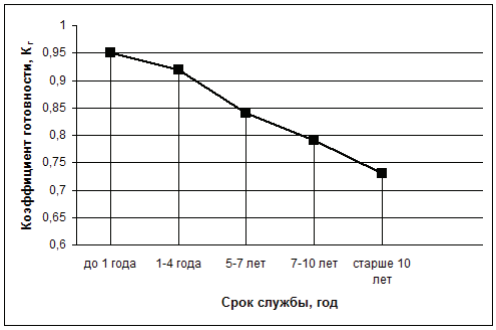


Рисунок 4 - Зависимость изменения коэффициента технической готовности комбайнов от срока службы в агрохозяйствах АПК Краснодарского края

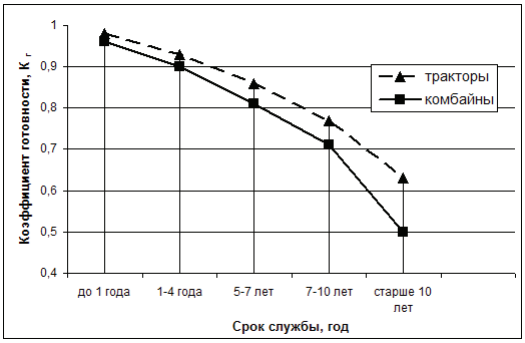


Рисунок 5 - Зависимость изменения коэффициента технической готовности тракторов и комбайнов от срока службы в агрохозяйствах АПК Пензенской области

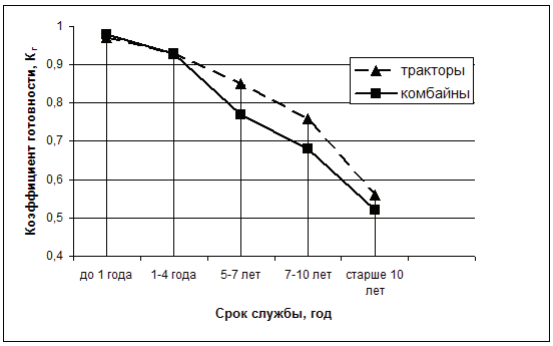


Рисунок 6 - Зависимость изменения коэффициента технической готовности тракторов и комбайнов от срока службы в агрохозяйствах АПК Курганской области

В процессе проводимых ГОСНИТИ исследований в агрохозяйствах указанных регионов был дан анализ вариантов осуществления процессов утилизации сельхозтехники, включающих три основных варианта проведения рециклинга:

- в собственных мастерских агрохозяйств;
- в специализированных ремонтно-технических предприятиях (РТП) областного (районного) уровней;
- отказ от утилизации с передачей этой функции новому владельцу устаревшего трактора, комбайна, сельхозмашины.

На рисунке 7 представлена информация на базе агрохозяйств Краснодарского края, Пензенской, Курганской и Тверской областей по вариантам проведения утилизации сельскохозяйственной техники.

Из 33 агрохозяйств, где проводились исследования, выявлена следующая тенденция местонахождения рециклинга сельскохозяйственной техники:

в собственных мастерских агрохозяйств	- 17 хозяйств, или – 52%
в РТП областного (районного) уровней	- 13 хозяйств, или – 39%
силами нового собственника устаревшей техники	- 3 хозяйства, или – 9%

Как видно, из представленной информации, подавляющее количество агрохозяйств предпочитает проводить технологические процессы утилизации сельскохозяйственной техники собственными силами, используя собственный технический потенциал. Около 40% хозяйств используют технологические и технические возможности близлежащих ремонтно-технических предприятий (РТП), что на наш взгляд является более эффективной мерой перехода на мало и безотходные циклы утилизации сельскохозяйственной техники, т. е. получение максимальных объемов вторичных ресурсов в виде запасных частей, материалов и других компонентов.

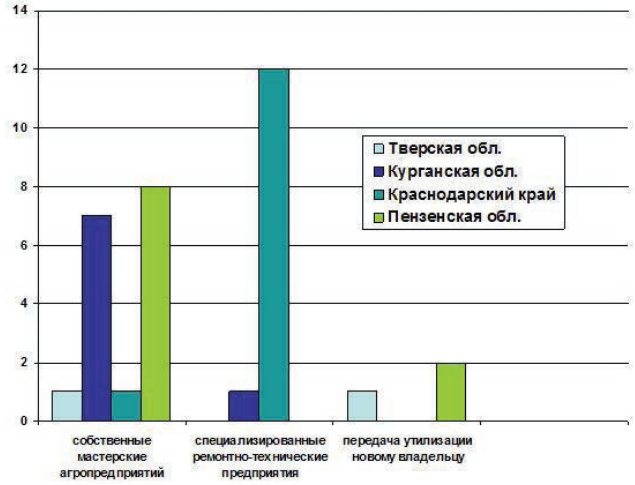


Рисунок 7 – Варианты проведения утилизации сельскохозяйственной техники в различных регионах АПК России

И лишь около 9% агрохозяйств избавляется от устаревшей техники (10 и свыше лет эксплуатации), реализуя ее за 15 – 20% от первоначальной стоимости. Дальнейшими исследованиями было установлено, что эти машины приобретают в основном специализированные ремонтные предприятия, которые наряду с утилизацией проводят также глубокую модернизацию изношенной техники, имеющую достаточно высокий остаточный ресурс.

Таким образом, на региональном уровне в качестве основного базиса предприятий, осуществляющих утилизацию подержанной сельскохозяйственной техники будет выступать сеть ремонтно-технических и сервисных предприятий, которые даже в настоящее время являются мощным производственным потенциалом с большими техническими возможностями.

УДК 544.723.212:662.7

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ОРГАНОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ АПК

Федотов А. В., и.о. руководителя Инновационного центра, вед. научный сотрудник, канд. техн. наук,
Григорьев В. С., гл. научный сотрудник, д-р техн. наук, проф.,
Свитцов А.А., вед. научный сотрудник, канд. техн. наук, доцент
Мазалов Д.Ю., научный сотрудник
(ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Москва, (495) 989-18-07, 1117731@mail.ru)

***Аннотация**: Проведено исследование концентрирования органики из разбавленных сточных вод адсорбционными и мембранными технологиями. Показано, что при сверхкритическом водном окислении стойких органических соединений проходит их деструкция с эффективностью не ниже 99,5%. В зависимости от режима гидротермальной обработки отходов конечными продуктами деструкции может быть высокоэнтальпийная парогазовая смесь (автотермическое окисление) или горючий газ (аллотермический пиролиз).*

***Ключевые слова:** органосодержащие отходы, деструкция. адсорбция, мембранная технология, сверхкритические параметры.*

Цель исследования – экспериментальная оценка различных технических решений обезвреживания отходов с использованием гидротермальных технологий.

Методика исследования – содержание органических веществ в исходных образцах проб и конденсате определяли по показателю химического потребления кислорода (ХПК) в соответствии с ГОСТ 31859-2012. Анализ состава, образующейся газовой фазы при проведении гидротермальной деструкции отходов проводили хроматографическим методом на газовом хроматографе «Кристалл 5000».

По данным Росстата за 12 лет (с 2003 по 2014 гг.) темпы роста образования отходов производства и потребления всего по стране составили 198%, а темпы роста вторичного использования и обезвреживания – 175,5%, что увеличивает негативное воздействие на окружающую среду [1]. Одной из причин заметного отставания темпов роста использования и обезвреживания отходов от темпов роста их образования является отсутствие эффективных технологий по их обезвреживанию. Отходы АПК сильно отличаются по агрегатному состоянию, дисперсности, концентрации, фазовому и химическому составу и для конкретного вида отходов может потребоваться своя технология с корректировкой типовых технических решений.

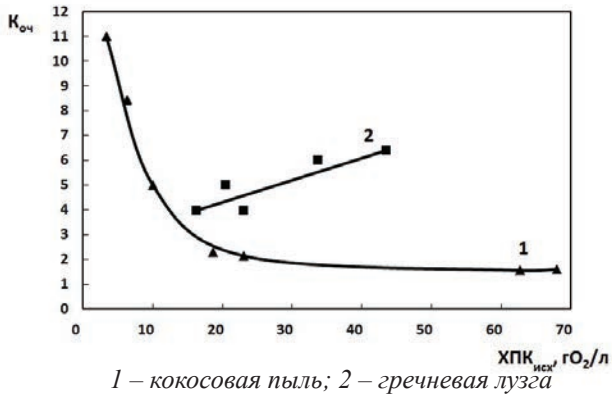
Для концентрирования сточных вод использовали адсорбционные и мембранные технологии. Адсорбционную очистку проводили на стоках творожного производства – кислой молочной сыворотке. Качество очистки оценивали по коэффициенту очистки ($К_{оч}$):

$$К_{оч} = \frac{ХПК_{исх}}{ХПК_{кон}}$$

В качестве адсорбента использовали молотую гречневую лузгу и отходы коксового производства. Степень концентрирования органики в переделах 10-30% обеспечивает устойчивую и энергоэффективную работу реактора в условиях сверхкритического состояния воды [2-3]. Преимущества сорбционного концентрирования в том, что помимо очистки сточных вод образуются суспензии большой энергетической емкости, которые повышают эффективность обработки в сверхкритических условиях. Переработку отходов в условиях сверхкритического состояния воды осуществляли в реакторе периодического действия с автоматизированной системой контроля и управления процессом [4-5].

Результаты и обсуждение

Проведенные исследования показали, что гречневая лузга - более эффективный адсорбент, чем отходы коксовой пыли. Преимущества гречневой лузги видны на представленной зависимости коэффициента очистки от концентрации органических веществ (рисунок 1). Если с ростом концентрации коксовая пыль очищает хуже, то гречневая лузга в силу своей пористости сохраняет свою сорбционную емкость.



1 – кокосовая пыль; 2 – гречневая лузга

Рисунок 1 – Изменение коэффициента очистки с ростом концентрации органики в исходном растворе

При значительном содержании органических веществ в стоках (более 30%) при реализации процесса гидротермальной деструкции в автотермическом режиме окисления потребуется их разбавление до концентрации 10-30% органики, а при аллотермическом режиме – наоборот, предпочтительнее концентрирование, повышающее выход горючих газов. Следует отметить, что мембранную обработку исходных стоков можно совмещать с предварительной адсорбционной очисткой, что повышает эффективность мембранного разделения. В мембранном аппарате легко регулировать степень концентрирования за счет изменения площади мембран, рабочего давления и времени контакта исходного раствора с поверхностью мембраны. В результате степень концентрирования можно увеличить в 24 раза (рисунок 2).

Положительным моментом предлагаемой технологии является отсутствие ограничений по дозе вводимого сорбента, поскольку он также является отходом, требующим переработки. При сверхкритической гидротермальной

деструкции он может быть полностью окислен до образования углекислого газа и воды с получением высокоэнтальпийной газовой смеси, либо с образованием горючих газов.

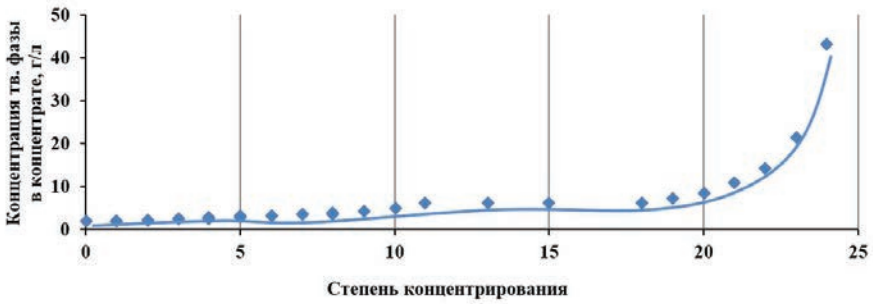
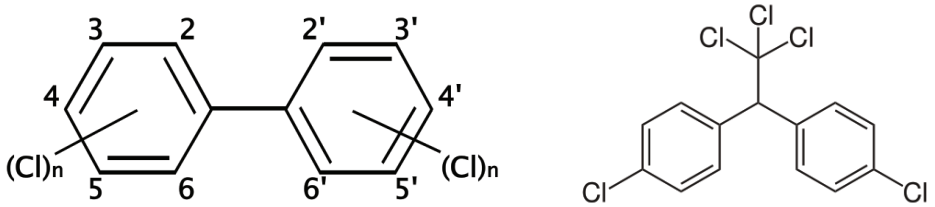


Рисунок 2 – Зависимость концентрации суспензии от степени концентрирования

Выбор условий обработки отходов в условиях сверхкритического состояния воды в присутствии окислителя (автотермический режим) с получением высокоэнтальпийной газовой смеси, либо без окислителя (аллотермический режим) с получением горючих газов зависит от природы отходов и поставленной задачи по их утилизации. Многие исследованные отходы (гречневая лузга, молочная сыворотка, рапсовое масло и др.) эффективно превращаются в горючие газы в условиях гидротермального пиролиза. Расчетная низшая теплотворная способность полученных горючих газов (CO, CH_4, H_2) составляет 11-22 МДж/м^3. Для сравнения низшая теплотворная способность генераторного газа составляет (5,2÷6,5) МДж/м3, а доменного - (4,0÷4,2) МДж/м^3. Образующиеся горючие газы могут быть преобразованы в электрическую энергию по существующим технологическим энергетическим схемам [6].

Ряд отходов (коксового производства, стойкие органические загрязнители (СОЗ), в том числе токсичные хлорсодержащие соединения сточных вод нефтехимических производств) требуют для эффективного экологически безопасного обезвреживания присутствия окислителя. Эффективность окисления в условиях сверхкритического состояния воды оценивали на образцах полихлорированного бифенила (ПХБ) и трихлорметилди (п-хлорфенил) метана) – ДДТ, а также на отходах нефтехимического производства (рисунок 3).



а *б*

а – ПХБ; б – ДДТ
Рисунок 3 – Структурные формулы

ПХБ относятся к группе СОЗ. На сегодня не существует универсальных технологий, которые бы позволяли утилизировать сами ПХБ, электрооборудование и материалы, содержащие ПХБ и одновременно отвечали всем экологическим требованиям.

Исследование проводили на пробах ПХБ (трансформаторного масла). По данным количественного химического анализа содержание хлора в исходной пробе ПХБ составляло 782,08 мг/г. В сверхкритических условиях в присутствии окислителя (перекиси водорода) реакция проходит с выделением тепла и образованием углекислого газа, воды и хлористого водорода. Поэтому для защиты материала реактора от коррозии в реакционную смесь вводили углекислый натрий в количестве, превышающем стехиометрическое соотношение. В результате окисления СОЗ образуется высокоэнтальпийная парогазовая смесь (давление 200 атм и температура порядка 400 °С), которую можно использовать для производства электроэнергии. Эффективность деструкции составляет не ниже 99,5% (таблица 1).

Таблица 1.

Результаты СКГО промышленных отходов

Наименование отхода	Единица измерения	Значение		Эффективность обезвреживания, %	Метод анализа
		до СКВО	после СКВО		
Отходы нефтепродуктов	мг O_2/л	32 560	113	99,9	по ХПК (ГОСТ 31859-2012)
Раствор ДДТ в отработанном масле М-10г2к	мг O_2/л	29 270	128	99,56	по ХПК (ГОСТ 31859-2012)
Эмульсия ПХБ	мкг/г	25 532,9	6,513	99,7	Хромато-масс-спектрометр Agilem 7200*

** – анализ выполнялся лицензированной организацией НПО “Тайфун» г. Обнинск*

Структурная схема энергоэффективной гидротермальной технологии представлена на рисунках 4 и 5. Наличие конкретных технологических переделов определяется видом исходных отходов, их концентрацией и задач стоящих перед производственниками.

Выводы. Сверхкритические гидротермальные технологии в комплексе с адсорбционными и мембранными технологиями позволяют:

1. Обезвреживать широкую номенклатуру опасных сточных вод и отходов АПК, включая СОЗ с эффективностью не ниже 99,5 %.

2. Обеспечить экологическую безопасность процесса за счет:

– проведения процесса в замкнутом объеме;

– деструкции органосодержащих отходов до безопасного углекислого газа и воды.

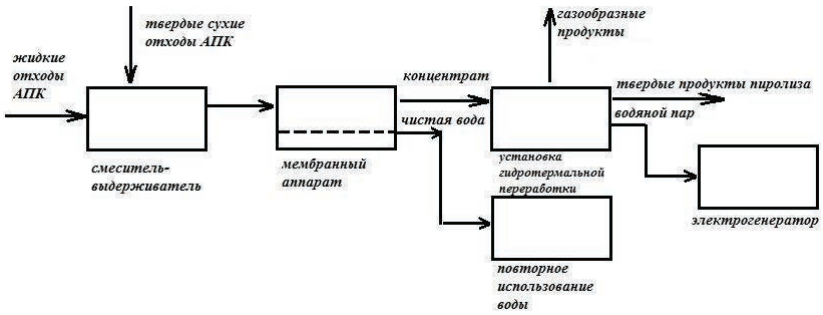


Рисунок 4 – Объединенная схема мембранно-гидротермальной переработки отходов АПК (варианты полного окисления и пиролиза)

3. Проводить деструкцию без операции сушки отходов.

4. Газообразные продукты разложения отходов и сточных вод в автотермическом и аллотермическом режимах являются рабочим телом для производства электроэнергии при использовании паровых минитурбин и газопоршневых установок.

Литература

1. Федеральная служба государственной статистики. Образование, использование, обезвреживание и размещение отходов производства и потребления в Российской Федерации [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/environment

2. Астахова Л.В., Мазалов Ю.А. // Наукоемкие технологии. 2008. Т. 9. № 10. С. 71.

3. Федяева О.Н., Востриков А.А. // Сверхкритические флюиды: теория и практика. 2012. Т. 7. № 1. С. 64.

4. Крылова Т.Г., Григорьев В.С. // Труды ГОСНИТИ. 2012. Т. 109. С. 132.

5. Милованов Н.С., Феоктистов А.И., Григорьев В.С., Володина А.А. // Труды ГОСНИТИ. 2015. Т. 121. С. 120.

6. Мазалов Ю.А., Берш А.В., Меренов А.В. и др. // Тр. 6-й Межд. научно-практич. конф. «Энергоснабжение и энергообеспечение в сельском хозяйстве». М., 2008. Ч. 1. С. 390.

ENERGY-EFFICIENT TECHNOLOGY HYDROTHERMAL RECYCLING OF ORGANIC WASTE AGRIBUSINESS

Fedotov A.V., Leading Researcher, Candidate of Technical Sciences,
Grigoriev V.S., Chief Researcher, Doctor of Technical Sciences, Professor,
Svitcov A.A., Leading Researcher, Candidate of Technical Sciences, docent,
Mazalov D.Y., Researcher
(Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Agroengineering Center VIM", Moscow, (495) 989-18-07, 1117731@mail.ru)

Annotacion. *A study of the concentration of organics from dilute waste water adsorption and membrane technologies. It is shown that the supercritical water oxidation of persistent organic compounds passes them to the destruction efficiency of not less than 99.5%. Depending on the mode of hydrothermal treatment of waste end products of degradation can be high-enthalpy gas-vapor mixture (autothermal oxidation) or combustible gas (allothermic pyrolysis).*

Keywords: *organic wastes, destruction. adsorption, membrane technology, supercritical parameters.*

References:

1. Federal State Statistics Service. Education, use, neutralization and disposal of production and consumption waste in the Russian Federation [Electronic resource] / Access: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/ rosstat/ru/statistics/ environment.

2. Astakhova L.V., Mazalov Y.A. // High Tech. 2008. V. 9. № 10. S. 71.

3. Fedyaeva O.N., Vostrikovs A.A. // Supercritical Fluids: Theory and Practice. 2012. T. 7. № 1. S. 64.

4. Krylova T.G. // Proceedings GOSNITI. 2012. T. 109. S. 132.

5. Milovanov N.S., Feoktistov A.I., Grigoriev V.S., Volodina A.A. // Proceedings GOSNITI. 2015. T. 121. S. 120.

6. Mazalov Y.A., Bersh A.V., Meren A.V. et al. // Proc. 6th Int. Scientific-practical. Conf. "Energy supply in agriculture and energy supply." M., 2008. Part 1. P. 390.

УДК 504.064.45

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА В КАЧЕСТВЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Дронченко В.А., ст. преподаватель
Полоцкий государственный университет, г. Новополоцк, Беларусь
E-mail: v.dronchenko@psu.by, тел. +375-29-2109520

Аннотация. *Разработаны технологические процессы приготовления водной эмульсии из нефтесодержащих отходов и ее использования в качестве материала противоадгезионных покрытий поверхностей форм для изготовления железобетонных изделий и в виде вторичного энергоресурса как добавки к топливу паровых котлов.*

Ключевые слова: *нефтесодержащие отходы, утилизация, эмульсия.*

Жидкие отходы участков разборки агрегатов предприятий по ремонту техники представляют собой сточные воды с нефтесодержащей составляющей из масел моторного (65–90 % об.) и трансмиссионного (6–10 % об.), топливных фракций (2–6 % об.) и пластичных смазок (1–2 % об.)/ Эти отходы являются потенциально опасными веществами, которые вследствие своих физических, химических и токсикологических свойств предопределяют риск для здоровья рабочих и представляют угрозу окружающей среде[1].

Утилизация нефтесодержащих отходов (НСО) предполагает превращение в неопасные соединения путем эмульгирования и использование полученных эмульсий как в качестве противоадгезионных покрытий рабочих поверхностей форм для получения железобетонных изделий, так и в качестве добавки к топливу котельных агрегатов. Первое направление позволит дополнительно отказаться от использования дорогих промышленных эмульсолов и смазок, а второе – уменьшить объем вредных выбросов с дымовыми газами в атмосферу за счет управляемого изменения процесса сгорания топлива.

Цель работы заключается в снижении загрязнения окружающей среды путем разработки и внедрения технологии переработки и утилизации НСО.

Технологический процесс утилизации НСО (рис. 1) включает 3 операции:

– приготовления из них нефтесодержащей эмульсии;

– или использование эмульсии в качестве материала противоадгезионных покрытий;

– или использование в качестве добавки к котельному топливу.

Технологический процесс приготовления нефтесодержащей эмульсии состоит из следующих операций [2]:

– сбор и подготовка НСО и сточных вод, содержащих нефтепродукты, к переработке;

– подготовка раствора эмульгатора;

– подача НСО в раствор эмульгатора;

– подогрев компонентов при помощи трубчатого электронагревателя до

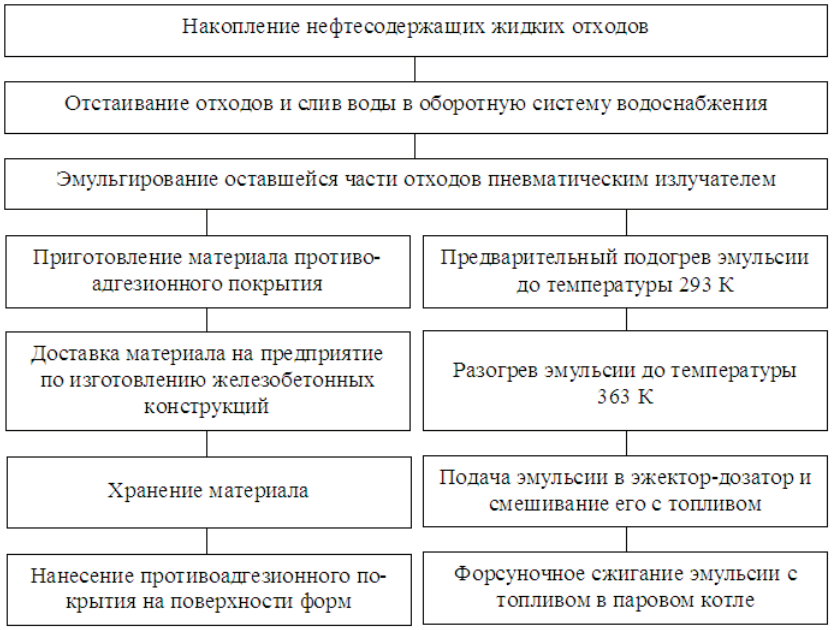


Рисунок 1. – Схема процессов приготовления эмульсии из нефтесодержащих отходов и ее по-следующего использования

температуры 293 К, а при использовании пластичной смазки ЛЗ-ЦНИИ – до 363 К;

– приготовление эмульсии при помощи пневматического излучателя;

– перекачка приготовленной эмульсии насосом в сборный бак или в емкости для доставки потребителям.

Стабильность эмульсии как способность сохранять свои первоначальные свойства во всем объеме в течение нормативного отрезка времени определяется объемом выделившегося неэмульгированного вещества в процентах от общего объема эмульсии [2]. Размеры капель приготовленной эмульсии, измеренные с помощью микроскопа МБС–10, должны составлять до 16 мкм, при этом нормативная стабильность эмульсии с содержанием воды до 30 % при температуре окружающей среды 18 оС поддерживается в течение не менее чем 30 суток.

Технологическая операция производства сборного железобетона с использованием приготовленной эмульсии в качестве материала противоадгезионных покрытий включает четыре части: сборка формы и нанесение противоадгезионного покрытия на ее рабочие поверхности; закладка бетонной смеси и арматуры и взаимодействие покрытия со свежей бетонной смесью, подверженной вибрации (уплотнению); выдержка бетонной смеси (твердение при установленных температуре и влажности); разборка формы с извлечением изделия и очистка поверхности формы от остатков бетона.

В лаборатории строительных материалов Полоцкого государственного университета были проведены испытания качества противоадгезионых покрытий на поверхности стальных сборных форм для получения бетонных образцов. Применялись два варианта твердения: термическое и естественное при комнатной температуре. Обращалось внимание на характер отлипания поверхностей при разборке формы и изъятии готового бетонного образца и наличие темных жирных пятен на бетоне. Образцы осматривали после

четырехнедельного хранения. Показатели качества поверхностей образцов были равными (в том числе ни на одном образце не наблюдались сколы бетона), однако эмульсия на основе НСО оказалась дешевле в 1,4 раза по сравнению с промышленной смазкой «АТ-5-Б» и в 2,5 раза дешевле смазки «Бетанол-С».

Утилизация нефтесодержащей эмульсии путем ее использования в качестве добавки к топливу при сжигании в топке парового котла состоит из следующих операций: доставка и хранение эмульсия в емкости при котельной; подогрев подаваемой к паровому котлу эмульсии при помощи трубчатого электронагревателя до температуры 293 К; нагрев эмульсии непосредственно перед использованием до температуры 363 К; подача нагретой эмульсии в топку парового котла топливной струей, проходящей через эжектор-дозатор форсунки, при этом заданное соотношение «эмульсия – топливо» поддерживается автоматически при изменении расхода топлива; сжигание топливной смеси.

Исследования проводились при сжигании природного газа с добавлением нефтесодержащей эмульсии в котле ДКВр-6,5-13 ГМ, оснащенном экономайзе-ром ЭП-1-330 и дутьевым вентилятором ВД-10. Температура пламени измерялась платинородиевой термопарой ТПР, размеры пламени – при помощи модели стальной линейки, а содержание вредных составляющих в дымовых газах – анализатором «Testo-350». Были проведены эксперименты с эмульсией, влагосодержанием которой составляло w = 0; 5; 10; 15, 20 и 25 %.

Содержание 10 % воды в эмульсии от объема смеси обусловливает снижение температуры факела примерно на 30–50 оС, а содержание воды 20 % – на 100–150 оС. В результате, уменьшая температуру факела, можно снизить содержание оксидов азота NOx в дымовых газах. Увеличение влагосодержания топливной смеси обусловливает уменьшение длина факела. Это объясняется тем, что при дроблении парами воды капель эмульсии осколки их разлетаются в разные стороны и поперечные размеры факела увеличиваются при одновременном сокращении относительной длины факела. Объем факела практически не изменяется. Уменьшение длины факела ведет к уменьшению времени пребывания продуктов сгорания в высокотемпературной зоне, чем объясняется снижением доли оксидов азота NOx в дымовых газах.

Выводы.

1. Эмульсия с размером капель до 16 мкм при содержании воды в ней до 30 % при температуре окружающей среды 288 К может храниться в течение не менее чем 30 суток.

2. Увеличение содержания воды в нефтесодержащей эмульсии до 10 %, сжигаемой с природным газом в паровом котле, приводит к уменьшению длины факела в 1,1–1,3 раза, а при содержании воды 20 % – в 1,2–1,6 раза, со снижением температуры факела на 30–50 К и 100–150 К соответственно, что обусловливает снижение содержание оксидов азота в дымовых газах на 23–44 % с уменьшением расхода первичного топлива на 3–5 %.

3. Эмульсия при использовании в качестве противоадгезионного покрытия обеспечивает нормативное качество поверхностей изготавливаемых изделий при себестоимости на 30–70 % ниже, чем у промышленных эмульсий, реализуемых на рынке.

Литература

1. Тельнов, Н.Ф. Технология очистки сельскохозяйственной техники / Н.Ф. Тельнов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1983.– 256 С.

2. Иванов, В.П. Утилизация сточных вод с нефтесодержащими отходами эмульгированием и сжиганием / В.П. Иванов, В.А. Дронченко // Вестник Белорус. гос. с.-х. акад. – 2015. № 4. – С. 141–146.

JUSTIFICATION OF TECHNICAL SOLUTIONS IN THE PREPARATION REPAIR PRODUCTION

V. Dronchenko, (Polotsk State University, Novopolotsk, Belarus)

***Annotation**. Developed technological processes for the preparation of aqueous emulsions of oil containing waste and its use as material of anti-adhesion surfaces of forms for making concrete products and as a secondary energy source as a fuel additive for steam boilers.*

***Keywords**: waste oils, recycling, emulsion.*

References:

1. Telnov N.F., Technology cleaning of agricultural machinery / N.F. Telnov. - 2-nd ed., revised. and extras. -M.: Kolos, 1983.-256 P.

2. Ivanov V.P. Recycling wastewater with oily wastes jemul'girovaniem and burning /V.P. Ivanov, V.A. Dronchenko//WestNick Belarusian. GOS. c.-j. akad. -2015. No. 4. -S. 141-146.

УДК 631.3

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОТРАСЛЕВОЙ СИСТЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ОТ ВЫВЕДЕННОЙ ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Игнатов В.И., к.т.н., научный сотрудник
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, г. Москва
E-mail: ignatoww@inbox.ru

Аннотация. *В работе рассмотрены условия создания отраслевой системы утилизации выведенной из эксплуатации сельскохозяйственной техники за счёт утилизационного сбора. Определена величина утилизационного сбора на самоходную технику, которая обеспечит создание отраслевой системы утилизации выведенной из эксплуатации «с нуля».*

Ключевые слова: *отраслевая система утилизации, сельскохозяйственная техника, утилизационный сбор.*

Под отраслевой системой утилизации отходов определённого вида будем понимать инфраструктуру и взаимоотношения, возникающие между участниками системы утилизации.

В данном случае будем рассматривать отраслевую (видовую) систему утилизации отходов от выведенной из эксплуатации сельскохозяйственной техники (далее - Система). При этом будем исходить из того, что любая отраслевая (видовая) система утилизации отходов определённого вида является одним из элементов Единой системы утилизации всех видов отходов (ЕСУО), т.е. подсистемой первого уровня и выполняет определённый вид утилизационных работ. Все отраслевые системы обеспечивают материальными ресурсами ЕСУО, которая перерабатывает компоненты отходов во вторичные ресурсы, пригодные для производства новых видов продукции или энергии (рисунок 1).

Такое структурирование необходимо для того, чтобы, во-первых, разграничить виды утилизационных работ (виды деятельности), а во-вторых, чтобы ограничить уровень ответственности производителя техники за проведение утилизации выпускаемых им работ.

Участниками Системы являются:

1) предприятия, осуществляющие утилизационные работы;
2) производители машин, требующих утилизации;
3) государственные структуры.

Основной задачей первых участников является проведение утилизационных работ, направленных на подготовку компонентов отходов от ВЭСХТ к переработке или повторному использованию по прямому направлению. В состав этих работ входит сбор и осушение техники, очитка, разборка, дефектация, сортировка компонентов отходов от ВЭСХТ, а также подготовка этих компонентов к отправке потребителям, т.е. перерабатывающим предприятиям, образующих подсистему второго уровня.

Задачей производителей техники является самостоятельное выполнение

Рисунок 1 - Место отраслевых систем утилизации отходов в структуре ЕСУО

утилизационных работ на своих дилерских предприятиях, либо контроль над выполнением этих работ предприятиям, которым производитель делегирует свои полномочия. Эти обязанности производителя техники регламентированы законом РФ «Об отходах». В соответствии с этим законом производитель техники обязан обеспечить нормативы утилизации, а также разработать для этих предприятий технологий проведения утилизационных работ и контролировать их выполнение. Информацию о выполнении нормативов утилизации производитель техники должен предоставлять государственным органам в соответствии с требованиями вышеупомянутого закона.

Задачей государственных структур является разработка для первых двух участников законодательной базы и экономическое обеспечение всего комплекса утилизационных работ, включая создание инфраструктуры обоих подсистем.

В России законом «Об отходах» введена не только ответственность производителя техники за её утилизацию, но и введён принцип «загрязнитель платит», который предусматривает уплату утилизационного (экологического) сбора за каждую машину, введённую в эксплуатацию на территории России. Целью этого сбора является экономическое обеспечение выполнения работ, связанных с утилизацией отходов от ВЭСХТ. Утилизационный сбор на самоходную (сельскохозяйственную в том числе) технику введён с 01.01.2016.

Этот экономический инструмент используется во всех экономически развитых странах и способствует созданию эффективных систем, решающих целый ряд экономических, экологических, социальных и пр. задач.

Экономическое обеспечение требуется как предприятиям подсистемы 1-го уровня, так и предприятиям 2-го уровня. При этом следует понимать, что эти две подсистемы взаимосвязаны и взаимозависимы. Если подсистема 1-го уровня не обеспечит сырьём подсистему 2-го уровня, то вторая подсистема не будет развиваться. И наоборот, если подсистема 2-го уровня не создаст мощностей, способных переработать компоненты отходов, которые готовит подсистема 1-го уровня, то это будет тормозить развитие этой заготовительной подсистемы, которая также не будет иметь стимула для развития.

Поэтому необходимо предусмотреть такую величину утилизационного сбора (ВУСб), который обеспечит пропорциональное развитие обоих подси-стем.

При этом следует понимать, что затраты на создание Системы в частности, и ЕСУО в общем, не ограничиваются только созданием их инфраструктур. Требуется разработка (доработка и совершенствование) нормативно-законодательной базы, технологической базы, обеспечивающей безопасное и эффективное проведение утилизационных работ, создание логистической структуры Системы, а также подготовка мест для размещения неиспользуемых отходов. В общем случае $ВУС_б$ должна обеспечивать финансирование различных по составу работ. В таблице 1 дан перечень статей расходов, которые должны покрываться утилизационным сбором. Поскольку формирование Системы будет осуществляться постепенно, в течение нескольких лет, то годовой фонд утилизационного сбора в каждый j-й год ($ГФУС_б^j$) должен быть не меньше этих расходов, т.е. величины годовых финансовых ресурсов ($ВГФР^j$), требующихся для создания Системы, т.е.

$$ГФУС_б^j \geq ВГФР^j \qquad (1)$$

Это неравенство определяет основное условие создания Системы.

Таблица 1

Статьи затрат, определяемые при подсчёте ВГФР

Наименование статьи расходов	Обозначение	Исполнитель
создание законодательной базы создание инфраструктуры	Q_1 Q_1	Госструктуры производитель техники
технологическая документация	Q_3	производитель техники
проведение утилизационных работ том числе подготовительных и основных логистика	Q_4 Q_5	Производители утилизационных работ
захоронение отходов	Q_6	операторы ТКО
ВГФР	$Q= \sum Q_i$	государство

Таким образом, для обеспечения планомерного создания Системы необходимо определить требуемые инвестиции $Q^j= \sum Q_i$ j и создать $ГФУС_б$. Для решения этих задач автором были разработаны методика, алгоритм и программа определения ВГФР и $ВУС_б$ (рисунок 2).

Первая апробация программы была осуществлена в 2014 г. при определении ВУСб для СХТ в период выполнения работ по подготовке Постановления.

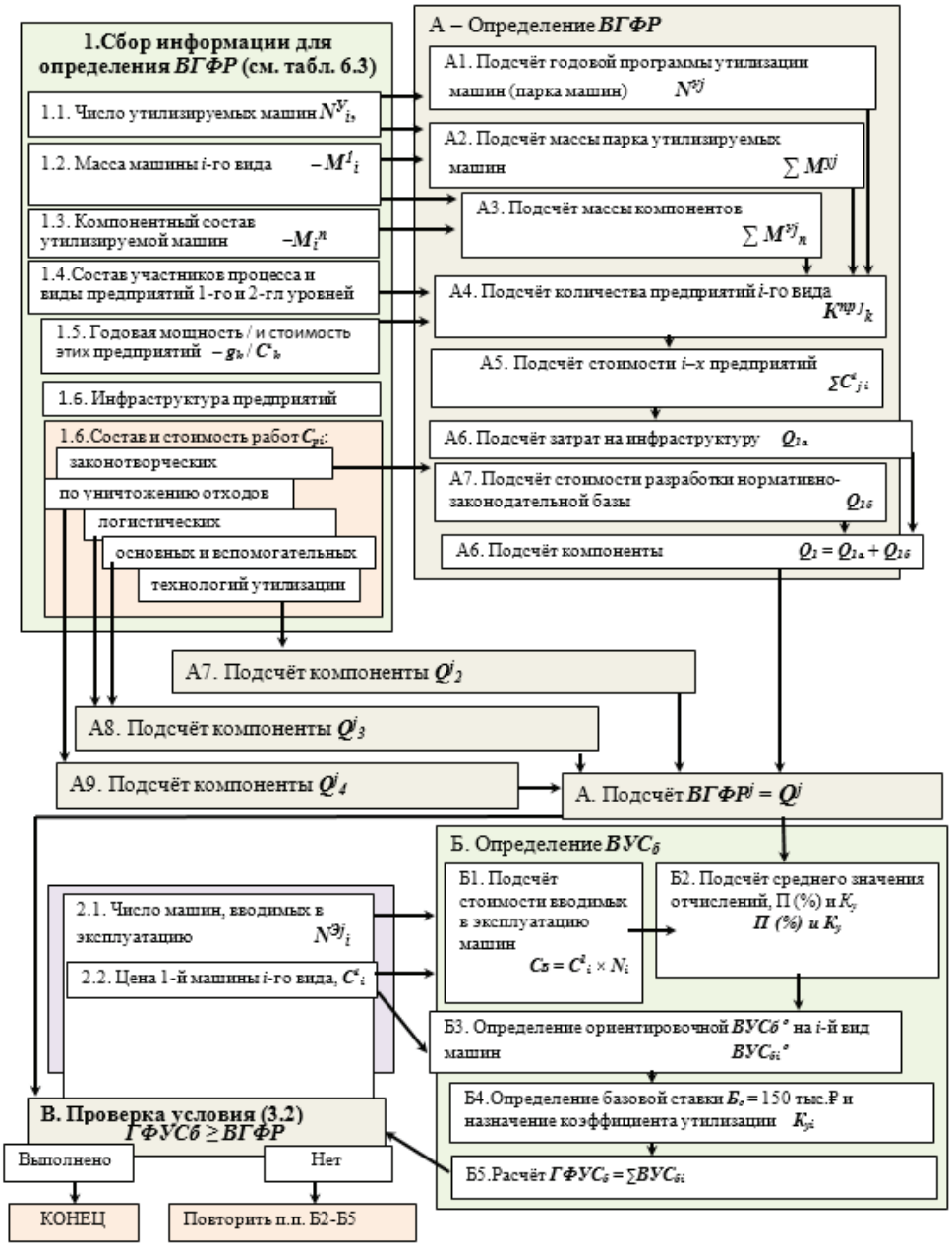


Рисунок 2 - Алгоритм программы подсчёта ВГФР и ВУСб

Правительства РФ об утилизационном сборе относительно самоходной техники. По заказу работников ООО «АРС», которые готовили предложения для Минпромторга по этому направлению, в ГОСНИТИ была выполнена работа, в процессе которой была использовалась эта Программа. Программа дала возможность получить обоснованные данные о $ВУС_б$, который обеспечит экономическую базу создания Системы.

Реализация этой Программы потребовала от работников ГОСНИТИ большого количества дополнительных исследований на предприятиях АПК, ис-

пользующих, ремонтирующих и утилизирующих СХТ различных видов.

Использовались также материалы заказчиков работы, данные Минпромторга, Минсельхоза, материалы аналогичных работ, проведённых в других отраслях промышленности, а также экспертные оценки специалистов в области утилизации ВЭТ.

Используя разработанную методику и алгоритм расчёта с использованием имеющейся доступной информацию по всем статьям затрат, была определена ВГФР, требующихся для «запуска» и функционирования Системы в начальный период, а также в последующие периоды, вплоть до работы Системы на полную мощность.

Исходя из стоимости годовых закупок парка машин $С_{ПМ}$ и ВГФР, можно определить и среднюю процентную ставку $П_{ст}$, которую должны отчислять производители и импортёры техники за каждую i-ю машину стоимостью $С_i$ в государственный бюджет РФ, чтобы обеспечить основное условие создания эффективной Системы (1). Этот средний процент будет равен

$$П_{ст} = ВГФР/С_{ПМ} \quad (2)$$

При выполнении НИР по определению ВУСб на самоходную технику использовались данные Минпромторга и заказчиков работ о госзакупках самоходной техники $С_{гз}$, как СХТ, так и техники специализированных производств.

Расчётные значения процентной ставки $ВУС_б$ на СХТ с использованием результатов расчётов ВГФР, требующихся на создание Системы. Средняя процентная ставка ВУСб для СХТ составляет около 8% от стоимости новой машины. Аналогичные данные были получены и относительно техники специализированных производств. Учитывая вышесказанное, утилизационный сбор в районе 8-ми процентов от стоимости новой машины должен покрыть все расходы на формирование Системы «с нуля», т.е. полностью обеспечить экономическую базу для создания в России Системы утилизации выведенной из эксплуатации СХТ.

Исходя из процентной ставки можно будет определить величину утильсбора на каждую i-ю машину

$$ВУС_{бi} = Сi \times П_{ст}\ , \quad (3)$$

а затем и $ГФУС_б$ на каждый j-й год функционирования Системы.

$$ГФУС_б^j = \sum С_i^j \times П_{ст} \quad (4)$$

Величина утилизационного сбора на колёсную технику i-го вида определяется путём умножения базовой ставки $Б_с$, и коэффициента $К_{уi}$, который определяет трудоёмкость утилизационных работ, т.е.

$$ВУС_{бi} = Б_с \times К_{уi}, \quad (5)$$

Коэффициент $К_{уi}$ можно пересчитать, исходя из $П_{ст}$

$$К_{уi} = (С_i \times П_{ст})/Б_с \quad (6)$$

Постановление Правительства РФ от 6 февраля 2016 г. № 81 узаконило значения ВУСб на самоходную технику. Как видно из таблицы 2, введённые нормативы существенно выше средних расчётных значений.

Такие величины утилизационного сбора безусловно могут обеспечить оперативную разработку и внедрение в России отраслевых систем утилизации самоходной техники, в том числе сельскохозяйственной.

Таблица 2
Процентные ставки Пст утилизационного сбора на СХТ

Вид техники	Новые		Более 3-х лет	
	$П_{ст}$ мин	$П_{ст}$ мах	$П_{ст}$ мин	$П_{ст}$ мах
Тракторы с/х колёсные	10,5	24,1	75	178
Тракторы с/х гусеничные	14,6	62,4	66	198
Комбайны зерноуборочные	12,0	19,5	73,33	110
Комбайны кормоуборочные	16,62	21,43	88	101,54
Косилки самоходные	22,05		134,7	

ECONOMIC SUPPORT SECTORAL SYSTEM OF RECYCLING WASTE FROM DECOMMISSIONED FARM EQUIPMENT

Ignatov V. I., Ph. D., research associate
FGBNU FNAC VIM, Moscow
E-mail: ignatoww@inbox.ru

Abstract. *In this work the conditions for the development of industry of disposal of a decommissioned farm equipment due to the recycling fee. The size of the recycling fee on self-hadou technique that will ensure the establishment of an industry system of recycling decommissioned "from scratch".*

Keywords. *Industrial recycling, agricultural machinery, recycling.*

ВОССТАНОВЛЕНИЕ И УПРОЧНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ

УДК 621.791

ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ НАПЛАВКА БАЛАНСИРОВ ГУСЕНИЧНОЙ ТЕХНИКИ

Д.Б.Слинко[1,2],канд.техн.наук, доцент,
В.А.Павлов[1,2], студент,
А.В.Ерёмин[2], бакалавр
([1]ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, г. Москва, Россия,т. 8(910)440-49-64),
([2]МГТУ им.Н.Э.Баумана, кафедра «Технологии обработки материалов», г. Москва, Россия,т.8(499)267-02-36)

Restorative surfacing of track-type vehicle balance beams

D.B. Slinko[1,2], PhD. tehn. sciences,
V.A. Pavlov[1,2], student,
A.V. Eryomin[2], bachelor degree.

Ключевые слова: *гусеничная техника, балансир, восстановление, плазменно-порошковая наплавка, плазмотрон, порошок.*

Keywords: *track-type vehicle, balance beam, recovering, plasma-powder surfacing, plasma torch, powder.*

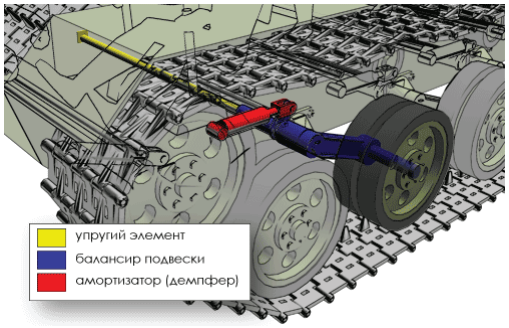
Реферат. *В статье изложена технология восстановления балансира подвески боевой машины пехоты. Приводится конструкция узла подвески. Показано, что в процессе эксплуатации происходят коррозионные повреждения и износ шеек оси балансира под втулки и оси катка под подшипник. Велечина износа оси катка составляет в среднем не более 0,2 мм, а износ балансира составляет не более 0,4 мм. Приведены технические характеристики балансира: материал сталь 38ХСА, поверхностная твердость 280 – 320 НВ. Для устранения износа сопряжений выбрана плазменно-порошковая наплавка с гравитационной подачей порошка в дугу плазмотрона. Приводятся отличительные особенностью плазменной наплавки порошкообразным присадочным материалом по сравнению с традиционной наплавкой. Дается описание переоборудования токарного станка 16К20 для проведения плазменно-порошковой наплавки. Приводятся режимы наплавки. В качестве присадочных материалов предлагается использовать смесь порошков ПГ-НХЧ-31 и ПР-Н9Г4СР в соотношении 60:40 с величиной фракции 80-160 мкм. Механическая обработка наплавленной поверхности предлагается выполнять на токарном станке модели 165 с последующей финишной обработкой лепестковым шлифовальным кругом типа КЛ 200х30х32. Для каждой операции приводятся режимы обработки. Разработанная технология обеспечивает высокое качество наплавленной поверхности, отвечающие эксплуатационным требованиям работы балансира.*

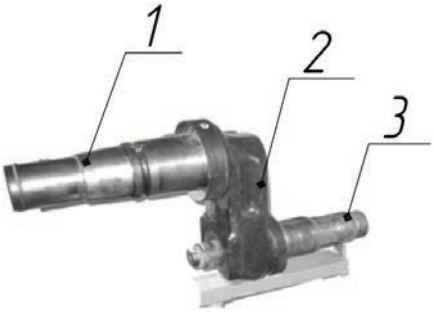
Abstract*: The article demonstrates the technology of reconstructing the balance beam of an infantry fighting vehicle's suspension. The construction of the suspension itself is shown. It is also demonstrated that in the process of exploitation , corrosion and wear out of the balance beam's axe occur. The size of wear out of the axe occurs to be approximately of no more than 0,2 mm and the wearout of balance beam is no more tham 0,4 mm. The technical characteristics of the balance beam are shown: steel material 38ХСА, hardness of the surface 280-320 NV. To get*

*rid of the wear out of the joints, the plasma-powder cladding with gravity feed powder into the arc of the plasma torch was selected. A distinctive feature of the plasma powder welding filler material compared with traditional welding is given. A description of the conversion 16K20 lathe machine for plasma-powder cladding is given. Cladding modes for this specific type of process are demonstrated. As the filler material it. is proposed to use a mixture of powders NHCH PG-31 and PR-N9G4SR in proportion 60:40 and with the value of fraction 80-160 microns. The mechanical processing of the surface is suggested to be performed on a turning lathe model 165 with a further processing with a flap grinding wheel type KL 200*30*32. For each type of the operation, the regimes of the processing are proposed. The proposed technology provides a high quality of the surface, which are suitable for all demands of balance beam's work.*

В настоящее время гусеничная техника достаточно широко используется в строительстве, сельском хозяйстве, в транспортном секторе, а также в военной технике, в связи с чем проблема поддержания её в работоспособном состоянии является актуальной задачей.

Данная работа посвящена проблеме восстановления балансира, который используется в подвеске боевой машины пехоты - БМП (рисунок 1а).





а) *б)*

Рисунок 1: а) узел подвески БМП, б) балансир БМП

Балансир является элементом подвески гусеничной машины(рисунок 1б), предназначенным для подвижного соединения опорного катка с корпусом машины. Балансиры выполняются в виде кривошипа, который условно можно разделить на три основных части: ось балансира (1), рычаг (2) и ось катка (3). Так как к каждому элементу балансира предъявляются свои специфические требования, то он часто выполняется составным (оси впрессовываются и привариваются к рычагу).

Ось катка имеет два посадочных места под внутренние кольца подшипников качения, а ось балансира – два посадочных места под текстолитовые втулки (рисунок 2) [1].

Балансир работает в условиях абразивно-ударного износа. В процессе эксплуатации происходят коррозионные повреждения и износ поверхностей шеек оси балансира под втулки и оси катка под подшипники. Согласно дефектовочной ведомости износ оси катка составляет в среднем не более0,2 мм, а износ оси балансира – не более 0,4 мм.

Балансир БМП (рисунок 3) изготовлен из стали марки 38ХСА (сталь конструкционная легированная, хромокремнистая), относящейся к трудносвариваемым сталям.

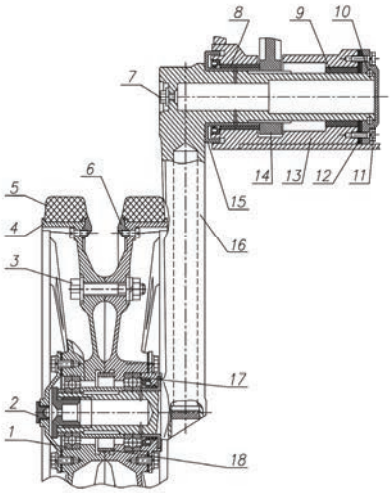


Рисунок 2.Узел подвески: 1, 17 – подшипники; 2,7 – пробки смазочных отверстий; 3 – стяжной болт; 4 – диск опорного катка; 5 – резиновый бандаж; 6 – реборда; 8, 9 – втулки;10 – шарики; 11 – крышка, 12 – регулировочные прокладки; 13 – кронштейн корпуса; 14 – рычаг пневмогидравлической рессоры; 15 – лабиринт; 16 – рычаг балансира; 18 – разгрузочная втулка

C, %	Si, %	Mn, %	Ni, %	S, %	P, %	Cr, %	Cu, %	Fe, %
0,34 -0,42	1 - 1,4	0,3 - 0,6	до 0,03	до 0,035	до 0,035	1,3 – 1,6	до 0,3	~ 95

Твердость поверхности шеек балансира: 280 – 320 НВ.

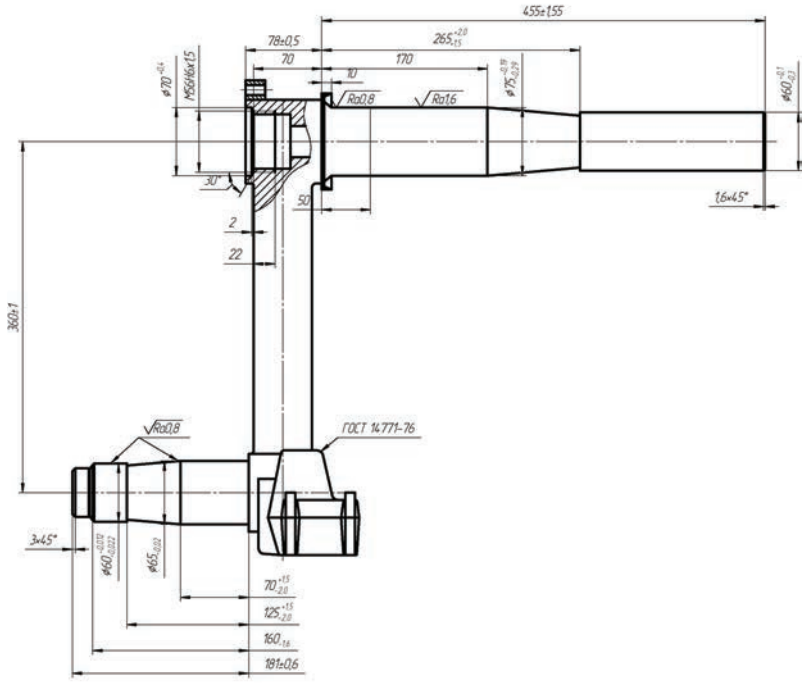


Рисунок 3. Чертеж балансира

С учётом вышеизложенного для наплавки балансира был использован метод плазменно-порошковой наплавки с гравитационной схемой подачи порошка снаружи плазмотрона в дугу (рисунок 4) [2].

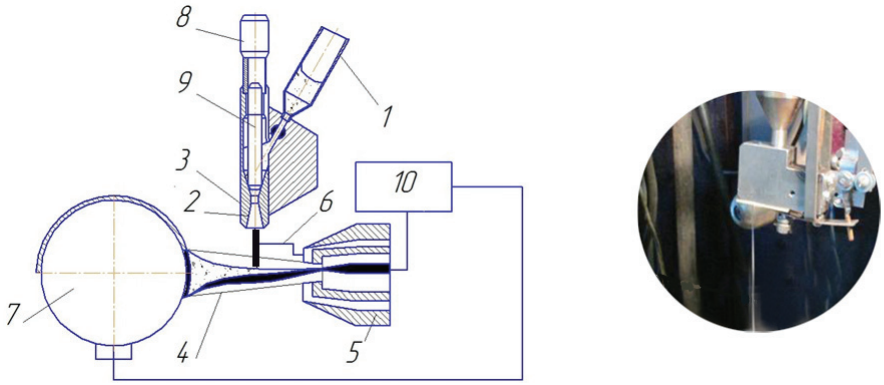


Рисунок 4. Схема плазменно-порошковой наплавки
1 – бункер с порошком; 2 – отверстие для дозирования порошка; 3 – вставка с дозирующим отверстием; 4 – столб плазменной дуги; 5 – плазмотрон; 6 – поток порошка; 7 – наплавляемая деталь; 8 – порошковый питатель; 9 – игла запорная; 10 – источник тока

Данный метод, благодаря возможности регулирования в широком диапазоне соотношения между тепловой мощностью дуги и подачей присадочного порошка ППН, обеспечивает достаточно высокую производительность при минимальном проплавлении основного металла, что позволяет обеспечивать требуемую твердость и заданный химический состав наплавленного металла уже на расстоянии 0,3-0,5 мм от поверхности сплавления [3, 4].

Отличительной особенностью плазменной наплавки порошкообразным присадочным материалом по сравнению с дуговой наплавкой плавящимся электродом является возможность независимого регулирования электрических параметров дуги и подачи присадочного материала, что обеспечивает возможность снижения перемешивания присадочного металла с основным металлом, что особенно важно при нанесении высоколегированных сплавов с нержавеющими, жаропрочными и другими свойствами. Также важной особенностью плазменно-порошковой наплавки является отличное формирование наплавленных валиков, стабильность и хорошая воспроизводимость их размеров. Установлено, что у 95% наплавленных деталей отклонение толщины наплавленного слоя от номинального размера не превышает 0,5 мм. Это позволяет существенно сократить расход наплавочных материалов, время наплавки, а также затраты на механическую обработку наплавленных деталей. Кроме того, плазменно-порошковая наплавка обеспечивает высокую работоспособность деталей за счет отличного качества наплавленного металла, его однородности, а также благоприятной структуры, определяемой специфическими условиями кристаллизации металла сварочной ванны.

В то же время с учётом неравномерности распределения теплоты в дуговом промежутке наиболее распространённые в практике методы подачи порошка в сжатую дугу потоком транспортирующего газа (рисунок 5) ха-

рактеризуются высокой неоднородностью нагрева частиц при переносе на наплавляемую поверхность.

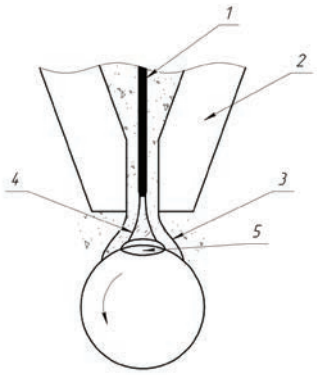


Рисунок 5. Схема плазменно порошковой наплавки с подачей присадочного металла транспортирующим газом, где 1 – W-электрод; 2 – сопло с плазмотрона; 3 – плазменная дуга; 4 – столб пламенной дуги; 5 – сварочная ванна

Поэтому свыше 10% порошка переносится потоком транспортиру-ющего газа за пределы сварочной ванны, которые относятся к технологи-ческим потерям. При традиционных схемах подачи порошка транспортирую-щим газом через плазмотрон наибольшую температуру нагрева частиц порошка при переносе на наплавляемую поверхность имеют порошки мелкой фрак-ции (менее 100 мкм), имеющие высокую скорость нагрева и плавления ча-стиц в сжатой дуге [5] однако в рамках одной фракции также наблюдается неравномерность нагрева частиц [6].

Особенности энергетических характеристик сжатой дуги прямой полярности с высокой концентрацией тепловой мощности и давления дуги в её приосевой зоне расширяют технологические возможности интенсификации плавления металлических порошков, которые позволяют изменить соотношение теплоты, расходуемой на нагрев и плавление основного и присадочного материала в направлении анодной области дуги. При использовании способа плазменной наплавки с подачей порошка снаружи плазмотрона ввод ламинарного узкоцилиндрического потока порошка в область наибольших температур столба сжатой дуги обеспечивает максимальную интенсивность и продолжительность теплообмена порошкообразного присадочного материала при переносе частиц плазменными потоками на наплавляемую поверхность в расплавленном состоянии в область активного пятна дуги на изделии [7]. В результате существенно повышается качество сплавления с основным металлом при устойчивом формировании покрытия на уровне минимальной погонной энергии, что обеспечивает минимальный уровень тепловложения и деформаций.

Все экспериментальные работы по плазменно-порошковой наплавке изношенных поверхностей балансира проводились с использованием переоборудованного токарного станка 16К20, на суппорте которого был установлен комплект плазменно-порошковой наплавки (рисунок 6). Для установки балансира на базе станка 16К20 были подняты передняя и задняя бабки, а также изменены параметры цепной и ременной передач.

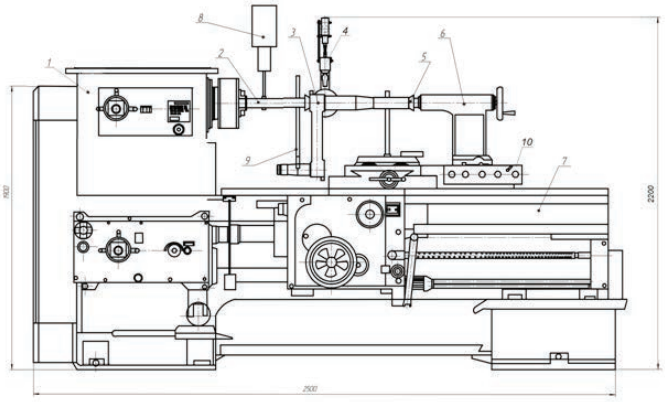


Рисунок 6. Схема переоборудованного станка 16К20 с установленным комплектом для плазменно-порошковой наплавки: 1–бабка передняя; 2– центр; 3– балансир; 4–головка наплавочная; 5– грибок; 6– бабка задняя (пиноль); 7– станина станка16К20, 8- противовес; 9-поводок; 10-пульт управления

Рисунок 7. Установка для плазменно-порошковой наплавки балансиров

Комплект плазменно-порошковой наплавки состоит изнаплавочной головки (рисунок 8), включающей в себя порошковый питатель, бункер с порошком и плазмотрон оригинальной конструкции.

Конструкция плазмотрона достаточно проста. В плазмотроне предусмотрены каналы для подачи плазмообразующего и защитного газов, а также каналы для подачи охлаждающей жидкости для предохранения от преждевременного выхода из строя плазмотрона в результате его перегрева (рисунок 9). Для этого использовалась автономная оборотная система подачи воды. В качестве источника тока использовался сварочный выпрямитель марки ВДУ-506, а в качестве защитного и плазмообразующего газов - газ аргон (рисунок 10).

В процессе отработки технологии восстановления балансира после моечной и дефектовочной операций производилась механическая обработка на токарном станке мод. 165 (рисунок 11) изношенных поверхностей балансира с занижением их диаметра на 0,5 ммотносительно размеров рабочего чертежа, соответственно до74,5 мми 59,5 мм на оси балансира и до 59,5 мм и 64,5 мм на оси катка.Частота вращения обрабатываемой поверхности n=90об/мин, продольная подача s=0,2 мм/об.

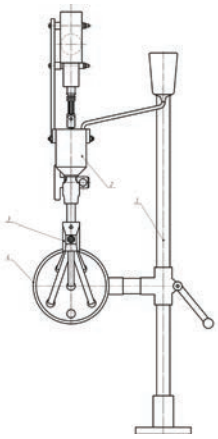


Рисунок 8. Наплавочная головка: 1 – стойка; 2 – порошковый питатель; 3 – плазмотрон; 4 – гребёнка

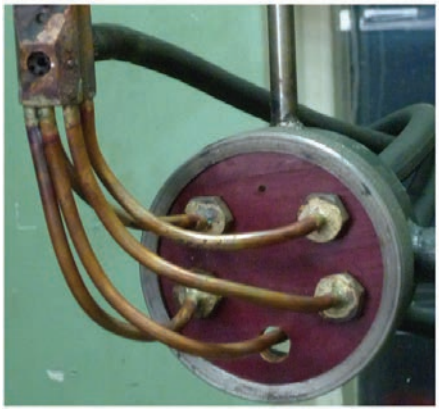


Рисунок 9.
Конструкция плазмотрона

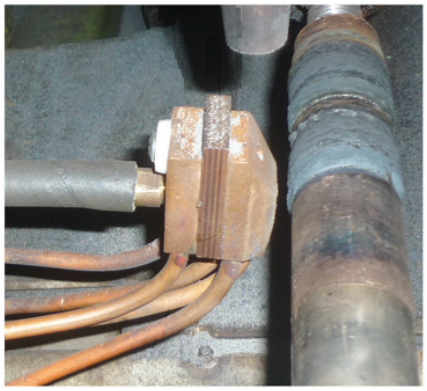


Рисунок 10.
Расположение плазмотрона относительно наплавляемой детали

Рисунок 11. Токарный станок модели 165

При отработке технологии наплавки в качестве присадочных материалов применялись различные марки порошковна основе Ni, Co, Fe и Cu: ПГ-НХЧ-31, ПР-Н9Г4СР(ФМИ-5) и ПГ-НХЧ-22 в различных комбинациях и соотношениях. По результатам проведенных экспериментов в качестве присадочного материала была подобрана смесь порошков ПГ-НХЧ-31 и ПР-Н9Г4СР(ФМИ-5) в соотношении 60:40. Величина фракции порошков составляла 80-160 мкм.

В процессе отработки технологии были экспериментально определены режимы наплавки: ток наплавки – 190-220А; напряжение дуги – 22 В; общий расход смеси порошков – 60 г/мин; расход защитного газа – 7-8 л/мин; расход плазмообразующего газа – 2-4 л/мин; расход охлаждающей воды – 3-4 л/мин; продольная подача – 4 мм/об; скорость вращения детали – 6 об / мин.

Разработанная технология наплавки обеспечивает получение бездефектного наплавленного слоя толщиной до 1,5 мм с минимальной волнистостью поверхности (рисунок 12) и твердостью в диапазоне 280-360 НВ.

Рисунок 12. Фото наплавленной шейки

После наплавки проводилась механическая обработка шеек точением на станке модели 165 на тех же режимах, что и при предварительной обработке, после чего производился визуальный контроль качества наплавленных шеек осей балансира и катка и последующая их финишная обработка ле¬пестковым шлифовальным кругом типа КЛ 200х30х32 (рисунок 13) с частотой вращения 3000 об/мин.

Рисунок 13. Лепестковый шлифовальный круг типа КЛ 200х30х32

В результате проделанной работы был разработан технологический процесс восстановления балансира с высоким качеством наплавленной поверхности, отвечающей эксплуатационным требованиям работы балансира.

Литература

1. *М.Г. Дядченко, Г.О. Котиев, Е.Б. Сарач. Конструкция и расчёт подвесок быстроходных гусеничных машин: Учеб. пособие. Ч. 1. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2007. 40 с.: ил., С. 6-13*
2. *Патент 2412030 РФ, МПК B23K 9/04. Способ плазменной наплавки / Н.М.Ожегов, В.П. Пазына. Заявл. 09.12.2008. Опубл. 20.02.2011, бюл. №5.*
3. *Патент 2479392 РФ, МПК B23K 9/04. Способ плазменной наплавки / Н.М.Ожегов, В.П. Пазына, Д.А. Капошко, А.В. Бармашов. Заявл. 11.04.2011. Опубл. 20.04.2013, бюл. №11.*
4. *Слинко Д.Б., Соловьев Р.Ю., Кавешник А.В. Опыт использования плазменно-порошковой наплавки при восстановлении полуосей эскалаторов метрополитена. Труды ГОСНИТИ. М .: 2015.Том 121. С. 243 – 249.*
5. *Гладкий П.В., Фрумин И.И., Переплетчиков Е.Ф. Особенности плавления присадочного и основного металла при плазменной наплавке//Теоретические и технологические основы наплавки. Новые процессы механизированной наплавки/Под. ред. И.И. Фрумина. Киев, ИЭС им. Е.О. Патона АН УССР 1977. С. 3 – 11.*
6. *Сидоров А.И. Восстановление деталей машин напылением и наплавкой - М. Машиностоение, 1987. 189 с.*
7. *Соснин Н.А., Ермаков С.А., Тополянский П.А. Плазменные технологии. Руководство для инженеров. – СПб.: Изд-во Политехнического университета. 2008. 406 с.*

References

1. *M.G. Dyadchenko, G.O. Kotiev, E.B. Sarach. Design and calculation of the suspension of high-speed tracked vehicles: tutorial, vol. 1, Moscow: BMSTU Publ., 2007. 40 p., p. 6-13.*
2. *Patent 2412030 RF, Int. Cl.B23K 9/04. Method of plasma deposition / N.M. Ozhegov, V.P. Pazyna. Date of filling 09.12.2008 Date of publ. 20.02.2011. Bull. №5.*
3. *Patent 2479392 RF, Int. Cl. B23K 9/04. Method of plasma deposition/ N.M. Ozhegov, V.P. Pazyna,D.A. Kaposhko, A.V.Barmashov. Date of filling 11.04.2011 Date of publ. 20.04.2013, Bull. №11.*
4. *D.B. Slinko, R.Yu.Solovev, A.B.Kaveshnik. Experience in the use of plasma-powder surfacing in the reduction of the semi-axes stages subway escalators. Trudy GOSNITI – Moscow . 2015 Vol. 121. p. 243 – 249.*
5. *GladkyP.V., FruminI.I., PereplyotchikovE.F.Features of the melting of the filler and the base metal during plasma surfacing //Theoretical and technological bases surfacing. New mechanized welding processes / I.I. Frumin Redaction. Kiev, E. O. Paton Electric Welding Institute Academy of Sciences UkrSSR. 1977. p. 3 – 11.*
6. *Sidorov A.I. Restoration of machine parts spraying and surfacing, Moscow: Mashinostoenie Publ.1987. 189 p.*
7. *Sosnin N.A., Ermakov S.A., Topolyanskiy P.A. Plasma technology. Guide for Engineers. /St. Petersburg: SpbSTU Publ. 2008. 408p.*

УДК 621.762.227

ПОВЫШЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ ДВС МЕДНЫМИ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫМИ ПОРОШКАМИ

Агеев Е.В., профессор кафедры автомобилей, транспортных систем и процессов,
доктор технических наук, доцент Юго-Западный государственный университет,
г. Курск, Тел. 8(4712) 32-68-79. E-mail: ageev_ev@mail.ru).
Хорьякова Н.М., аспирант кафедры
Тел. 8(4712) 32-68-79. E-mail: 79103114369@yandex.ru).

Increasing the service life of piston rings of internal combustion engines copper electroerosion powders

Ageev E. V., E-mail: ageev_ev@mail.ru
Horakova N. M., E-mail: 79103114369@yandex.ru

Ключевые слова: *поршневые кольца ДВС, электроэрозионное диспергирование, медный электроэрозионный нанопорошок, микротвердость, гальваническое покрытие.*

Keywords: *piston ring of internal combustion engines, electroerosion dispersion, EDM copper nanopowder, microhardness, plating.*

Реферат*. В статье представлены исследования твердости гальванических покрытий с использованием медных электроэрозионных порошков, нанесенных на порошковые кольца двигателей внутреннего сгорания. Показано, что большинство заводов изготовителей поршневых колец сталкиваются с проблемы нехватки материалов с необходимыми легирующими элементами. Ряд заводов для изготовления поршневых колец стали использовать сталь. С целью снижения износа цилиндро поршневой группы двигателя предлагается выполнять омеднение поршневых колец с использованием нанопорошков. Для определения эффективности этого технологического процесса проведены исследования твердости гальванического покрытия. Приведена методика получения покрытий с использованием медных электроэрозионных порошков на гальванической установке (L1-210 v2, Италия). В качестве подложки использовали сталь 30ХГСА. Методом растровой электронной и оптической микроскопии было проведено исследование микроструктуры образцов с нанесенными на него гальваническими покрытиями с помощью электронно-ионного сканирующего микроскопа Quanta 200 3D и инвертированного оптического микроскопа OLYMPUS GX51.*

Исследованя твердости образцов проводили с помощью автоматической системы анализа микротвердости AFFRI DM-8 по методу микро-Виккерса при нагрузке на индентор 25 г по десяти отпечаткам с временем нагружения индентора 15 с. В результате испытания установлено, что добавки наночастиц электроэрозионной меди увеличивает микротвердость покрытия на 15,8 % и как следствие способствуют повышению срока службы поршневых колец ДВС.

***Abstract**: The article presents some investigations of hardness of galvanic surfaces using the copper electro erosion powders, spread on the piston rings of internal combustion engines. It is shown that the majority of factories producing piston rings face the problem of shortage of the necessary materials with alloying elements. A number of plants producing piston rings have already came to a decision to use steel for these purposes. With the aim to reduce depreciation of the engine's piston group, it is suggested to implement copper plating of piston rings with the use of nano powders. To examine the effectiveness of this technological process, the investigations of hardness of galvanic surfaces have been carried out. The method of obtaining surfaces with the help of copper electro erosion powders is shown using the galvanic installation (L1-210 v2, Italy). Steel "30ХГСА" was used as a substrate. By the method of electron scanning and optical microscopy, the study of the microstructure of samples with galvanic coating was carried out with the aid of an electron-ion scanning microscope Quanta 200 3D and inverted optical microscope OLYMPUS GX51. The examinations of samples' hardness were carried out with the help of the automatic system for micro hardness analysis – AFFRI DM-8 - by the Vickers hardness test method; the load on the indenter was 25 grams for 10 prints with the time of indenter loading – 15 seconds. As the result of the experiment, it was concluded that the addition of nano parts of electroerosed copper increases the hardness of the material by 15,8% and as a result this increases the service life of internal combustion engine's piston rings.*

Поршневые кольца относятся к одним из самых важных деталей двигателей автомобилей. От их состояния впрямую зависит работоспособность машины − ее разгонная динамика, расход масла и топлива, пусковые свойства двигателя, токсичность выхлопных газов и многие другие эксплуатационные показатели. Сейчас производством поршневых колец занимается довольно много предприятий в Мичуринске, Костроме, Ставрополе, Тольятти, Ижевске, Московской области, Лебединске. У российских заводов есть проблемы с сырьем, оборудованием, технологией, особенно на последних операциях − притирка, снятие заусенцев, материалом колец, решаемые далеко не всегда успешно. Чугун, из которого делают заготовки, не соответствует по составу материалам иностранных фирм, в нем не хватает легирующих элементов (молибден и др.) из-за их высокой цены [1-4].

Некоторые заводы перешли на стальные кольца, но качество колец лучше не стало, поскольку у этой технологии немало своих хитростей. Решением перечисленных проблем могут стать омеднение поршневых колец. Нанесение слоя гальванической меди, благодаря пластическим свойствам которой развитый контакт создаётся за очень короткое время, способствует обеспечению быстрой приработки поршневых колец. Омедненные кольца ставят в верхние канавки поршня, где условия для приработки особенно затруднены. Омеднение поршневых колец с использованием нанопорошков может стать решением существующих у отечественных производителем проблем и снизить износ цилиндров двигателей [5-8].

Цель работы исследование твердости гальванических покрытий, полученных с использованием медных электроэрозионных порошков микро- и нанофракций с целью повышение срока службы поршневых колец ДВС.

Получение электроэрозионного нанопорошка меди проводили на экспе-

риментальной установке из токопроводящих материалов [9] в дистиллированной воде [10].

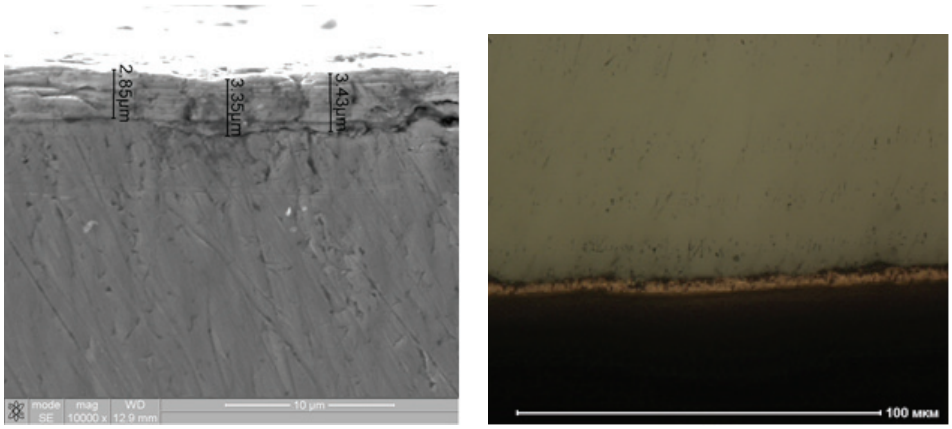
Для достижения поставленной цели, были получены композиционные гальванические покрытия с использованием медных электроэрозионных порошков на гальванической установке (L1-210 v2, Италия). В качестве подложки использовали сталь 30ХГСА, т.к. в последнее время большей популярностью пользуются именно стальные поршневые кольца. Были получены стандартное покрытие, и покрытие с добавкой электроэрозионных наночастиц меди.

Методом растровой электронной и оптической микроскопии было проведено исследование микроструктуры образцов с нанесенными на него гальваническими покрытиями с помощью электронно-ионного сканирующего микроскопа Quanta 200 3D и инвертированного оптического микроскопа OLYMPUS GX51.

Результаты исследования стальной подложки со стандартным медным покрытием приведены на рис. 1. Результаты исследования стальной подложки с медным покрытием и добавкой электроэрозионных наночастиц меди приведены на рис. 2.

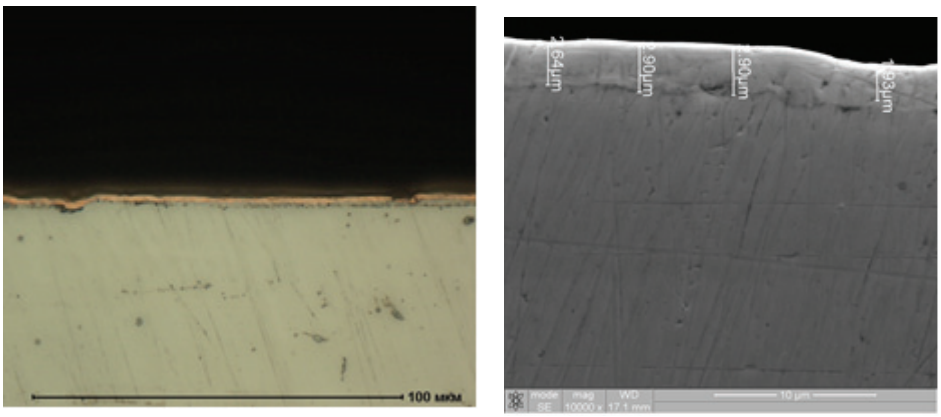
Было установлено, что покрытие, полученное с добавлением наночастиц электроэрозионной меди, имеет более плотную структуру и практически не имеет пор.

Испытания твердости образцов по поверхности проводили с помощью автоматической системы анализа микротвердости AFFRI DM-8 по методу микро-Виккерса при нагрузке на индентор 25 г по десяти отпечаткам со свободным выбором места укола в соответствии с ГОСТом 9450-76 (Измерение микротвердости вдавливанием алмазных наконечников). Время нагружения индентора составило 15 с. Результаты испытания твердости образцов (стальной подложки, стандартного медного гальванического покрытия, медного гальванического покрытия с наночастицами электроэрозионной меди) приведены в табл. 1.



а) *б)*

Рис. 1. Микроструктура образца медного покрытия:
а – поперечный шлиф (Quanta 200 3D), б – поверхность (OLYMPUS GX51)



а) *б)*

Рис. 2. Микроструктура образца медного покрытия с добавкой электроэрозионных наночастиц меди: а − поперечный шлиф (Quanta 200 3D), б – поверхность (OLYMPUS GX51)

Зависимость твердости по Виккерсу исследованных образцов медных гальванических покрытий от концентрации наночастиц электроэрозионной меди в электролите приведена на рис. 3.

Таблица 1

Среднее значение твердости по Виккерсу исследованных образцов

Концентрация наночастиц электроэрозионной меди, г / 100 мл. электролита	Среднее значение твердости по Виккерсу, HV		
	Стальная подложка	Стальная подложка со стандартным медным покрытием	Стальная подложка с медным покрытием и наночастицами электроэрозионной меди
0,03	267	266	290
0,04			301
0,05			316

Установлено, что микротвердость образца с медным покрытием и наночастицами электроэрозионной меди возрастает с увеличением концентрации наночастиц электроэрозионной меди в электролите. При увеличении концентрации наночастиц электроэрозионной меди с 0,03 до 0,05 г / 100 мл электролита микротвердость образца с медным покрытием и наночастицами электроэрозионной меди увеличивается с 301 HV до 316 HV, что выше чем микротвердость стальной подложки и образца со стандартным медным покрытием на 11,6 % и 15,8 % соответственно.

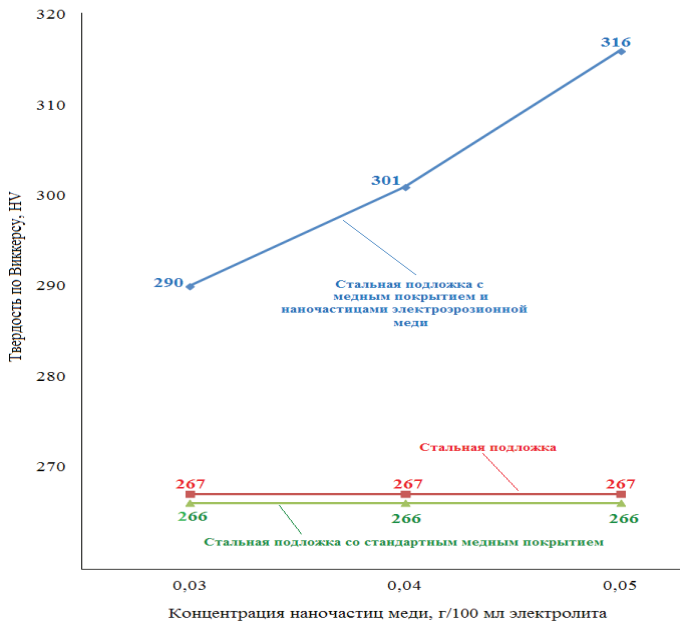


Рисунок 3 – Зависимость твердости по Виккерсу исследованных образцов медных гальванических покрытий от концентрации наночастиц электроэрозионной меди в электролите

Таким образом, добавкой наночастиц электроэрозионной меди позволило добиться увеличения микротвердости на 15,8 %. Введение высокотвердых наночастиц электроэрозионной меди, образующихся при закалке паров металла в рабочей жидкости при диспергировании, способствует повышению микротвердости гальванического покрытия.

Литература

1. Давыдов Д.А. Поршневые кольца и явление износа цилиндро-поршневой группы в ДВС / Д.А. Давыдов // Мир транспорта. 2004. Т. 2. № 3 (7). С. 50-52.

2. Околович Г.А. Поршневые кольца / Г.А. Околович, А.Г. Околович // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. 2013. Т. 2. № 2. С. 8-13

3. Мяконьков М.Б.Сравнительные исследования способов нанесения покрытий на поршневые кольца для уменьшения их износа / М.Б. Мяконьков, В.Б. Хмелевская // Металлообработка. 2010. № 3. С. 36-39.

4. Маслов В.И. Повышение качества производства поршневых колец / В.И. Маслов, А.И. Арустамян // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2012. № 142. С. 132-136.

5. Агеев Е.В. Использование медного электроэрозионного нанопорошка в гальванических покрытиях поршневых колец / Е.В. Агеева, Н.М. Хорьякова, Е.В. Агеев // Мир транспорта и технологических машин. 2015. № 3 (50). С 24-33. – ISSN 2073-7432.

6. Агеева Е.В. Исследование физико-механических и трибологических свойств медных гальванических покрытий, полученных с добавлением медного электроэрозионного нанопорошка / Е.В. Агеева, Р.А. Латыпов, Н.М. Хорьякова, Е.В. Агеев // Изв. вузов. Порошк. металлургия и функц. покрытия. 2016. №. 1. С. 35–43.

7. Агеева Е.В. Получение и исследование композиционных медных гальванических покрытий, модифицированных медными электроэрозионными порошками микро-

и нанофракций: монография / Е.В.Агеева, Н.М. Хорьякова, Е.В. Агеев; Юго-Зап. гос. ун-т. Курск, 2016. 131 с.

8. Хорьякова Н.М. Разработка медных гальванических покрытий для поршневых колец, модифицированных наночастицами электроэрозионной меди / Н.М. Хорьякова, Е.В. Агеев // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронеж. гос. лесотехн. ун-т им. Г.Ф. Морозова», 2015. Том 1. Вып. 1. С. 337-339.

9. Пат. 2449859 Российская Федерация, C2, B 22 F 9/14. Установка для получения нанодисперсных порошков из токопроводящих материалов / Агеев Е.В.; заявитель и патентообладатель Юго-Западный государственный университет. – № 2010104316/02; заяв. 08.02.2010; опубл. 10.05.2012. – 4 с.: ил.

10. Пат. 2597445 Российская Федерация, МПК51 B 22 F 9/14, C 22 B 7/00, C 22 B 15/00, B 82 Y 30/00. Способ получения нанопорошка меди из отходов [Текст] / Агеев Е.В., Хорьякова Н.М., Гвоздев А.Е., Агеева Е.В., Малюхов В.С.; заявитель и патентообладатель Юго-Западный гос. ун-т. – № 2014135539/02; заяв. 02.09.14; опубл. 10.09.16, Бюл. № 25. – 4 с.: ил.

References

1. Davydov D.A. the Piston rings and the phenomenon of wear of the cylinder groups in internal combustion engines / A.A. Davydov // World of transport. 2004. Vol. 2. No. 3 (7). S. 50-52.

2. Okolovich G.A. Piston rings / G.A. Okolovich, A. G. Okolovich // proceedings of Moscow state technical University MAMI. 2013. Vol. 2. No. 2. P. 8-13

3. Melnikov M. B. a Comparative study of methods of applying coatings on piston rings to reduce wear and / Melnikov M. B., V. B. Khmelevskaya // Metalworking. 2010. No. 3. Pp. 36-39.

4. Maslov, V.I., Improving the quality of prizvodstvo piston rings / V.I. Maslov, I.A. Arustamyan // Scientific-technical Bulletin of Saint-Petersburg state Polytechnic University. 2012. No. 142. P. 132-136.

5. Ageev E.V. the Use of EDM copper nanopowder in the galvanic coatings of piston rings / E.V. Ageeva, N.M. Horakova, E.V. Ageev // World of transport and technological machines. 2015. No. 3 (50). With 24-33. − ISSN 2073-7432.

6. Ageeva E. V. Study of physico-mechanical and tribological properties of electroplated copper coatings obtained with the addition of copper nanopowder EDM / E.V. Ageeva, R.A. Latypov, N. M. Horakova, E. V. Ageev, Izv. universities. Powder. metallurgy and options. coverage. 2016. no. 1. S. 35-43.

7. Ageeva, E. V. synthesis and study of composite copper galvanic coatings modified with copper electroerosion powders of micro - and nanoparti: monograph / E. V. Ageeva, N. M. Horakova, E. V. Ageev; The South-West. GOS. UN-t Kursk, 2016. 131 C.

8. Horakova N. M. Development copper galvanic coatings for piston rings, modified with nanoparticles of copper EDM / N. M. Horakova, E. V. Ageev // Alternative energy sources in the transport-technological complex: problems and prospects of rational use. Voronezh: FGBOU VO «Voronezh. state leatehr. Univ they. G. F. Morozova», 2015. Volume 1. Vol. 1. P. 337-339.

9. Pat. 2449859 Russian Federation, C2, B 22 F 9/14. The installation for obtaining of nanodispersed powders of conductive materials / Ageev E. V.; applicant and patentee of the South-Western state University. No 2010104316/02; stated. 08.02.2010; publ. 10.05.2012. – 4 p.: Il.

10. Pat. 2597445 Russian Federation, МПК51 B 22 F 9/14, C 22 b 7/00 C 22 b 15/00, 30/00 82 Y. Method of production of nanopowder of copper from waste [Text] / Ageev E. V., Horakova N.M. A.E. Gvozdev, E. V. Ageeva, Malahov V. S.; applicant and patentee of the South-West state University t – No. 2014135539/02; stated. 02.09.14; published. 10.09.16, bull. No. 25. – 4 P.: Il.

УДК 630.377.44.004.67

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ГАЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАПЛАВКИ В ПРОПАН-БУТАНЕ НА ФОРМУ НАПЛАВЛЕННОГО ПОКРЫТИЯ.

Иванов Н.Ю. доцент, без степени
(ФГБОУ ВО "Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова", г. Санкт-Петербург),
тел. 8-911-735-65-32, E-mail lesoakademij@yandex.ru

Аннотация. *В статье рассмотрены взаимосвязи параметров процесса газо-электрической наплавки и влияние их на формообразование наплавленного шва при восстановлении деталей лесных машин газоэлектрической наплавкой в про-пан-бутане. Даны рекомендации для получения максимальных значений ширины наплавочного валика.*

Ключевые слова *восстановление, наплавка, исследования, выбор оптимального режима, управляемые факторы, уравнение регрессии, режимы.*

На ремонтных предприятиях лесной промышленности и лесного хозяйства при восстановлении деталей наибольшее распространение нашли дуговые способы наплавки: ручная наплавка покрытыми электродами, наплавка под слоем флюса, наплавка в среде углекислого газа и вибро-дуговая наплавка. А эти способы восстановления не всегда позволяют получить необходимую твердость поверхности и деталь требует термической обработки, которая имеется в основном на крупных ремонтных заводах и используется на них чаще всего при изготовлении новых деталей, служащих запасными частями. Кроме того, внедрение на малых предприятиях новых, дорогостоящих и потребляющих значительное количество энергии установок, например, таких как плазменная наплавка, нанесение твердых покрытий в высоком вакууме или детонационного напыления, требует больших капитальных вложений что целесообразно только при больших программах или номенклатурах ремонтируемых деталей. Новые способы восстановления требуют также и более высокой культуры производства. Поэтому, можно считать целесообразным внедрение таких способов восстановления, которые устраняют недостатки широко распространенных способов, могут быть внедрены на имеющемся оборудовании с незначительными изменениями и не требуют дорогостоящих расходных материалов.

В связи с вышеизложенным основной целью данной работы являлись исследования и выбор оптимального режима нанесения покрытия наплавкой в пропан-бутане с целью повышения эксплуатационных свойств деталей при ремонте лесных машин.

Основной задачей исследований являлось определение условий протекания процесса газоэлектрической наплавки в пропан-бутане, где критерием оптимизации служила ширина наплавленного валика.

Знание максимального значения ширины наплавочного валика дает полное представление о протекании процесса наплавки, а выявления зависимостей их изменения позволяет установить взаимосвязи качественного формирования шва с технологическими параметрами.

Определение оптимальных условий протекания процесса является необхо-димым для изучения эксплуатационных и физико-механических характеристик металлопокрытия, которые также как и ширина наплавочного валика зависят от изменения его факторов.

Получение столь значительного количества информации сопряжено с достаточно большим количеством опытов. Для сокращения их числа использовался аппарат математического или многофакторного планирования эксперимента, который достаточно хорошо изложен в технической литературе.

В качестве объекта исследований было принято металлопокрытие, образующиеся в результате нанесения электродного материала в виде проволоки 1,6 Нп 30ХГСА.

Для исследования наплавки материалов согласно ГОСТ 2625-74 были изготовлены заготовки длиной, равной 8…10 диаметрам. Заготовки выполнялись из стали 45, как наиболее распространенного материала для деталей лесных машин, следующего химического состава: C = 0,45%; Si =0,25%, Mn = 0,034%; P = 0,019%; Cr = 0,14%; Ni = 0,18%.

Для наплавки образцов в лабораторных условиях использована газоэлектрическая горелка с комплектом газораспределительной аппаратуры ТУ10-05.0002.155-86 заводской номер №359 1986 г. установленная на переоборудованный токарно-винторезный станок модели 1А-62.

Для наплавки образцов в лабораторных условиях использована газоэлектрическая горелка с комплектом газораспределительной аппаратуры ТУ10-05.0002.155-86 заводской номер №359 1986 г. установленная на переоборудованный токарно-винторезный станок модели 1А-62..

Переоборудование станка заключалось в снижении частоты вращения шпинделя, установки токосъемного приспособления и кронштейна для крепления наплавочной головки. При наплавке деталей необходимая частота вращения шпинделя станка находилась в пределах от 0,5 – 20 об/мин. Для этого привод станка от электродвигателя осуществлялся через промежуточный редуктор РЧН – 80 с передаточным числом i = 50.

В качестве источника питания для наплавки использовался сварочный выпрямитель ВДУ – 506, состоящий из трехфазного понижающего трансформатора, блока селеновых выпрямителей, дросселя, обеспечивающего необходимую величину тока, воздушного вентилятора и пускорегулирующей аппаратуры. Он имеет следующие характеристики:

Номинальный ток – 500 А; диапазон регулирования силы тока – 50÷500 А; пределы регулирования напряжения 22÷50 В, КПД – 0,75.

Напряжение регулировалось бес ступенчатым изменением положения резистора на панели управления сварочным выпрямителем с точностью до 0,5 В.

Установка для наплавки представлена на рисунке 1.

Горелка газоэлектрическая с комплектом аппаратуры состоит из собственно горелки газоэлектрической и шкафа газоэлектрического.

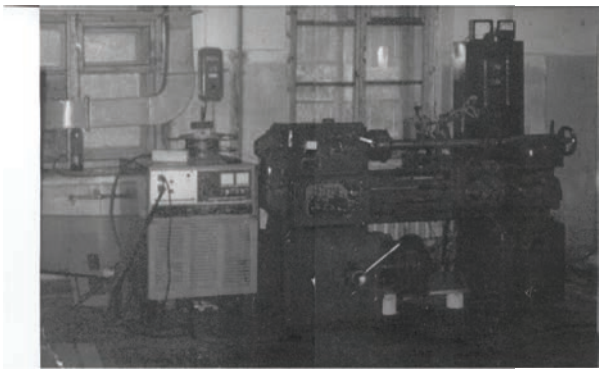


Рис. 1. Установка для газоэлектрической наплавки в пропан-бутане.

Горелка газоэлектрическая состоит из следующих основных частей: мундштука 2 (рис 2.), горелки газовой 3 и корпуса.

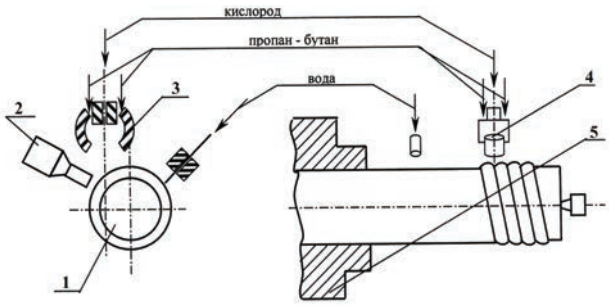


Рис. 2. Схема газоэлектрической наплавки в пропан-бутане
1-наплавляемая деталь; 2-мундштук; 3-горелка газовая; 4-трубка для подвода охлаждающей жид-кости; 5-патрон токарного станка

Мундштук предназначен для подвода сварочного тока к электродной проволоке проходящей через мундштук в зону сварочной дуги.

Горелка газовая предназначена для подачи защитных газов в сварочную зону двумя раздельными концентричными потоками: наружным – пропан-бутана, внутренним – кислорода.

Горелка газовая и мундштук имеют рубашку охлаждения.

Шкаф газоэлектрический объединяет в себе электроаппаратуру, газораспределительные устройства и кнопки управления работой газоэлектрической горелки. На лицевой панели шкафа размещены ротаметры, предназначенные для определения расхода газа и кислорода, вентили - для регулирования расхода газа, кислорода. Внутри шкафа размещены распределители предназначенные для пуска и отсечения подачи газа и кислорода.

Подача газа и кислорода к газоэлектрическому шкафу осуществляется сва-рочными шлангами от баллона для пропан-бутана и баллона с кислородом. Для снижения давления газа и кислорода хранящихся в баллонах, служат газовые редукторы.

Замер ширины наплавочного валика производился штангенциркулем ШЦ-2 с пределами измерения 0…160 мм и с ценой деления 0,05 мм ГОСТ 166-80.

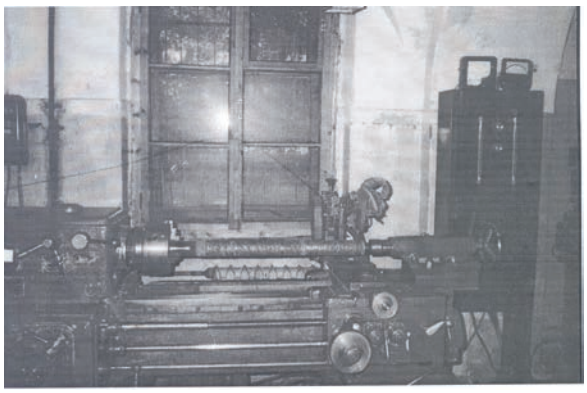


Рис. 3 Газоэлектрическая наплавка в пропан-бутане на вал.

В качестве управляемых факторов при исследовании влиянии последних на технологическую производительность могут быть использованы только независимые друг от друга параметры процесса наплавки в пропан-бутане.

Напряжение U и сила тока I сварочной дуги вследствии конструктивных особенностей сварочного выпрямителя являются взаимозависимыми факторами, поэтому они должны быть представлены обобщающим фактором – мощностью электрической дуги.

Таблица 1.
Управляемые факторы

№ п/п	Фактор	Код	-	0	+	Δ
1	Мощность электрической дуги I·U, А· В	X1	5250	6500	7750	1250
2	Скорость наплавки υН, м/ч	X2	25	30	35	5
3	Расход пропан-бутана QП-Б, л/ч	X3	65	70	75	5
4	Расстояние до среза газовой горелки l4, мм	X4	45	47,5	50	2,5
5	Расход кислорода, QK, л/ч	X5	240	300	360	60

Скорость подачи электродной проволоки зависит от силы тока сварочной дуги, поэтому в данных исследованиях не рассматривается в качестве управляющего фактора.

В ходе опытов используются образцы имеющие одинаковый диаметр.

Поэтому при исследования в качестве управляемых факторов были приняты: мощность электрической дуги, скорость наплавки или же частота вращения детали, расход пропан-бутана, расход кислорода, расстояние до среза газовой горелки.

Уравнение регрессии в кодированных факторах:

$$У = 11{,}364\cdot10^{-3} + 1{,}105\cdot X_1\cdot10^{-3} + 0{,}922\cdot X_2\cdot10^{-3} + 1{,}681\cdot10^{-3}\cdot X_2\cdot X_4 + 1{,}206\cdot10^{-4}\cdot X_2\cdot X_5$$

Уравнение регрессии в натуральных факторах:

$$У = 11{,}364\cdot 10^{-3} + \left[1{,}105\cdot\frac{(x_1 - 6500)}{1250}\cdot 10^{-3}\right] + \left[0{,}922\cdot\frac{\left(x_2 - \frac{30}{3600}\right)}{\frac{5}{3600}}\cdot 10^{-3}\right] +$$

$$+1{,}681\cdot 10^{-3}\cdot\left\{\left[\frac{x_2 - \frac{30}{3600}}{\frac{5}{3600}}\right]\cdot\left[\frac{x_4 - \frac{47{,}5}{1000}}{\frac{2{,}5}{1000}}\right]\right\} + 1{,}206\cdot 10^{-3}\cdot\left\{\left[\frac{\left(x_2 - \frac{30}{3600}\right)}{\frac{5}{3600}}\right]\cdot\left[\frac{\left(x_5 - \frac{300\cdot 1{,}4}{1000\cdot 3600}\right)}{\frac{60\cdot 1{,}4}{1000\cdot 3600}}\right]\right\}$$

$$У = 11{,}364\cdot 10^{-3} + 0{,}088\cdot X1\cdot 10^{-5} - 5{,}746\cdot 10^{-3} + 922\cdot X_2\cdot 10^{-3} - 7{,}683\cdot 10^{-3} +$$
$$+619{,}953\cdot 10^{-3}\cdot X_2\cdot X_4 - 5{,}166\cdot X4\cdot 10^{-3} - 29{,}448\cdot X_2\cdot 10^{-3} + 0{,}245\cdot 10^{-3} +$$
$$+48344{,}87\cdot 10^{-3}\cdot X_2\cdot X_5 - 402{,}856\cdot X_5\cdot 10^{-3} - 5{,}64\cdot X_2\cdot 10^{-3} + 0{,}047\cdot 10^{-3}$$

Полученное уравнение регрессии позволяет сделать выводы:

- наибольшее влияние на ширину наплавочного валика при наплавке в пропан-бутане оказывает мощность электрической дуги, а так же скорость наплавки и полуреплики мощности скорости наплавки и расстояния до среза газовой горелки; скорости наплавки и расхода кислорода;
- изменение расстояния до среза газовой горелки от 45 до 50 мм, а так же расхода пропан-бутана с 65 до 75 л/ч не оказывают существенного влияния на ширину наплавочного валика при наплавке в пропан-бутане.

Оптимизация режима операции наплавки в пропан-бутане.

Полученная зависимость:

$$У = -1{,}773\cdot 10^{-3} + 0{,}088\cdot 10^{-3}\cdot Q_Д + 886{,}912\cdot 10^{-3}\cdot \upsilon_Н + 619{,}953\cdot 10^{-3}\cdot \upsilon_Н\cdot L_Г -$$
$$5{,}166\cdot 10^{-3}\cdot L_Г + 48344{,}87\cdot 10^{-3}\cdot\upsilon_Н\cdot Q_К - 402{,}856\cdot 10^{-3}\cdot Q_К$$

имеет максимум $У = 15{,}8\cdot 10^{-3}$ м при $Q_Д = 8000$ Вт; $\upsilon_Н = 25$ м/час;
$L_Г = 47{,}5$ мм; $Q_К = 300$ л/час;

Таким образом, как показали результаты исследований, для получения максимальных значений ширины наплавленного валика необходимо выдерживать следующие технологические режимы наплавки в пропан-бутане:

$Q_Д = 8000$ Вт; $\upsilon_Н = 25$ м/час; $Q_{ПР} = 65$ л/час; $L_Г = 47{,}5$ мм; $Q_К = 300$ л/час

Литература.

1. Кацев П.Г. Статистические методы исследования режущего инструмента. – М.: Машиностроение. 1974. – 231 с.

2. Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии. – М. Высшая школа. 1985. – 327 с.

3. Иванов Н.Ю. Наплавка в пропан-бутане. Материалы 4-й Всероссийской практической конференции: Технологии ремонта, восстановления, упрочнения и обновления машин, механизмов, оборудования и металлоконструкций. С-Пб, Издательство СПбГТУ, 2002

4. Иванов Н.Ю. Исследование режимов резания покрытия, полученного наплавка в пропан-бутане. Материалы 5-й Всероссийской практической конференции-выставки: Технологии ремонта, восстановления, упрочнения и обновления машин, механизмов, оборудования и металлоконструкций. С-Пб, Издательство СПбГТУ, 2003

5. Иванов Н.Ю. Исследование износостойкости металлопокрытия, полученного наплавкой в пропан-бутане. Межвуз.сб.науч. трудов "Обоснование технических решений и параметров лесосечных машин. Подержание и восстановлениие их потенциальных свойств", С-Пб, ЛТА, 2003. Изд. № 219

INFLUENCE OF GAS-SHIELDED WELDING IN PROPANE-BUTANE IN THE FORM OF DEPOSITED COATING.

Ivanov N.U. Professor, without a degree
(Federal State educational institution of higher education budget "State University of sea and river fleet named after Admiral S.o. Makarov, St.Petersburg),
Tel. 8-911-735-65-32, E-mail lesoakademij@yandex.ru

Abstract*. The article discusses the relationship of parameters of the process gas-shielded welding and their influence on forming of a weld seam at restoration of components of forest machines gas-shielded welding in propane-butane. Recommendations to maximize your welding roller widths.*

Keywords *surfacing, research, selection of optimal regime of controlled factors, regression equation, modes.*

Literature.

1. Katsev P.g. statistical methods research of cutting tool. -M: Mechanical Engineering. 1974-231 s.

2. Ahnazarova s.l., Kafarov V.v. methods of optimization of the experiment in chemical technology. -M. high school. 1985-327 s.

3. Ivanov N. U. Surfacing in propane-butane. Materials 4-th all-Russian practical Conference: technology of repair, restoration, strengthening and updating the machines, mechanisms, equipment and metal constructions. St. Petersburg, Publishing Technical, 2002

4. Ivanov N. U. Study cutting coverage obtained surfacing in propane-butane. Materials 5-th all-Russian practical Conference and exhibition: technologies of repair, restoration, strengthening and updating the machines, mechanisms, equipment and metal constructions. St. Petersburg, Publishing Technical, 2003

5. Ivanov N. U. Study of wear resistance of metal plating, cladding received in propane-butane. Hunting rituals. Wed. researcher works "Substantiation of technical solutions and parameters of cutting machines. Maintenance and restoration.

УДК 621.9.048:539.213

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МАССОПЕРЕНОСА ЭЛЕКТРОДНОГО МАТЕРИАЛА ПРИ НИЗКОВОЛЬТНОЙ ЭЛЕКТРОИСКРОВОЙ ОБРАБОТКЕ

Коломейченко А.В. д.т.н., профессор,
Кузнецов И.С. к.т.н., ст. преподаватель.
(ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Парахина Н.В.», г. Орел)
тел. (4862) 43-19-79, E-mail: Ivan-654@yandex.ru)

Аннотация. *Важнейшей стадией процесса электроискровой обработки (ЭИО), определяющей ее эффективность, является массоперенос электродного материала. В данной работе проведены теоретические исследования, раскрывающие физическую сущность этого процесса. Разработана математическая модель массопереноса электродного материала при низковольтной ЭИО, которая позволяет рассчитывать массу материала, переносимого с анода на катод, и управлять этим параметром посредством изменения начального напряжения, емкости конденсаторного блока, амплитуды и частоты вибрации электрода.*

Ключевые слова: *электроискровая обработка, искровой разряд, анод, катод, масса электродного материала, напряжение, сопротивление, электрическая эрозия.*

Введение. Среди способов, позволяющих повысить износостойкость рабочих поверхностей деталей машин, важное место занимают методы, позволяющие наносить упрочняющие покрытия с высокими физико-механическими свойствами. Одним из перспективных способов получения покрытий является ЭИО. В результате ЭИО на поверхности подложки образуется слой с измененной структурой и толщиной 10-500 мкм. К достоинствам этого способа относятся незначительный нагрев деталей, отсутствие тепловых деформаций, низкая энергоемкость и простота осуществления технологических операций, возможность упрочнения поверхностей сложной формы.

Впервые физическая модель процесса ЭИО была предложена отечественными учеными – основоположниками данного метода – Б.Р. Лазаренко и Н.И. Лазаренко. Позднее, развитие представлений о методе ЭИО привело к разработке А.Д. Верхотуровым новой модели, отличающейся учетом кинетики процесса и поверхностных явлений, проходящих на аноде и катоде. В настоящее время существует много научных работ направленных на совершенствование представлений о физике процесса массопереноса при ЭИО. Например, в работах [1, 2] предложена качественная модель распространения энергии в материале при импульсном искровом воздействии, согласно которой одним из основных критериев оценки распространения тепловой энергии в материале является скорость распространения фононов. Эта модель может быть использована для качественного анализа эрозии материала электродов. В работе [3] предложена математическая модель процесса

низковольтного электроискрового легирования, которая позволяет контролировать изменение параметров и объяснить основные закономерности структурообразования наносимого материала. В работе [4] описана связь мощности искрового импульса, скорости движения электрода с толщиной наплавляемого слоя. Однако необходимо отметить, что данная работа имеет ряд существенных математических неточностей и не подтверждена экспериментально, поэтому можно утверждать, что и эта математическая модель не лишена недостатков. Более удачная и экспериментально подтвержденная модель для расчета толщины наносимого слоя представлена в работе [5], где профиль концентрационного распределения осажденного материала анода описывается функцией Лоренца. В работе [6] произведена теоретическая и экспериментальная оценка скорости охлаждения осаждаемого на катоде расплава, что позволит более точно прогнозировать физико-механические свойства электроискровых покрытий.

Все выше описанные модели ЭИО имеют свои преимущества и недостатки, но главное, что делает затруднительным применение этих моделей для оценки и расчетов процесса массопереноса, это то, что не учтены процессы фазовых переходов продуктов эрозии. Этот факт делает невозможным применение выше описанных моделей для легкоплавких материалов, имеющих сложную кинетику фазовых переходов, таких как быстрозакаленные аморфные или нанокристаллические сплавы.

В свою очередь доказано, что использование быстрозакаленных аморфных и нанокристаллических сплавов в качестве электродных материалов при низковольтной ЭИО позволит существенно увеличить толщину и улучшить физико-механические свойства электроискровых покрытий [6-14], повысить износостойкость рабочих поверхностей деталей машин [15].

Цель работы – разработать математическую модель массопереноса электродного материала для низковольтной ЭИО, позволяющую рассчитывать массу материала переносимого с анода на катод.

Результаты теоретических исследований. Масса эродируемого с анода на катод материала определяется, прежде всего, величиной энергии, подводимой от генератора, частотой вибратора, временем обработки и теплофизическими характеристиками электродов. Для разработки модели массопереноса нами были проведены предварительные теоретические исследования. В работах [14, 16] осуществлена попытка теоретического определения скоростей дрейфа заряженных частиц между электродами при ЭИО. Установлена расчетная зависимость диаметра искрового разряда от площади сечения электродов, напряжения и параметров газовой среды [17]. Получены формулы, позволят рассчитывать: начальные боковые скорости заряженных частиц, среднюю концентрацию заряженных частиц в разряде и долю тепловой энергии, выделяемой на катоде [18].

На основе вышеописанных исследований и положения теории искры можем утверждать, что величина тока, проходящего в цепи при искровом разряде в момент контакта электродов, зависит от сопротивления цепи и подводимой энергии от генератора импульсов. Формула Ромпе и Вайцеля для сопротивления искры [19] в системе СИ, имеет следующий вид:

$$R = h_{cp} \cdot \left(\frac{2\alpha}{P_0} \int_0^{\tau} i^2 d\tau \right)^{-0,5},$$

где R – сопротивление, *Ом*; $h_{ср}$ – длина искрового промежутка, *м*; P_o– давление среды, *Па*; i – ток, *А*; α – константа, характеризующая газ, $\alpha = 8...10\ Па \cdot м^2/В^2 \cdot с$.

Среднее значение длины искрового канала:

$$h_{ср} \approx 0{,}5 h_{пр} = 0{,}5 \frac{U_0}{E_{пр}}, \qquad (2)$$

где $E_{пр}$ – напряженность электрического поля при пробое, *В/м*; U_0 – начальное напряжение генератора, подаваемое на электроды, *В*; $h_{пр}$ – расстояние пробоя, *м*.

Вводя среднее значение тока за время сближения электродов, получим:

$$\int_0^{\tau} i^2 d\tau = i_{ср}^2 \cdot \tau_э \ , \qquad (3)$$

где $\tau_э$– время сближения электродов до контакта, *с*; $i_{ср}$ – средний ток в искровом канале, *А*.

Средний ток в искровом канале, пренебрегая электронным током термоэмисии катода:

$$i_{ср} = i_1 + i_2, \qquad (4)$$

где i_1 – средний электронный ток ионизации, *А*; i_2– средний ионный ток ионизации, *А*.

Учитывая расчеты, проведенные нами в работах [16-18], средний ток в искровом канале можно рассчитать по формуле:

$$i_{ср} = 0{,}33 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \frac{U_0 P_0}{k T_0 E_{пр}} \cdot \left(\overline{N}_e\right)_{кон}^{0,2} \cdot \frac{e}{\tau_p} + 0{,}25 \pi D^2 \cdot \frac{U_0 P_o}{k T_0 E_{пр}} \cdot \left(\frac{D}{w_{io} \tau_p}\right)^{0,25} \cdot \frac{e}{\tau_p}, \qquad (5)$$

где D – средний диаметр искрового канала; k – постоянная Больцмана, *Дж/Кл*; T_o – температура среды, *К*; $\left(\overline{N}_e\right)_{кон}$ – принятая точность для конечной относительной (по отношению к начальной) концентрации электронов, $1/м^3$ [18]; e – заряд электрона, *Кл*; τ_p – длительность разряда, с; w_{io}– начальная боковая выносная скорость ионов в разряде, *м/с* [18].

Преобразовав формулу (5), суммарный ток в искровом канале рассчитать следующим образом:

$$i_{ср} = \pi D^2 \cdot \frac{U_0 P_0 e}{k T_0 P_0 \tau_p} \cdot \left[0{,}33 \cdot \left(\overline{N}_e\right)_{кон}^{0,2} + 0{,}25 \cdot \left(\frac{D}{w_{io} \tau_p}\right)^{0,25} \right], \qquad (6)$$

[18]; e – заряд электрона, *Кл*; τ_p – длительность разряда, с; w_{io}– начальная боковая выносная скорость ионов в разряде, *м/с* [18].

Преобразовав формулу (5), суммарный ток в искровом канале рассчитать следующим образом:

$$i_{cp} = \pi D^2 \cdot \frac{U_0 P_0 e}{k T_0 P_0 \tau_p} \cdot \left[0{,}33 \cdot \left(\overline{N}_e\right)_{кон}^{0,2} + 0{,}25 \cdot \left(\frac{D}{w_{io} \tau_p} \right)^{0,25} \right], \tag{6}$$

Пользуясь ранее проведенными расчетами [16-18],выражение в квадратных скобках формулы (6), при $D \approx 5 \cdot 10^{-6}$ *м*, $w_{io} \approx 1{,}15 \cdot 10^3$ *м/с*, $\tau_p \approx 3{,}2 \cdot 10^{-5}$ *с*, $(\overline{N}_e)_{кон} = 0{,}05$ *1/м*^{3}, равно *0,21*. В итоге, формула (6) примет следующий вид:

$$i_{cp} = 0{,}21 \pi D^2 \cdot \frac{U_0 P_0 e}{k T_0 E_{пр} \tau_p}, \tag{7}$$

Подставив зависимости (2), (3) и (7) в формулу (1), найдем:

$$R = 2{,}38 \cdot \frac{k T_0 \tau_p}{\pi D^2 e} \cdot \left(2 \alpha P_0 \tau_э\right)^{-0,5}, \tag{8}$$

С учетом величины диаметра канала разряда [17]:

$$D = 1{,}8 \cdot 10^7 \cdot \left(\frac{\varepsilon_0 S}{\pi e H} \right)^{-0,5}, \tag{9}$$

Получим окончательную формулу для определения сопротивления:

$$R = 0{,}52 \cdot 10^{-14} \cdot \frac{H k T_0 \tau_p}{S \varepsilon_0} \cdot \left(\alpha P_0 \tau_э\right)^{-0,5}, \tag{10}$$

где ε_0 – диэлектрическая постоянная, *Кл*^{2}*/Н·м*^{2}; S – поперечное сечение электрода (анода), *м*^{2}.

Коэффициент H, учитывающий затрату энергии поля на диссоциацию молекул воздуха, может быть принят $H = 0{,}90 \cdot 10^{27}$ *В/м*^{3} [17]. Сопротивление искры, рассчитанное по формуле (10), при значении длительности разряда $\tau_p \approx 3{,}2 \cdot 10^{-5}$ *с* [16], амплитуде *0,5…1,0 мм*, характеристике сопротивления искры $RS = (3{,}2 \ldots 4{,}6) \cdot 10^{-3}$ *Ом·м*^{2} сопротивление искрового канала составит *640…920 Ом*.

Изменение напряжения при разряде конденсатора:

$$U = U_0 \exp\left(-\frac{\tau}{RC} \right), \tag{11}$$

где C – емкость конденсаторной батареи вибратора, *Ф*.

Расчет по формуле (11), при $\tau = \tau_э$ и $C = 56$ *мкФ* дает снижение напряжения $\overline{U} = U/U_0 \approx 0{,}98$, т.е. разряд конденсатора происходит преимущественно при контакте электродов. Это позволяет нам сделать вывод, что при ЭИО импульсами тока малых энергий перенос материала с анода на

катод происходит преимущественно при контакте электродов, что подтверждается оценочным расчетом по формулам представленным в работе [20].

Для нахождения массы материала, переносимого с анода на катод, найдем длительность контакта $\tau_к$, снижение напряжения при контакте $\Delta U_к$ и расход энергии $\Delta Q_к$. Расход энергии конденсатора при разряде в контакте:

$$\Delta Q_k = \frac{C}{2}\left(U_O^2 - U_k^2\right), \tag{12}$$

где $U_к$ – остаточное напряжение генератора после контакта, *В*.

С учетом формулы (11) получим:

$$\Delta Q_k = \frac{CU_0^2}{2}\cdot\left[1-\exp\left(-\frac{2\tau_k}{CR_ц}\right)\right], \tag{13}$$

где $R_ц$– сопротивление цепи при контакте электродов, *Ом*.

Сопротивление цепи при контакте электродов:

$$R_ц = R_{пр} + R_A + R_{пл} + R_{ст}, \tag{14}$$

где $R_{пр}$– сопротивление проводов контактной цепи, *Ом*; R_A – сопротивление электрода, *Ом*; $R_{пл}$– сопротивление зоны плавления, *Ом*; $R_{ст}$– сопротивление стягивания, *Ом*.

Снижение напряжения при контакте электродов:

$$\Delta U_k = U_0 - U_k = U_0\left[1-\exp\left(-\frac{\tau_k}{CR_ц}\right)\right], \tag{15}$$

Потеря энергии конденсаторов при контакте:

$$\Delta Q_k = \frac{\tau_k}{R_ц}\cdot U_0^2\cdot\left[1-\exp\left(-\frac{\tau_k}{CR_ц}\right)\right]^2, \tag{16}$$

Из условия равенства значений (13) и (16) найдем величину относительного времени контакта $\tau_k/(CR_ц) = 1{,}043$. При этом снижение напряжения за время контакта по формуле (15) составит $\Delta U_к = 0{,}65U_0$, а ток $i_к = 0{,}65U_0/R_ц$. Общая потеря энергии в аноде:

$$\Delta Q_A = i_k^2 R_ц \tau_k = \left(0{,}65\cdot\frac{U_o}{R_ц}\right)^2 R_A\cdot 1{,}043\cdot CR_ц = 0{,}44U_0^2 C\frac{R_A}{R_ц}, \tag{17}$$

Во время низковольтной ЭИО при относительно невысоком нагреве анода энергия расходуется в основном на его нагрев, плавление и испарение материала в зоне контакта:

$$\Delta Q_A = \Delta Q_H + \Delta Q_П + \Delta Q_И, \tag{18}$$

где ΔQ_H - расход энергии на нагрев анода, *Дж*; $\Delta Q_П$ – расход энергии на плавление материала анода, *Дж*; $\Delta Q_И$ – расход энергии на испарение части расплавленного материала анода, *Дж*.

В виду сравнительно незначительного нагрева электрода, в формуле (18) не учитывается расход энергии на нагрев окружающей среды.

Расход энергии на нагрев анода (за один контакт):

$$\Delta Q_H = C_A m_A (t_H - t_0) \cdot \frac{1}{f \tau_л}, \quad (19)$$

где C_A – удельная теплоемкость материала анода, *Дж/(кг·°С)*; m_A– масса анода, *кг*; t_H– температура нагрева анода, *°С*; t_0– начальная температура анода, *°С*; f – частота подачи импульсов, *Гц*; $\tau_л$ – длительность обработки, *с*.

Расход энергии на плавление электрода в зоне контакта:

$$\Delta Q_П = m_П [C_П (t_П - t_0) + L_П], \quad (20)$$

где $C_П$ – удельная теплоемкость материала в процессе плавления, *Дж/(кг·°С)*; $m_П$ – масса расплавленного материала, *кг*; $t_П$–температура плавления, *°С*; $L_П$ – теплота плавления, *Дж/кг*.

Расход энергии на испарение материала электродов:

$$\Delta Q_И = m_И [C_И (t_И - t_П) + L_И], \quad (21)$$

где $m_И$ – масса испарившегося материала, *кг*; $C_И$ – удельная теплоемкость материала в процессе испарения, *Дж/(кг·°С)*; $t_И$ – температура испарения, *°С*; $L_И$– теплота испарения, *Дж/кг*.

С учетом формул (19) и (20) уравнение (18) примет вид:

$$\Delta Q_A - \Delta Q_H = m_П \left\{ C_П (t_П - t_0) + L_П + \frac{m_И}{m_П} \cdot [C_И (t_И - t_П) + L_И] \right\}, \quad (22)$$

Откуда масса материала $M_Т$ *(кг)*, осаждаемая на катоде за время одного контакта:

$$M_Т = (m_П - m_И) = m_П \cdot \left(1 - \frac{m_И}{m_П}\right) \cdot n, \quad (23)$$

$$M_Т = \frac{(\Delta Q_A - \Delta Q_H) \cdot (1 - \beta)}{C_П (t_П - t_0) + L_П + \beta \cdot [C_И (t_И - t_П) + L_И]} \cdot n \cdot \nu, \quad (24)$$

где n – коэффициент, учитывающий массу расплавленного материала, оставшегося на аноде при размыкании электродов; ν – коэффициент, учитывающий массу материала, потерянного на разбрызгивание и испарение при взрыве металлического мостика.

Значения энергий ΔQ_A и ΔQ_H определяются формулами (18) и (19), а отношение между массами испарения и плавления обозначено коэффициентом $\beta = m_И / m_П$.

Массы плавления и испарения зависят от состава и теплофизических свойств материала электрода и изменяются в широких пределах. Однако можно ожидать, что отношение этих масс для конкретного электрода может обладать меньшей вариабельностью. В работе [20] приведены результаты изучения процессов получения паров металлов с помощью вакуумной дуги. Изучив данную работу коэффициент β можно записать в виде:

$$\beta = 0{,}405 \cdot \left\{ 1 - 2{,}5 \left[\frac{L_П + C_П \cdot (t_П - t_0)}{L_И + C_И \cdot (t_И - t_П)} \right] \right\}, \qquad (25)$$

После анализа работы [21] (не учитывая параметры разряда и свойства материалов электродов) для дальнейших расчетов примем n=*0,7...0,75*. Опираясь на работу [22], в которой авторы утверждают, что в целом эрозия анода, обусловленная процессом мостикового переноса, не превышает 10% от полной эрозии, а также из-за отсутствия надежных экспериментальных данных по мостиковой эрозии исследуемых нами сплавов, для расчета примем $v = 0{,}99$.

Общий привес материала, осажденного на катоде за время $\tau_л$:

$$M_П = M_Т \cdot f \cdot \tau_л \cdot \overline{K} \cdot K_И, \qquad (26)$$

где $\overline{K}$ - средний коэффициент переноса металла; $K_И$ – коэффициент, определяющий вероятность прохождения искрового импульса.

Вывод. Разработана математическая модель массопереноса в процессе ЭИО, позволяющая рассчитывать массу материала, переносимого с анода на катод, и управлять этим параметром посредством изменения начального напряжения, емкости конденсаторного блока, амплитуды, частоты вибрации. Расхождение рассчитанных по формуле (14) и экспериментальных значений массы составило не более 8% [6].

Список цитируемой литературы.

1. *Gordienko P.S., Zhevtun I.G., Panin E.S., Shabalin I.A., Verkhoturov A.D., Dostovalov V.A., Konevtsov L.A. Electrophysical model of the erosion of electrodes under the energy pulse effect // Surface Engineering and Applied Electrochemistry. 2011. Vol. 47. No 3. P. 206–216.*
2. *Верхотуров А.Д., Гордиенко П.С., Коневцов Л.А., Панин Е.С. Некоторые комментарии к обобщениям механизма электроискрового воздействия на материалы (К 100-летию Б.Р. Лазаренко) // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2010. №1. С. 46–54.*
3. *Кондратьев А.И., Кочеткова И.В., Химухин С.Н. Построение математической модели процесса электроискрового легирования // Упрочняющие технологии и покрытия. 2006. №8. С. 6–9.*
4. *Логинов Н.Ю., Логинов Ю.Н., Худякова О.Ю. К вопросу моделирования процесса электроконтактного легирования // Металлообработка. 2004. №6. С. 13–14.*
5. *Пячин С.А., Пугачевский М.А. Оценка толщины покрытия, осажденного на поверхность катода при однократном искровом разряде // Физика и химия обработки материалов. 2008. №3. С. 61–66.*
6. *Коломейченко А.В. Теория и практика электроискрового упрочнения режущих деталей машин аморфными и нанокристаллическими сплавами: монография / А.В. Коломейченко, И.С. Кузнецов. - Орел: Изд-во Орел ГАУ, 2015. - 174 с.*
7. *Kolomeichenko A.V., Kuznetsov I.S., Kravchenko I.N. Investigation of the thickness and microhardness of electrospark coatings of amorphous and nanocrystalline alloys // Welding International. 2015. Vol. 29. No 10. P. 823–825.*

8. *Коломейченко А.В., Кузнецов И.С. Структура электроискровых покрытий из аморфных и нанокристаллических сплавов // Труды ГОСНИТИ. 2014. Т. 115. С. 161–166.*

9. *Коломейченко А.В., Кузнецов И.С., Кравченко И.Н. Исследования толщины и микротвердости электроискровых покрытий из аморфных и нанокристаллических сплавов // Сварочное производство. 2014. №10. С. 36–39.*

10. *Коломейченко А.В., Кузнецов И.С., Кравченко И.Н. Толщина и микротвердость покрытий из аморфных и нанокристаллических сплавов, нанесенных электроискровой обработкой // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2014. №10. С. 45–48.*

11. *Коломейченко А.В., Кузнецов И.С. Упрочнение электроискровой обработкой режущих кромок зерноуборочных машин // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2013. Т. 40. №1. С. 187–190.*

12. *Коломейченко А.В., Кузнецов И.С. Микротвердость электроискровых покрытий из аморфных и нанокристаллических сплавов // Труды ГОСНИТИ. 2013. Т. 113. С. 379–382.*

13. *Коломейченко А.В., Кузнецов И.С. Результаты эксплуатационных испытаний деталей режущего аппарата зерноуборочных машин, упрочненных электроискровой обработкой электродом из аморфного сплава 84КХСР // Труды ГОСНИТИ. 2013. Т. 111. №1. С. 91–95.*

14. *Коломейченко А.В., Павлов В.З., Кузнецов И.С. Определение скорости дрейфа заряженных частиц между электродами при электроискровой обработке // Мир транспорта и технологических машин. 2012. № 2. С. 24–31.*

15. *Kolomeichenko A.V., Kuznetsov I.S. Tribotechnical properties the electrospark coating of amorphous and nanocrystalline alloys based on iron // Friction and wear. 2014. Vol. 35. No. 6. P. 501–504.*

16. *Павлов В.З., Коломейченко А.В., Кузнецов И.С. Оценочные показатели электроискровой обработки при упрочнении и восстановлении деталей: Скорость дрейфа заряженных частиц // Тракторы и сельхозмашины. 2012. №7. С. 52–54.*

17. *Кузнецов И.С., Павлов В.З., Коломейченко А.В. Расчет размера искровых разрядов при электроискровой обработке деталей сельскохозяйственных машин // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. 2012. Т. 7. №7. С. 13–15.*

18. *Коломейченко А.В., Павлов В.З., Кузнецов И.С. Оценка мощности поверхностных тепловых источников, возникающих при электроискровой обработке деталей машин // Труды ГОСНИТИ. 2013. Т. 112. №2. С. 143–149.*

19. *Василяк Л.М., Красночуб А.В. Динамика мощности и сопротивления на начальной стадии электрического пробоя воздуха и азота при средних и высоких давлениях // Успехи прикладной физики. 2013. Т. 1. №1. С. 43 – 48.*

20. *Куляпин В.М. Эрозия металлов под воздействием электрических разрядов // Электрические контакты и электроды: труды института проблем материаловедения НАН Украины. 2010. С. 74–81.*

21. *Рыбалко А.В., Симинел А.В., Сахин О. Электроискровое легирование твердосплавным электродом в условиях применения нетрадиционных электрических параметров импульса // Металлообработка. 2005. №3. С. 21–28.*

22. *Самсонов Г.В., Верхотуров А.Д., Бовкун Г.А., Сычев В.С. Электроискровое легирование металлических поверхностей. Киев :Наукова думка, 1976. 220 с.*

THEORETICAL ESTIMATE OF THE TRANSFER OF MASS OF THE ELECTRODE MATERIAL UNDER LOW-VOLTAGE ELECTROSPARK DEPOSITION

Kolomeichenko A.V., Doctor of Technical Sciences, Professor,
Kuznetsov I.S. Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer
(Federal State Budget educational Establishment of Higher Professional Training
«Orel State Agrarian University named after N.V. Parahina», Orel,
tel. (4862) 43-19-79, E-mail: Ivan-654@yandex.ru)

Annotation. *The most important stage in electrospark deposition (ESD), determining its effectiveness, is the transfer of mass of the electrode material. This paper presents theoretical research of the physical nature of the process, as well as the mathematical model of thetransfer of mass of electrode material, which allows to calculate the mass of material transported from anode to cathode, and manage this parameter by changing the starting voltage, capacitance of the capacitor unit and vibration frequency.*

Keywords: *electrospark deposition, spark discharge, anode, cathode, mass of electrode material, voltage, resistance, electrical erosion.*

References

1. *Gordienko P.S., Zhevtun I.G., Panin E.S., Shabalin I.A., Verkhoturov A.D., Dostovalov V.A., Konevtsov L.A. Electrophysical model of the erosion of electrodes under the energy pulse effect // Surface Engineering and Applied Electrochemistry. 2011. Vol. 47. No 3. P. 206–216.*
2. *Verkhoturov A.D., Gordienko P.S., Konevtsov L.A., Panin E.S. Some comments to generalizations of mechanism of electro spark effect on materials (To the 100th anniversary of B.R. Lazarenko) // Vestnik of Far East Branch of the Russian Academy of Science. 2010. No 1. P. 46–54.*
3. *Kondratyev A.I., Kochetkova I.V., Khimukhin S.N. Generation of mathematical model of the electro spark alloying process // Hardening technologies and coating. 2006. No 8. P. 6–9.*
4. *Loginov N.Yu., Loginov Yu.N., Khudyakova O.Yu. To the question of modeling of the electric-contact alloying // Metal machining. 2004. No 6. P. 13–14.*
5. *Pyachin S.A., Pugachevsky M.A. Valuation of coating thickness being deposited on the cathode surface at single spark discharge // Physics and chemistry of material processing. 2008. No 3. P. 61–66.*
6. *Kolomeichenko A.V. Theory and practice of electrospark hardening of machine cutting elements by amorphous and nanocrystalline alloys: monograph / A.V. Kolomeichenko, I.S. Kuznetsov. - Orel: Publishing house Orel State Agrarian University, 2015. - 174 p.*
7. *Kolomeichenko A.V., Kuznetsov I.S., Kravchenko I.N. Investigation of the thickness and microhardness of electrospark coatings of amorphous and nanocrystalline alloys // Welding International. 2015. Vol. 29. No 10. P. 823–825.*
8. *Kolomeichenko A.V., Kuznetsov I.S. Structure of electrospark coatings from nvestigation of the thickness and microhardness of electrospark coatings of amorphous and nanocrystalline alloys // Works of State Scientific Institution of All Russian Research Technological University. 2014. Vol. 115. P. 161–166.*
9. *Kolomeichenko A.V., Kuznetsov I.S., Kravchenko I.N. Investigation of the thickness and microhardness of electrospark coatings of amorphous and nanocrystalline alloys // Welding engineering. 2014. No 10. P. 36–39.*
10. *Kolomeichenko A.V., Kuznetsov I.S., Kravchenko I.N. Thickness and*

microhardness of electrospark coatings of amorphous and nanocrystalline alloys applied by electrospark machining // Repair, reconditioning, modernization. 2014. No 10. P. 45–48.

11. Kolomeichenko A.V., Kuznetsov I.S. Hardening of grain harvesters cutting edges by electrospark machining // Vestnik of Orel State agrarian University. 2013. Vol. 40. No 1. P. 187–190.

12. Kolomeichenko A.V., Kuznetsov I.S. Microhardness of elecrospark coatings from amorphous and nanocrystalline alloys // Works of State Scientific Institution of All Russian Research Technological University. 2013. Vol. 113. P. 379–382.

13. Kolomeichenko A.V., Kuznetsov I.S. Results of performance tests of grain harvesters cutting unit parts being hardened by electrospark machining applying electrode from amorphous alloy 84KXCP // Works of State Scientific Institution of All Russian Research Technological University. 2013. Vol. 111. No 1. P. 91–95.

14. Kolomeichenko A.V., Pavlov V.Z., Kuznetsov I.S. Velocity determination of charged particle drift between electrodes at electrospark machining // World of transport and technological machines. 2012. No 2. P. 24–31.

15. Kolomeichenko A.V., Kuznetsov I.S. Tribotechnical properties the electrospark coating of amorphous and nanocrystalline alloys based on iron // Friction and wear. 2014. Vol. 35. No. 6. P. 501–504.

16. Pavlov V.Z., Kolomeichenko A.V., Kuznetsov I.S. Estimates of electrospark machining treatment for hardening and restoration of parts: The drift velocity of charged particles // Tractors and agricultural machines. 2012. No 7. P. 52–54.

17. Kuznetsov I.S., Pavlov V.Z., Kolomeichenko A.V. Calculation of the amount of spark discharges in the spark machining of agricultural machines // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. 2012. Vol. 7. No 7. P. 13–15.

18. Kolomeichenko A.V., Pavlov V.Z., Kuznetsov I.S. Capacity assessment of surface heat sources, emerging at electrospark machining of machine parts // Works of State Scientific Institution of All Russian Research Technological University. 2013. Vol. 112. No 2. P. 143–149.

19. Vasilyak L.M., Krasnochub A.V. Dynamics of capacity and resistance in the initial stage of electric breakdown of air and nitrogen at medium and high pressures // Applied physics successes. 2013. Vol. 1. No 1. P. 43 – 48.

20. Kulyapin V.M. Metal erosion under electric discharge influence // Electric contacts and electrodes: works of institute for materials science problems of National Academy of Sciences of Ukraine. 2010. P. 74–81.

21. Rybalko A.V., Siminel A.V., Sakhin O. Electrospark alloying by hard alloy electrode in the conditions of application of impulse nonconventional electric parameters // Metalprocessing. 2005. No 3. P. 21–28.

22. Samsonov G.V., Verkhoturov A.D., Bovkun G.A., Sychev V.S. Electrospark alloying of metal surfaces. Kiev : Naukova dumka, 1976. 220 p.

УДК 621.791

НАПРЯЖЕНИЯ В ПОКРЫТИЯХ, ПОЛУЧЕННЫХ ГАЗОПЛАМЕННОЙ НАПЛАВКОЙ И ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ ПРИВАРКОЙ

Р.Н. Сайфуллин*, доктор технических наук, профессор кафедры технологии металлов и ремонт машин тел. (347) 241-64-13, e-mail: bashagregat@mail.ru.
А.Ф. Фаюршин, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии металлов и ремонт машин ., тел. 89273035192, e-mail: azamatff@yandex.ru
В.С. Наталенко, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии металлов и ремонт машин e-mail: nvs1971@mail.ru.
Р.Р. Хакимов аспирант кафедры технологии металлов и ремонт машин тел. 89373494399, e-mail: hakim_rinat@mail.ru
**** ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, г. Москва***
ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа

***Аннотация**: В статье представлены результаты сравнения поверхностных остаточных напряжений в восстановленных деталях, определенных с использованием упругопластического контактного взаимодействия. Исследования проведены на различных покрытиях из компактных и порошковых материалов с использованием оптико-электронной установки.*

***Ключевые слова:** восстановление деталей; газопламенная наплавка; остаточные напряжения; конический индентор.*

Технологии получения покрытий путем наращивания поверхностного слоя с использованием различных способов массопереноса широко используются в производстве. Одним из факторов, влияющих на прочность деталей после наращивания, являются остаточные напряжения. В настоящей работе приведены результаты сравнения остаточных напряжений в поверхностном слое образцов, восстановленных электроконтактной приваркой (ЭКП) металлической ленты и наплавленных газопламенным способом [1 - 3].

При восстановлении деталей электроконтактной приваркой присадочных материалов появление остаточных напряжений в основном связано со значительной неравномерностью температурных полей и пластических деформаций. При ЭКП ленты ширина области, нагретой до 1200°, составляет не более 4…5 мм, глубина – порядка 1…1,5 мм. За пределами этой области наблюдается резкое снижение температуры, на расстоянии около 1 мм от ее границы температура металла не превышает 200° С. При появлении столь значительных градиентов температур следует ожидать появления растягивающих остаточных напряжений, достигающих предела текучести материала, играющих существенную роль в снижении надежности восстановленных деталей. Эти вопросы рассмотрены в работах [5 - 9].

Целью исследования являлось сравнения остаточных напряжениях в образцах, наплавленных газопламенным способом и ЭКП стальной ленты для последующего совершенствования технологии и обеспечения требуемой надежности восстановленных и упрочненных деталей.

Исследовались:

– величины и распределения остаточных напряжений при наплавке газопламенным способом порошковых материалов;

– величины и распределения остаточных напряжений в поверхностном слое при ЭКП стальной ленты;

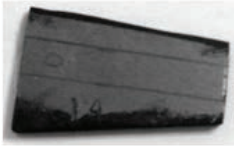
Методика эксперимента

Общий цикл работ при измерении остаточных напряжений включает два этапа: первый (предварительный этап) — определение начальных условий для данного материала, второй — измерение остаточных напряжений. На предварительном этапе решают задачу построения диаграммы вдавливания Wmax(d) для материала детали [1]. При измерении остаточных напряжений (второй этап) эти данные используются как описывающие базовые нормальные перемещения поверхности вокруг отпечатка, на фоне которого наблюдаются изменения, вызванные влиянием поверхностных остаточных напряжений.

Внешний вид образцов, исходные данные по материалам, основа материала и толщина покрытий приведены в таблице 1.

Таблица 1

Материалы образцов и покрытий

№	Материал основы	Материал покрытия	Примечание	Внешний вид
1	Сталь 65Г	ПГ12Н-02, ТУ 48 – 19 - 383	Газопламеннаян аплавка порошка, толщина слоя 2 мм	
2	Сталь 65Г	ПГ12Н-02, ТУ 48 – 19 - 383	Газопламеннаян аплавка порошка, толщина слоя 1,5 мм, слой удален полностью	
3	Сталь 65Г	ПГ12Н-02, ТУ 48 – 19 - 383	Газопламенная наплавка порошка, толщина слоя 1 мм	
4	Сталь 45	Нержавеющая сталь 12Х18Н10Т, ГОСТ 5632-72	ЭКП стальной ленты	
5	Сталь 45	Сталь 45, ГОСТ 1050-88	ЭКП стальной ленты 2 прохода	
6	Сталь 45	Сталь 45, ГОСТ 1050-88	ЭКП стальной ленты	

Были изготовлены образцы, имеющие плоскую форму - длиной L=40…50 мм, шириной B=30…40 мм, и толщиной S=5…7 мм. В направлении L по центру поверхности образца наплавлен порошок газопламенным способом или электроконтактным способом приварена лента шириной b=10…15 мм.

Основные размеры и шаг замеров показаны на рисунке 1.

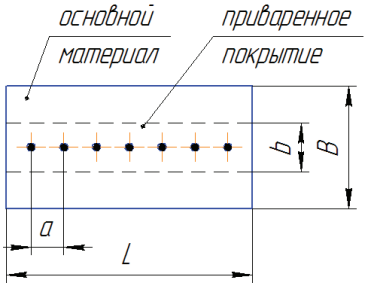


Рисунок 1 - Общий вид и эскиз образца

Измерения остаточных напряжений проводили с шагом a=5…7 мм вдоль образца, в некоторых случаях при достаточной ширине покрытия производили замеры в два ряда, так же отступая шаг a.

Результаты остаточных напряжений в покрытиях, полученных газопламенной наплавкой порошковых материалов приведены в таблице 2. Результаты измерения остаточных напряжений в образцах представлены на рисунках 2-4, средние значения приведены без учета всплесков. Данные приведены по отношению к пределу текучести основного металла.

Таблица 2

Механические свойства материалов и диаграммы вдавливания для образцов, наплавленных газопламенным способом порошковых материалов

Номер образца	Основной металл			Покрытие		
	Предел текучести $\sigma_т$, МПа	Модуль упрочнения $E_т \cdot 10^{-4}$, МПа	Диаграмма вдавливания N(d)	Предел текучести $\sigma_т$, МПа	Модуль упрочнения $Ет \cdot 10^{-4}$, МПа	Диаграмма вдавливания N(d)
1	785±20	0,92…0,93	12,9·d	260±15	0,64…0,66	7,4·d
2	785±20	0,92…0,93	12,9·d	260±15	0,64…0,66	7,4·d
3	785±20	0,92…0,93	12,9·d	260±15	0,64…0,66	7,4·d

Примечание: d – диаметр отпечатка индентора, мм.

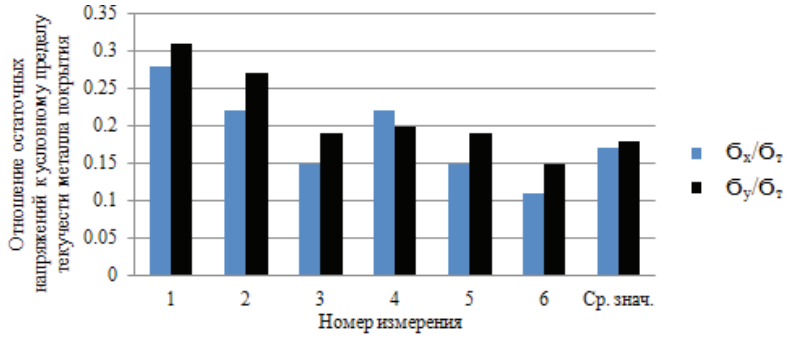


Рисунок 2 - Диаграмма измерения поверхностных остаточных напряжений в образце №1

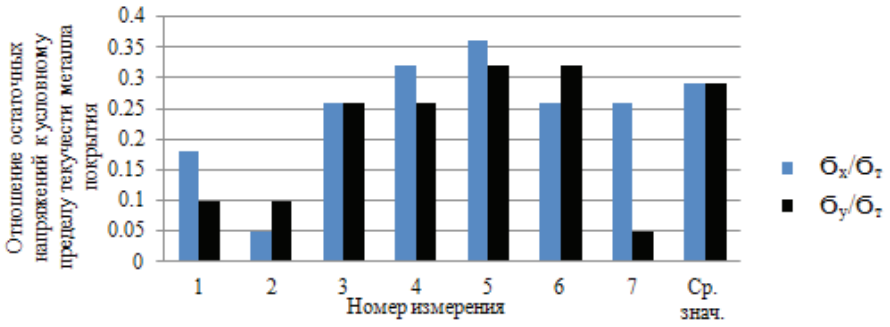


Рисунок 3 - Диаграмма измерения поверхностных остаточных напряжений в образце №2

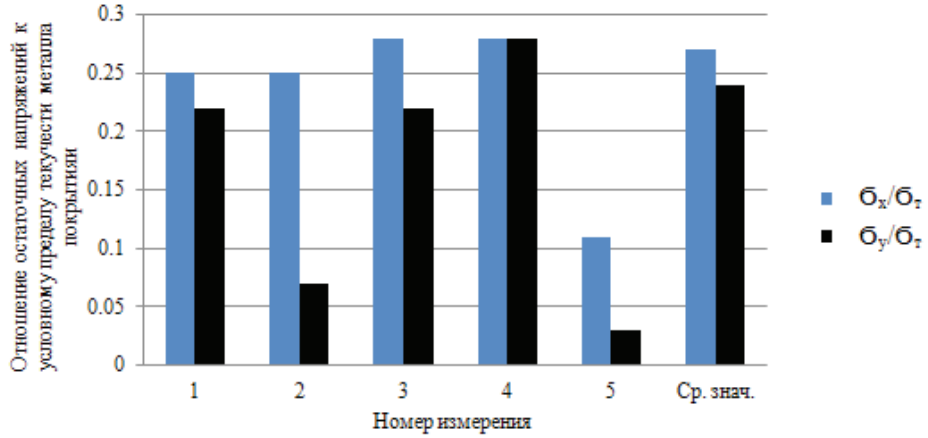


Рисунок 4 - Диаграмма измерения поверхностных остаточных напряжений в образце №3

При газопламенной наплавке на сталь 65Г порошка ПГ12Н-02 средние значения главных остаточных напряжений приваренного слоя толщиной 2 мм составили $\sigma_x^{ост} = 0{,}16\sigma_т$, $\sigma_y^{ост} = 0{,}17\sigma_т$ в долях предела текучести основного металла или в абсолютных значениях $\sigma_x^{ост} = 99$ МПа, $\sigma_y^{ост} = 114$ МПа, толщина слоя в 1 мм даёт средние значения главных остаточных напряжений $\sigma_x^{ост} = 0{,}26\sigma_т$, $\sigma_y^{ост} = 0{,}27\sigma_т$ в долях предела текучести основного металла или в абсолютных значениях $\sigma_x^{ост} = 124$ МПа, $\sigma_z^{ост} = 86$ МПа.

При тех же материалах после полного снятия приваренного слоя средние значения главных остаточных напряжений составили $\sigma_x^{ост} = 0{,}26\sigma_т$, $\sigma_y^{ост} = 0{,}24\sigma_т$ в долях предела текучести основного металла или в абсолютных значениях $\sigma_x^{ост} = 184$ МПа, $\sigma_y^{ост} = 154{,}5$ МПа.

Результаты остаточных напряжений в деталях, восстановленных ЭКП стальной ленты. Результаты измерения остаточных напряжений в образцах представлены на рисунках 5-7, средние значения приведены без учета всплесков.

Таблица 3

Механические свойства материалов и диаграммы вдавливания для образцов, восстановленных ЭКП стальной ленты

Номер образца	Основной металл			Покрытие		
	Предел текучести $\sigma_т$, МПа	Модуль упрочнения $E_т \cdot 10^{-4}$, МПа	Диаграмма вдавливания N(d)	Предел текучести $\sigma_т$, МПа	Модуль упрочнения $E_т \cdot 10^{-4}$, МПа	Диаграмма вдавливания N(d)
1	300±10	0,64…0,66	8,6·d	420±20	0,98…1,0	6,4·d
2	300±10	0,64…0,66	8,6·d	890±40	0,79…0,9	17,0·d
3	300±10	0,64…0,66	8,6·d	890±40	0,79…0,9	17,0·d

Примечание: d – диаметр отпечатка индентора, мм.

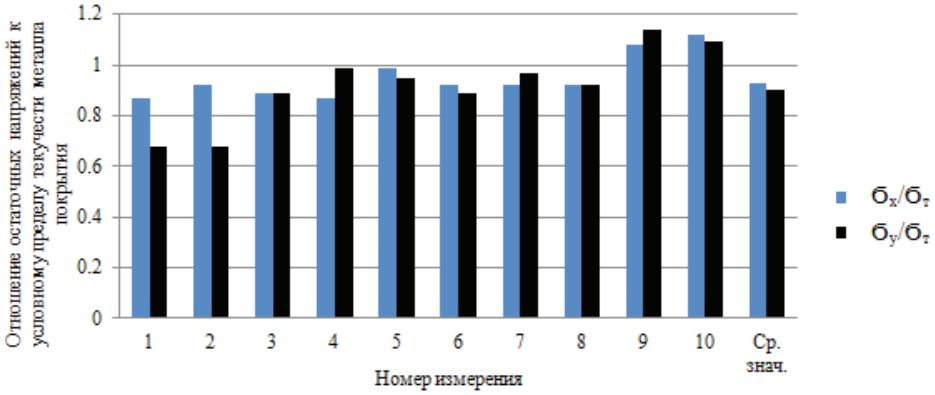


Рисунок 5 - Диаграмма измерения поверхностных остаточных напряжений в образце №4

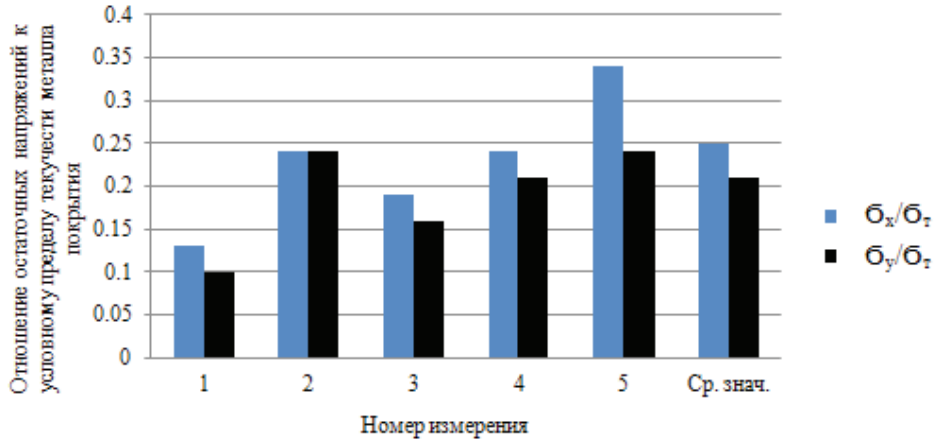


Рисунок 6 - Диаграмма измерения поверхностных остаточных напряжений в образце №5

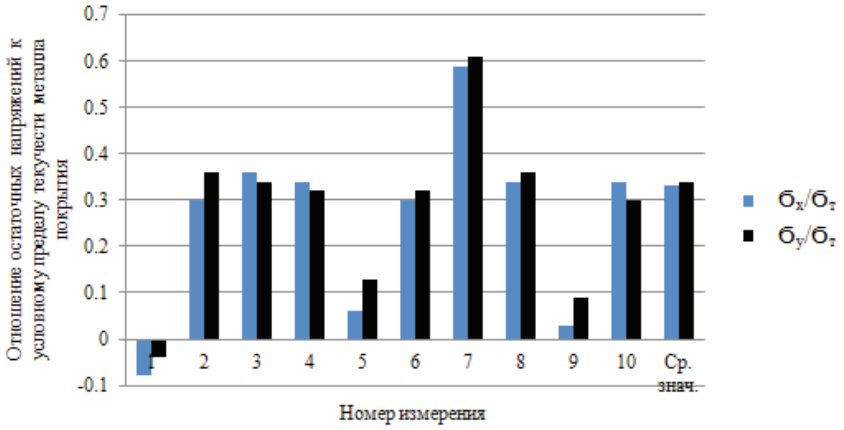


Рисунок 7 - Диаграмма измерения поверхностных остаточных напряжений в образце №6

При ЭКП ленты из нержавеющей стали 12Х18Н10Т на основу из стали 45 средние величины компонент тензора остаточных напряжений в области, удаленной от краев, составляют $\sigma_x^{ост} = 0{,}92\sigma_т$, $\sigma_y^{ост} = 0{,}95\sigma_т$ в долях предела текучести основного металла или в абсолютных значениях $\sigma_x^{ост} = 424{,}2$ МПа, $\sigma_y^{ост} = 437{,}3$ МПа.

При приварке на сталь 45 ленты из стали 45 в два прохода средние остаточные напряжения составляют $\sigma_x^{ост} = 0{,}25\sigma_т$, $\sigma_y^{ост} = 0{,}23\sigma_т$ в долях предела текучести основного металла или в абсолютных значениях $\sigma_x^{ост} = 104$ МПа, $\sigma_y^{ост} = 87{,}7$ МПа.

В образце из стали 45 с приваренной лентой из стали 45 за один проход на протяжении покрытия выделяются разгруженные зоны до уровня 0…0,2 от предела текучести основного металла. Средние величины остаточных напряжений без учета разгруженной зоны составляют $\sigma_x^{ост} = 0{,}33\sigma_т$, $\sigma_y^{ост} = 0{,}35\sigma_т$ в долях предела текучести основного металла или в абсолютных значениях $\sigma_x^{ост} = 239...243$ МПа, $\sigma_y^{ост} = 239...243$ МПа. С учетом разгруженной зоны $\sigma_x^{ост} = 0{,}28\sigma_т$, $\sigma_y^{ост} = 0{,}26\sigma_т$ в долях предела текучести основного металла или в абсолютных значениях $\sigma_x^{ост} = 168$ МПа, $\sigma_y^{ост} = 181$ МПа.

Анализ результатов

Результаты исследования показали, что величина и распределение поверхностных остаточных напряжений при восстановлении деталей присадочных материалов из числа рассмотренных факторов зависит от вида и марки основного и присадочного материалов, а также особенностей технологии. Можно сказать о высокой нагруженности поверхностного слоя при восстановлении деталей ЭКП стальной ленты: поверхностные остаточные напряжения при этом способе достигают предела текучести основного металла. При газопламенной наплавке порошковых материалов остаточные напряжения также растягивающие, их величины значительно ниже предела текучести основного металла.

В процессе ЭКП стальной ленты в поверхностном слое возникает неравномерное в направлении нормали к поверхности - температурное поле. Наивысшая температура при контактной сварке наблюдается в зоне наибольшего электросопротивления, т.е. в области контакта основного металла и привариваемого покрытия. В силу малости толщины привариваемого покрытия можно принять, что в нем по толщине температура постоянная и равна максимальному значению, а в направлении толщины детали в целом

является функцией радиуса. Вследствие наличия градиентов температуры в процессе приварки покрытия как в поверхностном слое, так и в объеме детали следует ожидать появления объемного остаточного напряженного состояния. Однако с учетом особенностей процесса, состоящих в том, что приварка производится на высокой скорости с относительно небольшим общим тепловложением при высокой скорости охлаждения (использование сопутствующего принудительного охлаждения), в области локализации температурного поля напряженное состояние плоское, описываемое двумя компонентами тензора напряжений – $\sigma_x^{ост}$ и $\sigma_y^{ост}$.

Качественные представления о процессе формирования остаточных напряжений при ЭКП покрытия в виде комбинации рассмотренных механизмов вполне обосновывают полученные экспериментальные результаты: в поверхностном слое (в покрытии) на удалении от мест начала и окончания сварки после полного остывания остаточные напряжения одного знака, растягивающие, по величине близки к пределу текучести основного металла.

При газопламенной наплавке порошковых материалов концентрация тепловложения существенно ниже, чем при ЭКП стальной ленты. По толщине привариваемого слоя распределение температуры более равномерное, поскольку тепло расходуется на спекание частиц порошка между собой и с поверхностью основы [4, 10, 11]. Поэтому при наплавке порошковых материалов уровень остаточных напряжений несколько ниже по сравнению с приваркой ленты. Кроме того, при приварке порошковых материалов начальное напряженно – деформированное состояние покрытия в месте сварки отсутствует вследствие отсутствия связей между частицами порошка. Материал основы при этом, в силу его массивности по сравнению с размерами наносимого покрытия и значительного теплоотвода, не оказывает существенного влияния на формирующиеся остаточные напряжения.

Выводы

При газопламенной наплавке порошковых материалов остаточные напряжения на 50…70% ниже по сравнению с ЭКП стальной ленты. Так как остаточные напряжения покрытия при газопламенной наплавке по значению ниже, чем при ЭКП, наплавленная поверхность не будет деформирована.

При восстановлении деталей ЭКП стальной ленты поверхностный слой характеризуется высокой нагруженностью, компоненты поверхностных остаточных напряжений растягивающие, близки к пределу текучести материала, а в наплавочных технологиях для обеспечения надежности деталей необходимо снижение остаточных напряжений.

Библиографический список

1. Исследование остаточных напряжений в упрочненных и восстановленных деталях [Текст] / А.Ф. Фаюршин, Р.Р. Хакимов, И.И. Багаутдинова, А.А. Третьяков // Ремонт, восстановление, модернизация. - 2016. - № 1. - 39 с.

2. Основные направления повышения надежности и долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин [Текст] / Р.Р. Хакимов, И.И. Багаутдинова // XI промышленный салон. Технологии реновации машин и оборудования : материалы Всероссийской научно-практической конференции, 25-26 февраля 2016 г. / Башкирский ГАУ. - Уфа, 2016. - 303-308 с.

3. Результаты лабораторных измерений остаточных напряжений на образцах упрочненных газопламенным способом [Текст] / А.Ф. Фаюршин, Р.Р. Хакимов, И.И.

Багаутдинова // ЕВРАЗИЙСКИЙ СОЮЗ УЧЕНЫХ (ЕСУ). - 2015. - №10-2(19). - 156-159 с.

4. Результаты полевых испытаний рабочих органов почвообрабатывающих машин упрочненных порошковыми композициями [Текст] / А.Ф. Фаюршин, Р.Р. Хакимов, И.И. Салимьянова, А.А. Тункин, Р.Ф. Валиев // Труды ГОСНИТИ. - 2015. - Т. 118. - 214-271 с.

5. Сайфуллин, Р. Н. Исследование порошково-полимерных лент для восстановления изношенных деталей [Текст] / Р. Н. Сайфуллин, // Технология металлов / Наука и технологии. - Москва, 2000. - №3.-С. 11-13.

6. Сайфуллин, Р. Н. Особенности формирования структуры металлопокрытий, нанесенных электроконтактной наплавкой проволокой из углеродистых и легированных сталей[Текст] / Р. Н. Сайфуллин; М.З. Нафиков; И.И. Загиров; Э.Л.Левин. // Упрочняющие технологии и покрытия. - 2008. - № 9.- С. 31-37.

7. Сайфуллин, Р. Н. Особенности электроконтактной приварки термообработанной стальной ленты [Текст] / К. В. Юферов, Р. Н. Сайфуллин, М. Н. Фархшатов, Э. Л. Левин; Р. Н. Сайфуллин // Ремонт, восстановление, модернизация. - 2012. - № 1. - С. 23-25.

8. Сайфуллин, Р. Н. Повышение эффективности технологии восстановления деталей электроконтактной приваркой порошковых материалов [Текст] : дис. д-ра техн. наук : 05.20.03 / Сайфуллин Ринат Назирович. - Уфа : [б. и.], 2010. - 425 с. : рис. - Библиогр.: с. 340-361 .

9. Сайфуллин, Р. Н. Технологии ремонта агрегатов сельскохозяйственной техники с использованием методов электроконтактной приварки порошковых материалов (на примере ремонта турбокомпрессора и гидрораспределителя) [Текст] : (рекомендации) / Р. Н. Сайфуллин ; [рец. В. В. Атрощенко, Э. Л. Левин] ; М-во сельского хоз-ва РФ, Башкирский ГАУ. - Уфа : [БашГАУ], 2009. - 39 с. - Библиогр.: с. 39. - ISBN 978-5-7456-0210-8

10. Условия работы почвообрабатывающих машин и пути повышения их долговечности [Текст] / Р. Р. Хакимов, А. Ф. Фаюршин // Аграрная наука в инновационном развитии АПК : материалы международной научно-практической конференции в рамках XXV Международной специализированной выставки "Агрокомплекс - 2015", 17-19 марта 2015 г. / Башкирский ГАУ. - Уфа, 2015. - Ч. 2: Инновационное развитие животноводства и ветеринарной медицины. - С. 322-328

11. Фаюршин, А.Ф. Повышение долговечности лап культиваторов в сельскохозяйственных ремонтных предприятиях [Текст] / А.Ф. Фаюршин // Дис. канд. техн. наук. - Уфа, 2006. - 134 с.

RESIDUAL STRESSES IN THE COATING THE RESULTING FLAME SURFACING AND ELECTROCONTACT WELDING

Saifullin Rinat Nazirovich - Doctor of Technical Sciences, Professor of Metal Technology and repair machines
tel. (347) 241-64-13. e-mail: bashagregat@mail.ru
Fayurshin Azamat Faritovich - Ph.D., assistant professor of technology metals and repair of machines
tel. 89273035192, e-mail: azamatff@yandex.ru.
Natalenko Valery Sergeevich. - assistant professor of technology metals and repair of machines,
tel. e-mail: nvs1971@mail.ru.
Khakimov Rinat Rafisovich - graduate student technology metals and repair of machines
89373494399, e-mail: hakim_rinat@mail.ru.

***Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Agroengineering Center VIM" (FSAC VIM), Russia, Moscow**
Bashkir State Agrarian University, Russia, Ufa

***Annotation**: The article presents the results of a comparison of the surface residual stress in the restoration of parts defined using elastoplastic contact interaction. Studies carried out on different surfaces of the compact and powder materials using electro-optical unit.*

***Keywords**: restoration parts; gas-flame welding; residual stresses; conical indenter.*

References

1. Study of residual stresses in reinforced and restored parts [Text] / A. F. Fursin, R. R. Khakimov, I. Bagautdinov, A. A. Tretyakov // Repair, restoration, modernization. - 2016. - № 1. - 39 C.

2. The main directions of improving the reliability and durability of the working bodies of tillage machines [Text] / R. R. Khakimov, I. Bagautdinov // XI industrial facilities. Technology renovation of machinery and equipment : materials of all-Russian scientific-practical conference, 25-26 February 2016 / Bashkir GAU. - Ufa, 2016. - S. 303-308

3. The results of laboratory measurements of residual stresses on the samples reinforced flame method [Text] / A. F. Fursin, R. R. Khakimov, Bagautdinova I. I. // EURASIAN UNION of SCIENTISTS (ESU). - 2015. - №10-2(19). - 156-159 C.

4. The results of field testing of the working bodies of tillage machines hardened powder compositions [Text] / A. F. Fursin, R. R. Khakimov, I. Salmanova, A. A. Tunkin, R. F. Valiev // Proceedings of GOSNITI. - 2015. - T. 118. - 214-271 S.

5. Saifullin, R. N. Study of powder-polymer strips for the restoration of worn parts [Text] / R. N. Saifullin, // metal Technology / Science and technology. - Moscow, 2000. - №3.-P.11-13.

6. Saifullin, R. N. Features of formation of structure of metal coatings deposited electrocontact welding wire of carbon and alloy steels[Text] / R. N. Saifullin; Nafikov M. Z.; I. Zagirov; E. L. Levine. // Hardening technology and coatings. - 2008. - No. 9.- 31-37.

7. Saifullin, R. N. Features of electric welding the heat treated steel strip [Text] / K. V. yuferov, R. N. Saifullin, M. N. Farkhshatov, E. L. Levin; R. N. Saifullin // Repair, restoration, modernization. - 2012. - No. 1. - P. 23-25.

8. Saifullin, R. N. Improving the efficiency of the technology to restore details electrocontact welding of powder materials [Text] : dis. d-RA tekhn. Sciences : 05.20.03 / Rinat Saifullin Nazirovich. - Ufa : [b. I.], 2010. - 425 p.: Fig. - Bibliogr.: S. 340-361 .

9. Saifullin, R. N. The technology of repair of units of agricultural machinery with the use of methods electrocontact welding of powder materials (on the example of repair of turbocharger and valve) [Text] : (recommendations) / R. N. Saifullin ; [Rev. V. V. Atroshchenko, L. E. Levine] ; M-in rural households of the Russian Federation, the Bashkir state agricultural UNIVERSITY. - Ufa : [Bashaw], 2009. - 39 p. - Bibliogr.: p. 39. - ISBN 978-5-7456-0210-8

10. Working conditions tillage machines and ways to improve their durability [Text] / R. R. Khakimov, A. F. Faurlin // agricultural science in the innovative development of agriculture : materials of international scientific-practical conference in the framework of the XXV International specialized exhibition "Agrocomplex - 2015", 17-19 March 2015 / Bashkir GAU. - Ufa, 2015. - Part 2: Innovation development of animal husbandry and veterinary medicine. - Pp. 322-328

11. Fursin, A. F. improving the durability of the clutches of the cultivators in the repair of agricultural enterprises [Text] / A. F. Faurlin // Dis. Cand. tech. Sciences. - Ufa, 2006. - 134 p.

УДК 621.9.047

ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ НАПОЛНИТЕЛЯ НА СВОЙСТВА КОМПОЗИТНОГО ХРОМОВОГО ПОКРЫТИЯ

Жачкин С. Ю., профессор, д.т.н., профессор
(ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет (ВГТУ)» г. Воронеж, телефон: 89081499632, zhach@list.ru)
Пеньков Н. А., научный сотрудник, к. т. н.
телефон 89507682407, myth_np_nikit@mail.ru)
Сидоркин О. А., зам. нач. каф. к. т. н. телефон:89092171063
Нелысов С.В. соискатель телефон: 89003037656
(Военный учебно-научный центр
военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия
имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» г. Воронеж)

Аннотация. *Представлены алгоритмы и методики расчета влияния размеров и концентрации упрочняющей фазы композитного гальванического покрытия с целью осаждения покрытий с требуемыми служебными свойствами.*

Ключевые слова: *композитные покрытия на основе хромовой матрицы, износостойкость, упрочнение.*

Цель исследования. В связи с возрастающими требованиями к физико-механическим и как следствие эксплуатационным свойствам материалов, применяемым на современном этапе восстановления деталей сельскохозяйственной техники, предъявляются к гальваническим покрытиям особые требования по их качеству.

Хромирование, используемое в настоящее время для производства и восстановления изделий, имеет целый ряд недостатков: оно снижает надежность узла из-за негерметичности хрома при высоком давлении в системе и обладает низкой адгезией, особенно при нанесении толстых покрытий. Другой немаловажный недостаток заключается в необходимости механической обработки детали как до восстановления методом нанесения покрытия в целях придания ей необходимой геометрии поверхности и устранения дефекта износа, так и после восстановления с целью обеспечения требуемой шероховатости поверхности, макрогеометрии и размеров, заданных чертежом. В результате слой хромового покрытия, необходимый для обеспечения работоспособности узла, как правило, составляет от 160 мкм и выше [5]. Для получения качественного покрытия такой толщины с учетом механической обработки толщина гальванически наращиваемого металла должна превосходить 200 мкм. Однако, качественные, износостойкие покрытия такой толщины получить практически невозможно [5]. Существующие методы получения толстых гальванических покрытий [5] отличаются нестабильностью процесса и низким качеством покрытий, что делает невозможным их использование при восстановлении ответственных изделий. Кроме того, хромовые покрытия осаждаются с растягивающими остаточными напряжениями, что делает их негерметичными. Устранить механиче-

скую обработку нанесенных покрытий и деталей при восстановлении узлов сельскохозяйственной техники невозможно по нескольким причинам. Во-первых, само хромовое покрытие нуждается в обработке для возможности его дальнейшего использования, во-вторых, детали подвергаемые восстановлению гальваническим осаждением с целью нанесения качественных покрытий не должны иметь локальных участков износа, что обеспечивается их механической обработкой до нанесения покрытия. Все это в комплексе вызывает возникновение в поверхностном слое растягивающих остаточных напряжений, возможно появление прижогов и шлифовочных трещин, что делает весьма затруднительным, а порой невозможным нанесение хромового покрытия необходимой толщины [5].

В связи с этим возникла проблема разработки метода размерного нанесения гальванических покрытий на поверхности деталей, позволяющего полностью исключить механическую обработку. Метод должен отвечать нескольким принципиальным условиям. Во-первых, необходимо обеспечить регулируемое нанесение толщины покрытия в зависимости от параметров точности, задаваемых чертежом; во-вторых, необходимо обеспечить возможность восстановления различных участков изношенных поверхностей с разными скоростями в зависимости от износа конкретной поверхности; в-третьих, он должен обеспечивать получение заранее заданных характеристик поверхностного слоя детали, т.к. именно поверхностный слой обеспечивает качество сопряжения деталей, и все вышеперечисленные детали работают в условиях знакопеременных нагрузок, и несоблюдение этого условия может привести к снижению ресурса; в-четвертых, метод должен позволять наносить покрытия с заданными параметрами по толщине и качеству без предварительной и последующей обработки поверхности детали, т.к. механическая обработка, как восстанавливаемой поверхности, так и покрытия после его осаждения крайне негативно влияет на физико-механические характеристики покрытия и, как следствие, ведет к ухудшению эксплуатационных характеристик восстанавливаемой детали.

В настоящее время применяется способ гальвано-контактного осаждения (ГКО) композитных дисперсно-упрочненных хромовых покрытий, удовлетворяющий всем вышеперечисленным требованиям. В работе ставилась задача определить аналитические зависимости, позволяющие оценить физико-механические и, как следствие, эксплуатационные характеристики наносимого покрытия, что открывает возможность управлять свойствами поверхностного слоя восстанавливаемых деталей.

Методика. Как отмечается в литературе [2], хромирование улучшает условия скольжения, с одной стороны, а с другой — уменьшает коррозию поверхностей, которая может достигать значительной величины, что позволяет значительно увеличить срок эксплуатации изделий. Особенно актуальна эта проблема при изготовлении и восстановлении прецизионных узлов, имеющих, как правило, конфигурацию тел вращения. В связи с этим для имитации наиболее близких условий эксплуатации узлов образцы для исследований изготавливались цилиндрической формы из сталей 30 ХГСА ТУ 14-1-950-74, 30 ХГСНА ТУ 14-1-950-74, как наиболее сильно подверженных отрицательному влиянию хромирования. Образец для исследований показан на рисунке 1. Микроструктура и шероховатость покрытий, остаточные напряжения в них, прочность сцепления хрома с основой, микротвердость

покрытий, их коррозийная стойкость и наводораживание основы изучались на образцах. Следует особо отметить, что они не подвергались какой-либо механической обработке ни до нанесения покрытия, ни после него. Покрытия осаждались в стандартном электролите хромирования, содержащем 200 - 250 г/л CrO_3 и 2,0 - 2,5 г/л H_2SO_4, нашедшем наиболее широкое применение на машиностроительных предприятиях.

Рис. 1 Образец для испытаний свойств покрытий

Для проведения экспериментальных исследований электролит приготавливался из реактивов «ХЧ» и «ЧДА» на дистиллированной воде по методике, описанной в [4] Плотность электролита измеряли ареометром, кислотность pH- метромиливольтметром модели pH – 121.

Температура электролита поддерживалась с точностью 1К при помощи термометра ТПП – 11 ГОСТ 13717 – 74 и контролировалась термометром ТН – 5 ГОСТ 400 – 80 с ценой деления шкалы 0,2 К

Корректировка электролита, его анализ проводились по методике, изложенной в [4].

Результаты и обсуждения. В случае применения метода ГКО механизм деформирования растущих слоев покрытия происходит на начальной стадии нанесения покрытия, которая характеризуется отсутствием внедрения инструментального материала в гальванически осаждаемый металл. В дальнейшем обработка методом ГКО предполагает внедрение мелкодисперсных инструментальных частиц в деформируемое покрытие [3]. С этого момента при деформировании стадия легкого скольжения отсутствует, деформация зерен начинается сразу по нескольким системам скольжения и сопровождается изгибами и поворотами плоскостей скольжения. Пока общая деформация мала, порядка 1%, зерна деформируются неоднородно в силу их разной ориентации по отношению к приложенным нагрузкам. С ростом деформации различия между зернами уменьшаются, и изменяется микроструктура: зерна постепенно вытягиваются в направлении пластического течения.

Равнодействующая R внутренних сил по всему сечению элементарного объема, уравновешивающая внешнюю силу F (|R| = |F|), определяется путем интегрирования [1]

$$R = \int_S \sigma_e dS \qquad (1)$$

откуда

$$\sigma_в = \frac{R}{S} \quad \text{или} \quad \sigma_в = \frac{P}{S} \tag{3}$$

Исходя из выражения (3) можно записать

$$P = \sigma_в S \tag{4}$$

Учитывая форму частиц внедряемого в матрицу материала выражение (4) можно представить в виде

$$P = \sigma_в \frac{\pi d^2}{4} \tag{5}$$

При упрочнении материала матрицы частицами конечной длины нагрузка на них передается через матрицу по внешней контактной стороне включений с матрицей с помощью касательных напряжений. В условиях прочного (без проскальзывания) соединения волокна с матрицей нагрузка на волокна при деформировании равна

$$p = \tau \times \pi d l \tag{6}$$

где τ - касательное напряжение, возникающее в матрице в месте контакта с инородными частицами;

d – диаметр частицы;

С увеличением длины частицы повышается возникающее в ней напряжение. При определенной длине, названной критической, напряжение достигает максимального значения. Оно не меняется при дальнейшем увеличении длины частицы. Длина $l_{кр}$ определяется из равенства усилий в матрице на границе с частицей и в частице с учетом симметричного распределения напряжений в ней. С учетом вышеизложенного материала можно записать

$$\frac{\tau \pi d l_{кр}}{2} = \frac{\sigma_в \pi d^2}{4} \tag{7}$$

Исходя из формулы (7), сделав элементарные преобразования, можно определить критический размер частиц наполнителя

$$l_{кр} = \frac{\sigma_в d}{2\tau}; \qquad \frac{l_{кр}}{d} = \frac{\sigma_в}{2\tau} \tag{8}$$

Теоретические расчеты, подтвержденные практикой, показывают, что чем тоньше и длиннее волокно, а точнее, чем больше отношение длины к диаметру, тем выше степень упрочнения композиционного материала.

Свойства волокнистых композиционных материалов в большой степени зависят от схемы армирования. Ввиду значительного различия в свойствах волокон и матрицы при одноосном армировании физическим и механическим свойствам присуща анизотропия. При деформировании композитного материала нагрузку в основном воспринимают высокопрочные включения, а матрица служит средой для передачи усилий. Соотношение нагрузки, воспринимаемой включениями ($P^в$) и матрицей ($P^м$), выражают через возникающие в них напряжения, соответственно, $\sigma^в$ и $\sigma^м$:

$$\frac{P^{в}}{P^{м}} = \frac{\sigma^{в} V^{в}}{\sigma^{м}\left(1 - V^{в}\right)} \tag{9}$$

где $V^{в}$ – объем волокон.

Согласно закону Гука, напряжения можно выразить через модули упругости. Тогда

$$\frac{P^{в}}{P^{м}} = \frac{E^{в} \varepsilon^{в} V^{в}}{E^{м} \varepsilon^{м}\left(1 - V^{в}\right)} \tag{10}$$

При условии прочного (без проскальзывания) соединения частиц включений с матрицей в момент приложения нагрузки в них возникает одинаковая деформация, т.е. $\varepsilon^{в} = \varepsilon^{м}$. Следовательно

$$\frac{P^{в}}{P^{м}} = \frac{E^{в} V^{в}}{E^{м}\left(1 - V^{в}\right)} \tag{11}$$

т. е. чем выше модуль упругости включений $E^{в}$ и больше их объем, тем в большей степени они воспринимают приложенную нагрузку.

Модуль упругости композиционного материала сравнительно достоверно подсчитывают, исходя из свойств и объемного содержания волокон и матрицы:

$$E^{км} = E^{в} V^{в} + E^{м}\left(1 - V^{в}\right) \tag{12}$$

Более точно его можно рассчитать согласно теории упругости по выражению

$$E = \frac{9K\mu}{3K + \mu} \tag{13}$$

где K – объемный модуль упругости;
μ – сдвиговый модуль упругости.

Деформация композитной среды определяется коэффициентом податливости s [1, 2]. В общем виде деформация среды записывается в виде

$$\varepsilon = s\sigma \tag{14}$$

где ε - тензор второго ранга деформаций;
σ - тензор второго ранга напряжений;
s – тензор податливости среды.
для изотропной среды

$$\begin{aligned} \varepsilon_x &= \frac{1}{E}\left[\sigma_x - \nu\left(\sigma_y + \sigma_z\right)\right], \quad \gamma_{yz} = \frac{1}{\mu}\tau_{yz} \\ \varepsilon_y &= \frac{1}{E}\left[\sigma_y - \nu\left(\sigma_x + \sigma_z\right)\right], \quad \gamma_{xz} = \frac{1}{\mu}\tau_{xz} \\ \varepsilon_z &= \frac{1}{E}\left[\sigma_z - \nu\left(\sigma_x + \sigma_y\right)\right], \quad \gamma_{xy} = \frac{1}{\mu}\tau_{xy} \end{aligned} \tag{15}$$

Выводы. Изменение наполнителя в гальваническую матрицу открывает возможность управлять свойствами покрытий по следующим направлениям:

1. получать заранее рассчитанные напряжения в покрытии (в том числе гарантированно сжимающие), позволяющие получать размерные герметичные хромовые покрытия с повышенной адгезией к основе;
2. практически устранить ограничения по толщине получаемых качественных хромовых покрытий (получены качественные износостойкие покрытия с толщиной 1670 мкм на сторону и более);
3. повысить производительность осаждения покрытия (скорость осаждения покрытий в 9 раз выше, чем при стандартном методе осаждения);
4. снизить экономические затраты на восстановление изношенных деталей благодаря полному устранению механической обработки деталей до восстановления и после нанесенного покрытия.

Литература

1. Жачкин С.Ю. Моделирование механического воздействия инструмента при получении гальванических композитных покрытий [Текст] / С.Ю. Жачкин, М.Н. Краснова, Н.А. Пеньков, А.И. Краснов // Труды ГОСНИТИ. – М., 2015. – Т. 120. – С. 130 – 135.

2. Жачкин С.Ю. Напряжения в композитных материалах, используемых при ремонте деталей машин [Текст] / С.Ю. Жачкин, О.А. Сидоркин, С.В. Нелысов, В.Г. Беленцов // Труды ГОСНИТИ. – М., 2016. – Т. 124. – Ч. 2. – С. 52 – 57.

3. Жачкин С.Ю. Холодное гальваноконтактное восстановление деталей. Воронеж: ВГТУ, 2002. 138 с.

4. Жендарева О.Г., Мухина З.Х. Анализ гальванических ванн. М.: Химия, 1970. 248 с.

5. Жачкин С.Ю. Повышение износостойкости деталей сельскохозяйственной техники композитными покрытиями [Текст] / С.Ю. Жачкин, Н.А. Пеньков, О.А. Сидоркин, С.В. Нелысов // Труды ГОСНИТИ. – М., 2015. – Т. 121. – С. 213 – 219.

INFLUENCE OF THE DISPERSE PHASE OF THE FILLER ON THE PROPERTIES OF THE COMPOSITE CHROMIUM PLATING

Zhachkin S. Yu., Professor, Doctor of Technical Sciences, Professor (Federal State Educational Institution of Higher Education «Voronezh State Technical University (VSTU)» Voronezh, phone: 89081499632, zhach@list.ru)
Penkov N.A., researcher, Candidate of Technical Sciences (Military Training and Research Center of the Air Force «Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin» Voronezh, phone 89507682407, myth_np_nikit@mail.ru)
Sidorkin O.A., Deputy Head of the Department, Candidate of Technical Sciences (Military Training and Research Center of the Air Force «Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin» Voronezh, phone:89092171063
Nelysov S.V., applicant (Military Training and Research Center of the Air Force «Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin» Voronezh, phone: 89003037656

Annotation. *The algorithms and methods for calculating the size and influence of the concentration of the hardening phase of the composite plating to precipitate the coating with the desired service properties.*

Keywords: *Composite coatings based on chromium matrix, wear resistance, hardening.*

References

1. Zhachkin S.Yu. Modelling of the mechanical action instrument in the preparation of composite galvanic coatings [Text] / S.Yu. Zhachkin, M.N. Krasnova, N.A. Penkov, A.I. Krasnov // Proceedings GOSNITI. - M., 2015. - T. 120. - P. 130 - 135.

2. Zhachkin S.Yu. The stresses in the composite materials used in the repair of machine parts [Text] / S.Yu. Zhachkin, O.A. Sidorkin, S.V. Nelysov, V.G. Belentsov // Proceedings GOSNITI. - M., 2016. - T. 124. - Part 2. - P. 52 - 57.

3. Zhachkin S.Yu. Cold galvanokontaktnoe restoration parts. Voronezh: VSTU, 2002. 138 p.

4. Zhendareva O.G., Mukhina Z.H. Analysis of electroplating baths. M.: Chemistry, 1970. 248 p.

5. Zhachkin S.Yu. Increased wear resistance of details of agricultural machinery composite coatings [Text] / S.Yu. Zhachkin, N.A. Penkov, O.A. Sidorkin, S.V. Nelysov // Proceedings GOSNITI. - M., 2015. - T. 121. - P. 213 - 219.

УДК 620

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ НОВЫХ И ИЗНОШЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ

Соломашкин А. А., инженер
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
E-mail: gosniti-lab4@mail.ru

Аннотация. *Приведены различные методы контроля параметров деталей двигателя внутреннего сгорания (ДВС), а также рекомендации по применению различных методов и средств контроля параметров, применительно к ремонту деталей ДВС.*

Ключевые слова: *отремонтированный двигатель, детали двигателя, методы контроля параметров деталей ДВС, рекомендации по применению*

В настоящее время на большинстве ремонтных предприятий не применяются средства комплексного контроля деталей ДВС. Применяются в основном универсальные средства контроля, выбор которых не всегда обоснован.

В связи с вышеизложенным, возникает острая нехватка в оборудовании для контроля базовых деталей ДВС, таких как блоки цилиндров, гильзы цилиндров, коленчатые валы, поршневые пальцы, шатуны и др. [1].

Известно, одной из основных частей процесса ремонта на ремонтном предприятии, является контроль или дефектовки деталей, поступающих в ремонт.

Дефектация является часть ремонта, заключающаяся в определении степени годности бывших в эксплуатации деталей к использованию на ремонтируемом объекте. Она необходима для выявления дефектов во время ее работы.

По технологическим картам на дефектацию устанавливается степень годности детали к повторному использованию или восстановлению. В этих картах приводится характеристики деталей: материал, твердость, вид термической обработки, твердость поверхности, текущие размеры, отклонение формы от номинала и взаимное расположение трущихся поверхностей, а также возможные дефекты. Вместе с этим приводятся способы устранения дефектов, методы контроля допуски и пределы.

Маркировка осуществляется делением деталей на 5 групп и окраской их соответствующей цветной краской [2].

Для дефектовки требуются различные контрольно-измерительные средства и методы измерения, приведенные в таблице 1 [1].

Таблица 1 – Классификация средств дефектации деталей машин

Название средств дефектации	Контролируемые показатели	Средства дефектации
Измерение размеров деталей	Линейные размеры (диаметр, длина, глубина, расстояние между осями отверстий и др.) Углы между плоскостями, осями, образующими. Линейные размеры отдельных инструментов. Комплексные показатели деталей	Штангенциркуль, штангенинструменты, микрометрические инструменты и рычажно-зубчатые приборы. Угломер с конусом, шаблоны, угловые меры. Резьбомер. Комплексный шлицевой калибр

Контроль отклонения формы	Отклонение от цилиндричности. Отклонение от прямолинейности. Отклонение от формы заданного профиля	Индикаторные приспособления, призмы. Проверочные линейки. Шаблоны
Контроль отклонения расположения поверхностей	Радиальное и торцевое биение. Расположение осей. Расположение поверхностей	Прибор ПБ, струбцина с индикатором. Специальная схема с индикатором. Индикаторные приспособления, угломеры
Контроль параметров шероховатости	Снятие профилограмм с последующей их обработкой	Профилометр
Контроль твердости поверхности	Определение твердости путем вдавливания стального шарика или алмазной пирамиды	Твердомеры ТШ и ТК
Контроль целости деталей	Способы выявления трещин и других дефектов поверхностей: магнитные, люминесцентные, ультразвуковой	Магнитный дефектоскоп, люминесцентный дефектоскоп, ультразвуковой дефектоскоп

Универсальные средства дефектовки приведены в таблице 2.

Таблица 2.
Характеристики универсального измерительного инструмента и область его применения

Наименование инструмента	Цена деления, мм	Допуск на измерение детали, мм	Измерительные величины
Штангенциркуль	0,1-0,05	0,3 и более 0,15 и более	Линейные размеры наружных и внутренних поверхностей
Штангенглубиномер	0,1-0,05	0,5 и более 0,2 и более	Глубина и высота элементов деталей
Штангенрейсмус	0,1-0,05	0,5 и более 0,2 и более	Высота деталей или поверхностей, установленных на поверочной плите
Микрометр без указания класса	0,01	0,015-0,15	Посадочные поверхности под подшипники, зубчатые колеса, шкивы, звездочки
Микрометр нулевого класса	0,01	0,012-0,02	То же
Микрометрический нутромер	0,01	0,05-0,15	Внутренние размеры конусов, стаканов, обойм, шестерен, шкивов, звездочек
Микрометрический глубиномер	0,01	0,03-0,2	Глубина и высота элементов деталей
Индикаторный нутромер	0,01	0,03-0,15	Диаметр отверстий, ширина пазов
Микрометр рычажный	0,002	0,003-0,015	Предельные отклонения от номинального размера
Миниметр	0,001	0,002-0,003	Точно изготовленные детали

Измерительные средства, используемые на ремонтных предприятиях, приведены в таблице 3.

Таблица 3.
Измерительные средства, используемые при ремонте

№ п/п	Измерительное средство
1	Калибры – пробки односторонние
2	Калибры – пробки двусторонние
3	Пробки листовые
4	Скобы листовые
5	Скобы штампованные предельные
6	Скобы листовые со вставленными губками
7	Скобы регулируемы предельные
8	Резьбовые пробки
9	Резьбовые кольца
10	Калибры листовые
11	Калибры листовые предельные
12	Калибры – пробки для проверки конических отверстий
13	Калибры для проверки наружных конических поверхностей
14	Универсальные инструменты и приборы
15	Штангенинструменты
16	Штангенрейсмасы
17	Штангенглубиномеры
18	Микрометрические инструменты
19	Микрометры гладкие
20	Микрометр листовой
21	Микрометр трубный
22	Микрометры настольного типа
23	Нутромеры микроскопические
24	Механические измерительные приборы
25	Индикаторы часового типа
26	Индикаторы многооборотные
27	Головки измерительные рычажно-зубчатые
28	Микрометры рычажные
29	Уровни
30	Механические угломеры
31	Индикаторные, рычажные и линейные скобы
32	Линейки

Существующие средства контроля, используемые при механической обработке деталей типа «вал» и «отверстие» приведены в таблице 4.

Таблица 4.

Измерительные средства, используемые при обработке деталей типа «вал» и «отверстие»

№ п/п	Измерительное средство
1	Средства активного контроля с механическими приборами
2	Измерительные средства с пневматическими приборами
3	Существующие схемы и приборы активного контроля для хонинговальных станков
4	Бесконтактный пневматический прибор активного контроля

Выводы

1. Применение универсального инструмента наиболее эффективно на ремонтных предприятиях.
2. Применять средства активного контроля, такие как накидные скобы, падающий калибр или пневматические средства контроля, целесообразно для контроля геометрических размеров деталей типа «вал-отверстие».
3. Приборами заводов «Точприбор» и НПО «ЦНИИТМАШ» следует осуществлять контроль твердости поверхности, в том числе и крупногабаритных деталей.
4. С помощью магнитных или ультразвуковых дефектоскопов можно осуществлять контроль возможных трещин на поверхности деталей, а контроль шероховатости поверхности деталей целесообразно осуществлять профилографами и профилометрами завода «Калибр».

Литература

1. *Методы контроля новых и изношенных деталей. А.Э. Бойченко, Л.И Дмитриева, и др., под рук. д.т.н. В.П. Лялякина - М.: ГОСНИТИ. – 2005. - 240 с.*
2. *Г.С. Андриянц, И.Т. Речкалов Прибор для активного контроля отверстий в процессе хонингования, А.С. № 278128, 1963г.*

METHODS OF CONTROL OF NEW AND WORN PARTS

Solomashkin A. A. Engineer
FGBNU FSAC VIM
E-mail: gosniti-lab4@mail.ru

***Summary**. The different methods of controlling the parameters of the internal combustion engine parts (ICE), as well as recommendations for the use of various methods and means of controlling the parameters, in relation to the repair of the internal combustion engine parts.*

***Keywords**: refurbished engine, engine parts, methods of control parameters ICE details on the application of the recommendations*

УДК 621.43.001.4

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

А.А. Толкачёв, , мл. науч. сотр
Тел.: 8 (985) 297-61-84, E-mail – prolait1986@mail.ru
В.И. Денисов, зав. лаб.
Тел. 8 (916) 793-68-18, E-mail – info@firma-tom.ru
Б.А. Матюшкин вед. науч. сотр.
Тел. 8 (925) 445-48-20, E-mail – info@firma-tom.ru
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
8-499-174-81-40

Статья посвящена методу электродуговой металлизации гильз цилиндров двигателей сельскохозяйственной техники, с помощью которого уменьшается интенсивность износа и как следствие обеспечивается повышение ее долговечности.

Ключевые слова: *электродуговая металлизация, дизельный двигатель, гильза цилиндра, износостойкость, долговечность.*

Мировой опыт показывает, что ремонтное производство является экономически оправданным. Обеспечение предприятий агропромышленного комплекса (АПК) запасными частями за счет восстановления изношенных деталей, позволяющее повторно использовать лимитирующие ресурс машин детали, является важной народнохозяйственной проблемой, поскольку при этом можно сэкономить материальные, трудовые и топливно-энергетические ресурсы. Отказы сельскохозяйственной техники происходят в двигателях внутреннего сгорания, на долю которых приходится 36…52 % от общего количества отказов.[1]

Ресурс двигателя зависит от износа деталей цилиндропоршневой группы (ЦПГ), в первую очередь это относится к гильзам цилиндров. Недостаточная долговечность деталей ЦПГ, межремонтный ресурс которых не превышает 40% от ресурса двигателя, требует частой замены в процессе эксплуатации.

В настоящее время возникла особая необходимость восстановления изношенных деталей, в частности гильз цилиндров автотракторных двигателей. Качественное, при низкой себестоимости, восстановление гильз цилиндров, позволит снизить расход новых запасных частей и сохранить работоспособность машинотракторного парка. Анализ возможности восстановления гильз цилиндров свидетельствует об их высокой ремонтопригодности [2].

Изношенные гильзы цилиндров восстанавливаются в недостаточном количестве из-за отсутствия простых, недорогих, способов восстановления и упрочнения.

Среди многих технологических процессов восстановления гильз цилиндров двигателей сельскохозяйственной техники заслуживает внимания способ электродуговой металлизации.

Электродуговая металлизация (ЭДМ) - технологический процесс, получивший развитие в период создания высокопроизводительной техники в отрасли АПК. Сущность процесса заключается в нанесении специальных покрытий путем распыления воздушным потоком двух электродных проволок, между которыми возбуждается дуговой разряд. Струя сжатого воздуха переносит с электродов частицы расплавленного металла на подготовленную поверхность и формирует покрытие с учетом необходимых свойств.

На рисунке 1 показан процесс электродуговой металлизации наружной поверхности гильзы цилиндра.

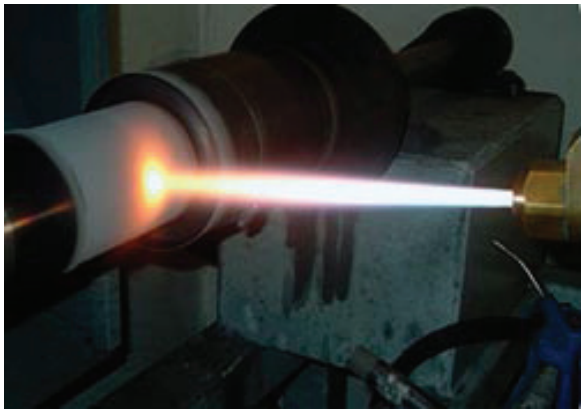


Рисунок 1 – Электродуговая металлизация гильзы цилиндра

Перед металлизацией наружной поверхности гильзы цилиндра применяют два процесса предварительной подготовки детали: 1) токарная обработка и 2) струйно-корундовая обработка [3].

Токарная обработка. Диаметр детали занижают на 0,5-0,8 мм чтобы снять поверхностный слой металла пропитанным маслом или подвергшийся коррозии, затем нарезают рваную резьбу.

При нарезании резьбы вершины резца должны быть смещены вниз относительно центра на 1,5-3 мм, шаг нарезаемой резьбы 0,8-1,5 мм, глубина резания 0,3-0,4 мм. Число оборотов детали 50-120 об/мин.

Для нарезки резьбы берут резец с углом при вершине равным 60о, а передний угол 0-1о.

Струйно-корундовая (пескоструйная) обработка. Процесс пескоструйной обработки деталей производится в механизированных герметичных звукоизоляционных установках для металлизации; при раздельных процессах металлизации и пескоструйной обработки последняя операция выполняется в отдельной камере марки АК конструкции ФГБНУ ГОСНИТИ, выполненной по ГОСТ 151550-69 и в соответствии с ТУ 3841-001-11344040-2005.

Материалы, используемые для струйной обработки: корундовый порошок зернистостью 120-240 - по ГОСТ 3647—80*, ОСТ 2-115—71, стальная колотая дробь с размером зерна 1,2—1,4 мм или дробь из чугуна ДЧК-1,2, ДЧК-1,4 – по ГОСТ 11964—81.

Струйно-корундовая обработка производится не позднее двух часов до начала металлизации.

При выборе марки проволоки следует учитывать, что металлизированный слой может обладать разной плотностью, твердостью и адгезионно-

когезионными свойствами. Результаты исследований свойств покрытий, полученных в зависимости от дозвуковой скорости истечения воздуха из распылительной головки, показали, что адгезия покрытия с увеличением скорости истечения воздуха, (следовательно, и скорость истечения металлизационной струи), повышается, а пористость снижается. При истечении воздуха с дозвуковой скоростью размер расплавленных частиц металла в среднем составляет до 200 мкм. С увеличением скорости истечения воздуха в 2 раза (660м/с) размер расплавленных частиц достигает 30 – 80 мкм [3].

Режимы металлизации, зависящие от диаметра проволоки и производительности, приведены в таблице 1.

Таблица 1.
Режимы металлизации в зависимости от диаметра проволоки

Диаметр проволоки, мм	Напряжение дуги V, В	Сила тока I, А	Дистанция метал. L, мм	Давление воздуха P, атм.	Температура напыляемой поверхности, °С
1,6	23-25	80-100	80-100	5,5	60
1,8	26-28	100-140	100-120	6,0	100
2,0	28-32	140-180	120-150	6,0…6,5	100
2,2	32-36	180-220	150	6,0…6,5	100
Давление воздуха P=5,5…6,5 атм. для всех режимов. Не допускать перегрева напыляемой поверхности. Нужная толщина слоя достигается за несколько проходов. Восстанавливать можно до 7,5 мм.					

ВЫВОД

Предложен наиболее оптимальный способ восстановления гильз цилиндров дизельных двигателей сельскохозяйственной техники, позволяющий обеспечить износостойкость гильзы не ниже уровня новой – электродуговая металлизация.

Электродуговая металлизация позволяет наносить покрытия заданной толщины с заданными физико-механическими и эксплуатационными характеристиками.

Библиографические ссылки

1. Черноиванов, В. И. Перспективы развития технического сервиса в агропромышленном комплексе [Текст] / В. И. Черноиванов // Журнал «Тракторы и сельскохозяйственные машины». – 1997. – Вып. 1. – С. 7-10.

2. Черноиванов В. И., Бобоюдо Л. М., Евтеев В. К. Восстановление гильз цилиндров, двигателей ЯМЗ [Текст] / В. И. Черноиванов, Л. М. Бобоюдо, В. К. Евтеев // Журнал «Сварочное производство». – 1979. – Вып. 10. – С. 13-16.

3. Денисов, В. И. Восстановление деталей методом сверхзвуковой электродуговой металлизации. Технологический процесс [Текст] // СТО ГОСНИТИ 3.007-2015 / ФГБНУ ГОСНИТИ. – М., 2015. – 2 п. л.

APPLICATION FOR RESTORATION ARC SPRAYING THE CYLINDER LINER DIESEL ENGINES OF AGRICULTURAL MACHINERY

Tolkachev A.A., Denisov V.I., Matyushkin B.A.
Place of work – FGBNU FSAC VIM

The article is devoted to the method of electric arc metal plating of cylinder liners of engines of agricultural machinery, which allows to reduce the intensity of wear and is the most promising direction to improve the durability of these components.

***Keywords**: electric arc metallization, diesel engine, cylinder liner, wear resistance, durability.*

Bibliographic references

1. Chernoivanov, V. I. The prospects of development of technical service in agro-industrial complex [Text] / V. I. Chernoivanov//the "Tractors and Farm Vehicles" Magazine. – 1997. – Issue 1. – Page 7-10.

2. Chernoivanov V. I., Boboyudo L. M., Evteev V. K. Restoration of sleeves of cylinders, YaMZ engines [Text] / V. I. Chernoivanov, L. M. Boboyudo, V. K. Evteev//Welding Production Magazine. – 1979. – Issue 10. – Page 13-16.

3. Denisov, V. I. Restoration of details by method of supersonic arc metallization. Engineering procedure [Text]//HUNDRED to GOSNITI 3.007-2015 / FGBN GOSNITI. – M, 2015. – 2 items of l.

УДК 631.539.3

ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ СОПРЯЖЕНИЙ С ЗАЗОРОМ ВОССТАНОВЛЕННЫХ ПОЛИАМИДОЭПОКСИДНЫМИ ПОРИСТЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

Цапу В.И., зав. кафедрой, к.т.н., доцент
Горобец В.Ф., декан, к.т.н., доцент
(Государственный Аграрный Университет Молдовы,
г. Кишинев, +37322432346, v.tapu@uasm.md)

Аннотация. *В статье представлены результаты исследования износостойкости сопряжений с зазором восстановленных путем нанесения пористого полимерного композиционного материала на одну из составляющих пару трения деталь. Установлено, что полученные нами, пористые полимерные композиционные покрытия позволяют уменьшить износ по сравнению с композиционными покрытия без пор в 1,64 раза.*

Ключевые слова: *износ, покрытие, износостойкость, смазывающие материалы.*

Цель исследования. Использование полимерных материалов в качестве покрытий для восстановления изношенных деталей машин нашло применение в ремонтном производстве. Однако более широкое их использование сдерживается из-за недостаточной прочности сцепления, усадки, старения, низкой смачивающей способности и других свойств полимерных материалов. Авторами [1, 2] предложены состав полимерной композиции и способ нанесения полимерной полиамидо-эпоксидной композиции позволяющие получать прочно сцепленные с металлической подложкой покрытия. Для улучшения физико-механических свойств полиамида П12 авторы работ [3] предлагают добавлять в состав композиции различные вещества, которые способствуют снижению усадки, старения и повышения износостойкости.

В данной работе предлагается повысить маслоемкость поверхностных слоев полимерных композиционных покрытий за счет введения в состав композиции 5…10% поваренной соли (NaCl). Полученные пористые покрытия, после растворения соли из поверхностных слоев, в дальнейшем подвергались испытаниям на износ при различных условиях смазки.

Методика. Выбор материалов для компенсации износа деталей машин, используемых при различных условиях смазки и эксплуатации, выполнили в ходе лабораторных исследований пар трения.

При испытании на износ использовали сопряжение типа вал-втулка. Пористые композиционные полимерные покрытия были нанесены на поверхность вала (ролика). Контртело (втулка) было изготовлено из стали 30. Покрытия на ролик были нанесены в два этапа. На первом этапе был нанесен слой полиамидо-эпоксидной композиции следующего состава: 45% эпоксидного олигомера и остальное полиамид П12. Этот слой предназначен для получения прочного сцепления с подложкой из стали. Второй слой следующего состава: дисульфид молибдена – 4…5%, измельчённые стекловолок-

на – 10…14%, эпоксидный олигомер – 25…30%, поваренная соль (NaCl) - 5…10% и остальное полиамид П12. В последующем соль из поверхностных слоев полимерного покрытия была удалена путем растворения по определенной методике.

Испытания на износ проводили на машине трения СМЦ 3 с использованием следующих условий: окружная скорость ролика – V_r = 0,63 м/с; давление в зоне сопряжения – P = 1,5 МПа.

Для выявления преимуществ полученных пористых покрытий провели исследования при сухом трении и трении со смазкой. В качестве смазывающих материалов использовали воду и Литол 24.

Внутренняя поверхность втулки была обработана под размер ø40H9 и имела шероховатость R_a = 6,3мкм. Поверхность ролика с покрытием была обработана под размер ø40e8 и имела шероховатость R_a = 12,5мкм.

Во всех испытаниях производили притирку сопрягаемых поверхностей до получения максимального размера пятна контакта.

Определение величины износа проводили путем микрометрирования сопрягаемых деталей с использованием цифровых приборов. Замеры проводили после каждых 24 часа испытаний.

Результаты и обсуждения. Полученные результаты износных испытаний представлены на рисунках 1, 2 и 3. Достоверность полученных данных подтверждается тем, что испытания при каждом режиме повторяли 5-ти кратно, а полученные результаты были обработаны известными статистическими методами.

Характер эволюции износа полимерной композиции, и структура поверхностного слоя в зависимости от условий смазки представлены на рис. 1. Представленные кривые на рис. 1 описываются уравнениями регрессии (1, 2 и 3).

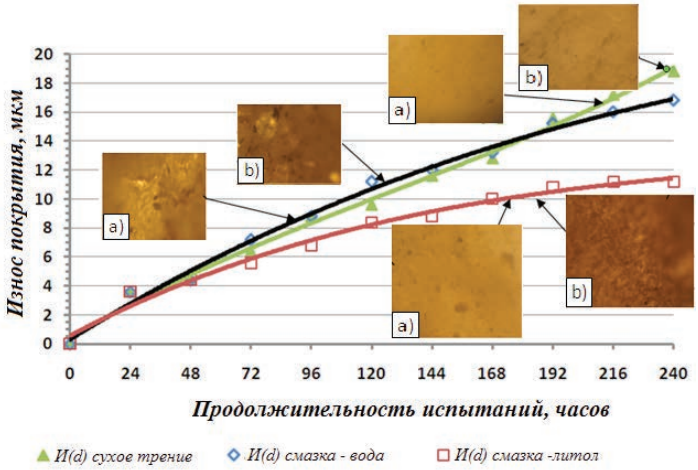


Рис. 1. Динамика износа полимерного композиционного покрытия нанесенного на вал при различных условиях смазки:

Условия испытаний: втулка – Сталь 30 в условиях поставки, нагрузка 1,5 МПа, скорость в сопряжении v_r = 0,63 $мс^{-1}$; начальная шероховатость – покрытия R_a =12,5 мкм; отверстие втулки R_a = 6,3 мкм. Структура поверхностного слоя:

a) – после притирки;

b) – в конце испытаний.

$И(d)_{б.с.} = -0{,}0009x^3 - 0{,}0587x^2 + 2{,}5542x - 2{,}1394, R^2 = 0{,}9957;$ (1)

$И(d)_{вода} = 0{,}0096x^3 - 0{,}1828x^2 + 2{,}7773x - 2{,}1818, R^2 = 0{,}9939;$ (2)

$И(d)_{Литол} = 0{,}004x^3 - 0{,}1604x^2 + 2{,}4841x - 1{,}7515, R^2 = 0{,}9859.$ (3)

Необходимо отметить, что интенсивность износа композиционного материала при различных условиях смазки различен, так по истечении 240 часов испытаний износ при трении без смазки составил 18,8 ±2 мкм, при использовании воды – 16,8± 2 мкм, а при использовании смазки ЛИТОЛ 24 – 10±1мкм. Таким образом, показана важность, которую имеет смазка для пористой полимерной композиции.

Уменьшение интенсивности износа пористой полимерной композиции при использовании в качестве смазки Литола 24 можно объяснить тем, что обеспечен положительный градиент межфазного сопротивления молекулярных связей, поверхностных слоев. Истирание последних, как правило, не абразивно, а фрикционно и проявляется в отрыве разной, конфигурации частиц с поверхностного слоя.

Можно также предположить, что полученный положительный результат обеспечен и тем фактом, что смазка находится в зоне трения более продолжительное время за счет того, что удерживается в искусственно образованных порах в поверхностном слое покрытия.

Динамика износа металлического контртела представлена на рис 2. Полученные кривы износа описаны уравнениями (4 - 6), которые практически аналогичны с теми что были получены для пористой полимерной композиции.

$И(D)_{б.с.} = -0.008x^3 + 0.1497x^2 + 0.6728x - 0.7697, R^2 = 0.998;$ (4)

$И(D)_{вода} = -0.0013x^3 - 0.0238x^2 + 1.7897x - 1.8848, R^2 = 0.9939;$ (5)

$И(D)_{ЛИТОЛ} = 0.0049x^3 - 0.1021x^2 + 1.7294x - 1.5818, R^2 = 0.9994;$ (6)

И в данном случае видно, что присутствие в зоне трения смазки снижает интенсивность износа металлического контртела. В тех случаях, когда не было смазки или была вода, интенсивность износа металлического контртела была выше и практически имела одинаковых характер. Так, после 240 часов испытаний были получены следующие результаты: при трении без смазки $И_{б.с.}$ =14±1мкм; трение в присутствии проточной воды $И_{вода}$ =13±1мкм; трение при использовании Литол 24, И = 9 ±1 мкм.

Исходя из полученных результатов можно констатировать, что для пары трения скольжения металл – пористый полимерный композит виды используемой смазки влияют на интенсивность их износа. Необходимо отметить, что в течении первых ста часов испытаний, характер эволюции износа пары трения при различных типах смазки практически одинаков и имеет тенденцию плавного увеличения. Такой характер износа можно объяснить тем, что происходит перенос композиционного материала на металлическое контртело.

После удаления этого слоя с металлического контртела, процесс его износа разный и зависит от типа смазывающего материала. Металлические контртела практически не меняют характер износа при использовании в качестве смазки воды, а также при трении без смазки, зато при использовании смазки ЛИТОЛ 24 интенсивность изнашивания значительно меньше.

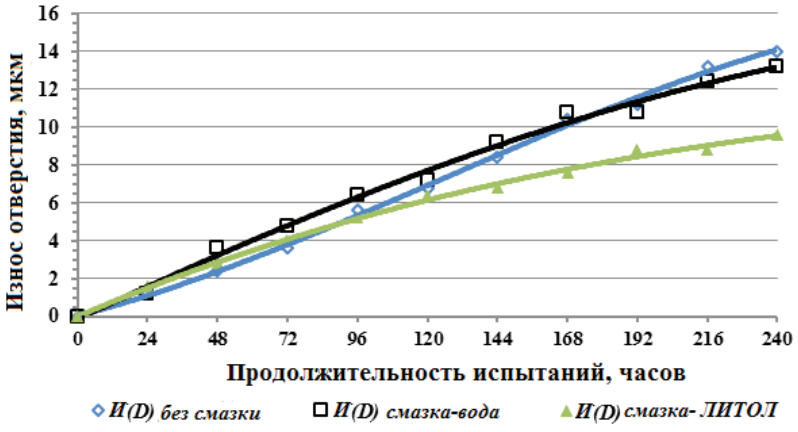


Рис. 2. Динамика износа металлического контртела при различных условиях смазки.

Долговечность пар трения в значительной мере зависит от величины зазора. На рис. 3 представлена эволюция зазора в исследуемых парах трения в зависимости от типа смазывающего материала.

Интенсивность изменения зазора в парах трения определяли, используя выражение:

$$I_{\Delta S} = \frac{dS}{dL_f} \approx \frac{\Delta S}{\Delta L_f} = \frac{\Delta S}{\Delta(v_f, t)} = \frac{\Delta S}{v_f \Delta t} \qquad (7)$$

где: L_f - пройденный путь за время которого величина износа увеличилась на ΔS, v_f – скорость в зоне трения, Δt – интервал времени между измерениями.

Таким образом, для пар трения, исследованных при трении без смазки линейная интенсивность изменения величины зазора за 240 часов испытаний будут равны $6{,}03 \cdot 10_{-8}$, для условий трения в проточной воде и со смазкой Литол 24 соответственно $5{,}5 \cdot 10_{-8}$ и $3{,}6 \cdot 10_{-8}$. Другими словами можно сказать, что в исследуемой области в 240 часов зазор в парах трения при трении без смазки увеличился на 60 мкм за 1 км пройденного пути, при использовании воды на 55мкм/км и 36 мкм/км при использовании смазки Литол 24.

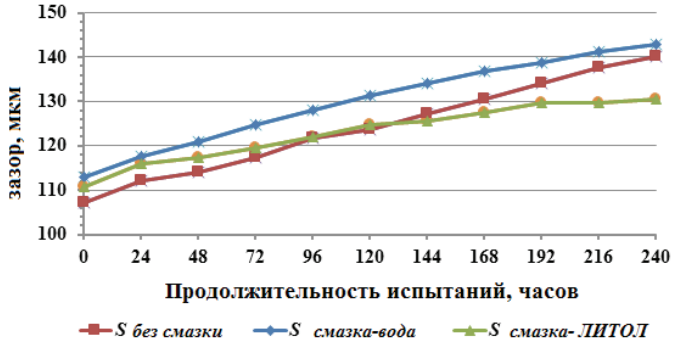


Рис. 3. Изменение величины зазора (S) в зависимости от продолжительнлсти испытаний пары трения Ø40H9/e8 (ES = 63мкм, EI = 0, es = - 50мкм, ei = -112мкм).

На рис.4 представлена диаграмма сравнительных испытаний образцов с пористыми полимерными композициями и полимерными композициями без пор.

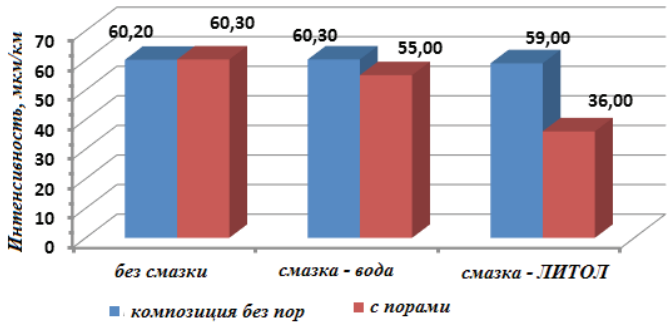


Рис. 4. Интенсивность изменения зазора в металлополимерных парах трения при посадке Ø40H9/e8, испытанных в течении 240 часов при следующих условиях: нагрузка p= 1,5 МПа, скорость v = 0,63м/с и различных типах смазки.

Выводы:

1. Установлено, что интенсивность увеличения зазора в паре трения при использовании в качестве контртела в метало-полимерной паре трения, пористого полимерного покрытия на основе полиамидоэпоксидной композиции, в условия смазки с Литол-ом, в 1,64 раза меньше чем при использовании таких покрытий без пор.

2. Полученные пористые покрытия показали более высокую износостойкость и при использовании в качестве смазки воды (1,1 раза меньше чем у базового).

3. Полученные результаты подтверждают предположения о том, что создание пористого поверхностного слоя в покрытии полимерной композиции будет способствовать, увеличению срока службы восстановленных пар трения путем замены обычной пары метал - метал на метало-полимерную.

Литература

1. МАРЬЯН, Г. Ф. Восстановление посадочных мест отверстий корпусных деталей подшипниковых узлов электрических машин порошкообразными полимерными композициями. Дисерт. канд. техн. наук. -Кишинэу, 1987.163 с.

2. SÎRGHII, V. Contribuţii la asigurarea tehnologică a fiabilităţii pieselor utilajului agricol recondiţionate cu aplicarea compoziţiilor din mase plastic. Teza de doctor în tehnică. – Chişinău, 2007. 252 p.

3. ŢAPU, V. Sporirea disponibilităţii şi mentenabilităţii îmbinărilor cu joc renovate cu materiale compozite polimerice. Teza de doctor în tehnică. – Chişinău, 2011. 132 p.

WEAR AND TEAR RESISTANCE OF COUPLING FITS WITH CLEARANCE RESTORED BY POROUS EPOXY POLYAMIDE COATINGS

Tapu V.I., Ph.D, Head of Department, Associate Professor,
Gorobet V.F., Ph.D, Dean, Associate Professor,
State Agrarian University of Moldova, Chisinau
+37322432346, v.tapu@uasm.md)

***Abstract**. This article presents the results of studies on the wear and tear resistance of coupling fits with clearance restored by applying a porous polymer composite coating on a component of the friction pair. It has been established that these new porous polymer coatings obtained in the laboratory can reduce the wear and tear as compared to the composite coatings without pores by 1,64 times.*

***Keywords:** wear and tear, coating, wear and tear resistance, lubricants.*

References

1. Marian, G. F. Recovery of the housing holes of ball bearing elements of electrical machines using polymer compositions with powder consistence. PhD thesis. - Chisinau, 1987, 163 p.

2. SIRGHII, V. Contributions to insure technological reliability of the agricultural machinery spare parts restored with plastic compositions: PhD thesis. - Chisinau, 2007. 252 p.

3. TAPU, V. Increasing the availability and maintainability of the joints with clearance restored by polymer composites. PhD thesis. - Chisinau, 2011. 132 p.

УДК 631.312.021.3

ВЛИЯНИЕ НАПЛАВКИ ЗАГЛУБЛЯЮЩЕЙ ЧАСТИ ВОССТАНОВЛЕННЫХ ЛЕМЕХОВ НА ИХ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ

Новиков А.А., аспирант
(тел. 8 (920) 849-32-96, e-mail: alexandr-32rus.novikov@yandex.ru)
Михальченкова М.А. магистрант
(тел. 8 (905) 104-53-39, e-mail: mihalekm@ya.ru)
Рыжик В.Н. канд. физ.-мат. наук
(тел. 8 (910) 292-92-22, e-mail: ryzhik@yandex.ru)
(ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет», 243365, Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино, ул. Советская 2а.)

Аннотация. *Показано, что применение износостойкой наплавки заглубляющей части предварительно термоупрочненных долот из стали 65Г отрицательно сказываются на работоспособности и ресурсе плужных цельнометаллических лемехов; такая наплавка не оказывает заметного влияния на прочность сварного соединения «долото - остов лемеха».*

Ключевые слова: *лемех, заглубляющая часть, наплавка, износостойкий сплав, работоспособность, наработка, ресурс.*

Постановка задачи. Из ряда работ [1, 2] известно, что при наплавке заглубляющей части цельнометаллических лемехов в состоянии поставки их ресурс возрастает. Причем это происходит даже в том случае, когда формирование покрытия осуществлялось электродами для сварки углеродистых сталей у которых содержание углерода не превышает 0,1%. В связи с этим определенный интерес представляло выявление влияния наплавки нижней части носка лемехов, восстановленных методом термоупрочненных компенсирующих элементов [3, 4] в различных её вариантах, на работоспособность и величину наработки.

Методика исследования. В качестве объектов исследований использовались отечественные лемеха, реставрированные путем приваривания термоупрочненного долота (HRC52-53) после удаления изношенного [5, 6]. В качестве материала долот использовались рессорно - пружинная сталь65Г. Наплавка производилась с рабочей и тыльной сторон электродами МР-3, Т-620, Т-590 (табл. 1 и 2). Испытания проводились в полевых условиях при вспашке лёгких супесчаных почв.

Таблица 1

Результаты полевых испытаний лемехов с наплавленной заглубляющей частью

Марка электрода	Твердость наплавки, HRC	Наработка до предельного состояния, га *	Причина снятия с эксплуатации
МР - 3	29	9,0 / 9,7	Износ носка более 45 мм
Т - 620	53	7,2 / 8,1	Излом заглубляющей наплавленной части
Т - 590	58	4,0 / 4,0	Излом заглубляющей наплавленной части

** В числителе приведена наработка при наплавке на рабочую поверхность, в знаменателе на тыльную сторону*

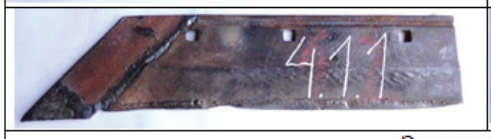
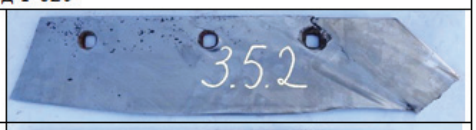
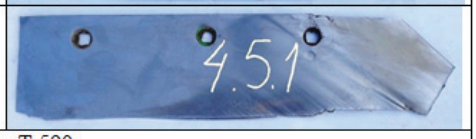
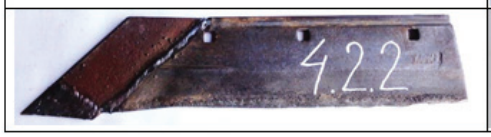
Результаты экспериментальных исследований

Полученные данные позволили установить, что наибольший ресурс среди испытуемых лемехов имеют детали, наплавленные малоуглеродистым электродом (9,0 и 9,7 га), (табл. 1). В то же время, использование термоупрочненной вставки с твердостью 53HRC без дополнительных упрочняющих воздействий (базовый вариант) как установлено исследованиями [5], обеспечивает наработку до предельного состояния в11,7 га.

Снижение ресурса лемехов с долотами, подвергнутыми термообработке и заплавке заглубляющей части электродами МР-3 связано с уменьшением в 1,8 раза твердости (Н) наплавленных поверхностей в сравнении с деталями подвергнутыми наплавке. Столь значительное снижение твердости связано с термическими воздействиями от наплавки, приводящее к процессам отпуска и образованию троостно-сорбитной структуры. Ещё одним фактором, определяющим падение наработки, следует считать выгорание углерода при проведении наплавки и как следствие уменьшение количества твердых фаз. Признаком, определяющим работоспособное состояние для этих лемехов является износ заглубляющей части более 45 мм и образование трапециевидной формы (табл. 2).

Таблица 2

Геометрия лемехов с заплавкой заглубляющей части

Восстановленные	После наработки до отказа
Электрод МР-3	
	
Электрод Т-620	
	
	
Электрод Т-590	
	

Лемеха, где заглубляющая часть имеет покрытие сформированное электродом Т-620, предназначенным для износостойкой наплавки, также не показали положительных результатов в сравнении с базовым вариантом, а их наработка до отказа составила 7,2 и 8,1га (табл. 1). Причиной снятия таких

лемехов с эксплуатации является излом заглубляющей части, подвергнутой наплавке (табл.2).

Аналогичная ситуация имеет место для деталей с наплавкой электродом Т-590 (табл. 5.2). При этом их ресурс не превышает 4 га (табл.1).

Образование трещин и последующее разрушение обусловлены наличием метастабильных структур, содержащих высокий уровень остаточных напряжений первого и второго рода. Причем этот уровень по своему числовому значению должен быть близок к пределу прочности материала долота.

Определенную роль в механике разрушения играют включения карбобаридов, выполняющих функцию концентраторов напряжений. В период проведения пахоты возможно событие, сопряженное с незначительными ударными воздействиями, приводящее к избыточному накоплению деформаций и скачкообразному росту напряжений как следствие разрушению.

Несколько большая наработка до предельного состояния у лемехов наплавленных электродом Т-620 чем Т-590 объясняется меньшей твердостью первых, что обеспечивает некоторое снижение уровня остаточных напряжений.

Приваривание закаленного долота к остову, у ряда оппонентов, вызывает определенные сомнения по прочности получаемого соединения. Многолетние наблюдения за поведением восстановленных лемехов позволили установить, что появление изломов, проходящих по шву, соотносится как 1 к 200-м испытуемым деталям. Т.е. прочность соединения следует считать достаточной для существующих условий эксплуатации. Даже применение наплавки износостойкими сплавами повышенной твердости не приводит к разрушению сварного соединения в период проведения вспашки.

Выводы

1. Установлено, что использование дополнительных мер по увеличению ресурса восстановленных долот применением наплавки заглубляющей части износостойкими электродными материалами к положительным результатам по увеличению работоспособности и наработки до отказа не привело вследствие высокой вероятности их разрушения.

2. Применение наплавки износостойкими сплавами заглубляющей части лемеха не оказывает заметного влияния на прочность сварного соединения «металл долота – металл остова».

Литература

1. Титов Н. В., Коломейченко А. В., Логачев В. Н., Кравченко И. Н., Литовченко Н. Н. Исследование твердости и износостойкости рабочих органов машин, упрочненных вибродуговой наплавкой с применением металлокерамических материалов // Сварочное производство. – 2014. – №9. – С. 33-36.

2. Михальченков А. М., Михальченкова М. А., Орехова Г. В. Изменение механических свойств абразивостойкой системы основной металл – двухслойное покрытие при наплавке порошковой проволокой с учетом времени между нанесением слоев // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2015. – №5. – С. 28-32.

3. Михальченков А. М., Паршикова Л. А., Ковалев А. П. Восстановление лемехом методом приваривания вставок с повышенной прочности и износостойкости // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2010. – №12. – С. 16-18.

4. Михальченков А. М., Тюрева А.А., Стойкость к абразивному изнашиванию штампосварных лемехов, упрочненных наплавкой армированием // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2014. – №1. – С. 21-34.

5. Новиков А. А. Штампосварной плужный лемех с увеличенными равнопрочностью и ремонтопригодностью // Труды ГОСНИТИ. 2016. – Т. 122. – С. 207-212.

6. Михальченков А. М. Варианты и функциональность способов упрочнения плужных лемехов наплавочным и другими методами формирования // Труды инженерно-технологического факультета. Под. Ред. д.т.н Михальченков А. М. – Брянск.: Издательство Брянского ГАУ. – 2015. – С. 96-128.

INFLUENCE OF SURFACING OF RECESSED PART OF THE RECOVERY PLOWSHARES THEIR PERFORMANCE

Novikov A.A., graduate student
(тел. 8 (920) 849-32-96, e-mail: alexandr-32rus.novikov@yandex.ru)
Mihalchenkova M.A. master student
(тел. 8 (905) 104-53-39, e-mail: mihalekm@ya.ru)
Ryzhik V.N., Candidate of Physical and Mathematical Sciences
(тел. 8 (910) 292-92-22, e-mail: ryzhik@yandex.ru)
(FSBEI HE «Bryansk State Agrarian University», Bryansk region., Vygonichsky district, with. Kokino, ul. Soviet 2a.)

Annotation. *It is shown that the use of wear-resistant hardfacing depth member part of the prethermomechanical bits of steel 65G adversely affect the performance and resource-metal plow plowshares; such cladding has no appreciable effect on the strength the weld joint «bit - plowshares frame.»*

Keywords: *ploughshare, depth member part, cladding of, wear-resistant alloy, performance, service life, resource.*

References

1. Titov N. V., Kolomeychenko A. V., Logachev V. N., Kravchenko I. N. Study of hardness and wear resistance of the working bodies of machines, hardfacing vibrodugovoy reinforced with metal-ceramic material // Welding production. – 2014. – №9. – pp. 33-36.

2. Mikhalchenkov A. M., Mikhalchenkova M. A., Orekhova G. V. Changing the mechanical properties of the base metal abrasion system - two-layer coating with the surfacing with flux cored wire, taking into account the time between coats // Repair. Recovery. Modernization. – 2015. – №5. – pp. 28-32.

3. Mikhalchenkov A. M., Parshikova L. A., Kovalev A. P. Recovery ploughshare method welding of inserts with high toughness and wear resistance // Repair. Recovery. Modernization. – 2010. – №12. – pp. 16-18.

4. Mikhalchenkov A. M., Tyureva A. A. Resistance to abrasion stamped plowshares reinforced hardfacing reinforcement // Repair. Recovery. Modernization. – 2014. – №1. – pp. 21-34.

5. Novikov A. A. Stamped ploughshare with increased strength balance and maintainability // Proceedings of GOSNITI. 2016. – T. 122. – pp. 207-212.

6. Mikhalchenkov A. M. Variants and functional the ways hardening plowshares hardfacing and other methods of formation // Proceedings of the Faculty of Engineering and Technology. Under. Ed. dts Mikhalchenkov A. M. – Bryansk .: Publisher Bryansk GAU. – 2015. – pp. 96-128.

УДК 621.822.6.004.67: 668.3: 631.3.02

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ ПОЛИМЕРНЫМИ КОМПОЗИЦИОННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ ПОСЛЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ

Ли Р.И., заведующий кафедрой , д.т.н., профессор
Колесников А.А., инженер
(ФГБОУ ВО ЛГТУ, г. Липецк,
тел. (4742) 32-80-88, e-mail: romanlee@list.ru)

Аннотация. *Рассмотрены условия эффективного диспергирования и дегазации раствора полимерного композиционного материала при ультразвуковой обработке. Приведены результаты сравнительных исследований качества полимерных покрытий, долговечности посадок «корпус-подшипник», выполненных композицией на основе эластомера Ф-40 после ручного механического смешения и ультразвукового диспергирования.*

Ключевые слова: *восстановление, ультразвук, кавитация, диспергирование, полимер, композиция, наполнитель, долговечность.*

Одной из основных причин преждевременного выхода из строя агрегатов автотракторной техники является износ посадочных отверстий подшипниковых узлов в корпусных деталях [1]. По данным ГОСНИТИ, поверхности посадочных отверстий подшипников и стаканы у 80% корпусных деталей требуют восстановления.

Корпусные детали являются наиболее дорогими деталями в конструк-ции машин, составляя до 20% по количеству и до 45% по массе и стоимости, от остальных групп деталей, определяя надежность работы агрегата и машины в целом [2]. Существует множество способов восстановления корпусных деталей, которые чаще всего предусматривают воздействие на них высоких температур, что приводит к нарушению их параметров точности. Кроме того, не обеспечивается требуемая прочность восстановленных соединений в процессе послеремонтной эксплуатации. Данные способы восстановления энерго- и трудоемки, требуют наличия специального оборудования и определенной квалификации персонала.

Использование полимерных материалов позволяет избежать вышеперечисленные недостатки при ремонте машин. Данный метод ремонта исключает необходимость в высокой квалификации работников и в специальном оборудовании, в связи с чем, он является одним из наиболее простых и деше-вых.

На сегодняшний день все более широкое распространение получают полимерные композиционные материалы (ПКМ) на основе дисперсных металли-ческих наполнителей. Введение наполнителей в полимерную матрицу позволяет получить материалы с совершенно новыми эксплуатационными свойствами. Существенную роль в формировании потребительских свойств полимерного композиционного материала играет распределение частиц наполнителя по объему полимерной матрицы.

Среди существующих способов введения наполнителя в полимерную матрицу особого внимания заслуживает ультразвуковое озвучивание. Использование УЗ обработки в отличие от ручного смешения позволяет добиться не только более равномерного распределения частиц наполнителя по всему объему полимерной матрицы, но также предусматривает возможность диспергирования частиц наполнителя, способствует ускорению технологического процесса.

Применение наполненного полимера с высокими показателями качества диспергирования и равномерности распределения частиц дисперсной фазы по всему объему полимера позволит добиться повышения эффективности восстановления посадочных мест подшипников в корпусных деталях автотракторной техники и существенного увеличения ресурса подшипниковых узлов. В работе [3] определены условия эффективного диспергирования раствора ПКМ для восстановления корпусных деталей автотракторной техники: - амплитуда звукового давления при УЗО должна удовлетворять условию

$$2{,}0\times10^{5}\,Па \le P_A \prec 10^{6}\,Па \qquad (1)$$

- максимально допускаемый уровень раствора ПКМ в ультразвуковой ванне условию

$$H_{доп} = \frac{\pi D^4}{16\lambda LB} \qquad (2)$$

В работе [4] получены условия эффективной дегазации раствора ПКМ на основе эластомера Ф-40. Условие эффективного диспергирования (1) актуально и является также условием эффективной дегазации полимерного раствора.

Теоретические исследования показали, что основными параметрами, влияющими на процесс ультразвукового диспергирования раствора ПКМ, являются амплитуда звукового давления и время УЗО. Получена формула для расчета амплитуды звукового давления РА по мощности УЗО

$$P_A = \sqrt{\frac{2W}{S_t}}\sqrt[4]{\frac{\rho}{\beta_{ад}}}\ , \qquad (3)$$

где W – мощность УЗО; S_t – площадь поверхности преобразователя; ρ и – плотность и коэффициент адиабатической сжимаемости раствора.

Из формулы (3) следует, что звуковое давление P_A зависит от интенсивности УЗ обработки (I) и свойств раствора ПКМ ρ и $\beta_{ад}$. Приняв свойства раствора ПКМ на основе эластомера Ф-40 ρ и βад на оптимальном составе постоянными, рассчитали звуковое давление для используемой при озвучивании ультразвуковой установки "GRAD 0,5 HOME STYLE", зависящее от интенсивности УЗ обработки I, т.е. от мощности УЗ обработки W на единицу площади УЗ преобразователя. Меняя мощность УЗО и, соответственно амплитуду звукового давления, добились получения захлопывающихся полостей, высокие значения критерия эрозионной активности, что

позволило добиться эффективного диспергирования наполнителей в растворе полимера.

Затем оценивали дефектность образцов по ГОСТ 9407-84 [5]. Образцами являлись пленки полимерной композиции на основе эластомера Ф-40 без и после ультразвуковой обработки на оптимальном режиме. Качество пленок оценивали по площади разрушенного покрытия, размерам (диаметр пузырь-ков) и количеству пузырьков на единицу площади. Определение количества и измерение размера пор (пузырьков) проводили микроскопом МПБ-2, обеспечивающим 24-х кратное увеличение

Исследованиями установлено, что дефектность полимерных покрытий после УЗО снизилась. В полимерных покрытиях ПКМ, полученных после ручного смешения, площадь разрушенного покрытия составила 4,04%, в покрытиях после УЗО – 2,96% (рис. 1). Показатель дефектности снизился до 1,36 раза. Средний диаметр пор в покрытиях композиции, полученных после ручного смешения, составил 0,2...0,3 мм, а в покрытиях после УЗО – 0,15...0,25 мм. Размер пор уменьшился до 2 раз. В покрытиях ПКМ без УЗО концентрация пузырьков составляет 45, в покрытиях после УЗО – 33 шт/ см2. Концентрация пор в покрытии ПКМ после УЗО снизилась на 36 % (рис. 2).

На заключительном этапе провели эксперимент с целью сравнительного исследования долговечности и определения максимальной допустимой толщины покрытия ПКМ на основе эластомера Ф-40, полученных ручным смешением и УЗО, для восстановления изношенных отверстий под подшипники качения в корпусных деталях. За базу испытаний на долговечность приняли N=5,94x107 циклов нагружения, что соответствует 330 ч работы стенда.

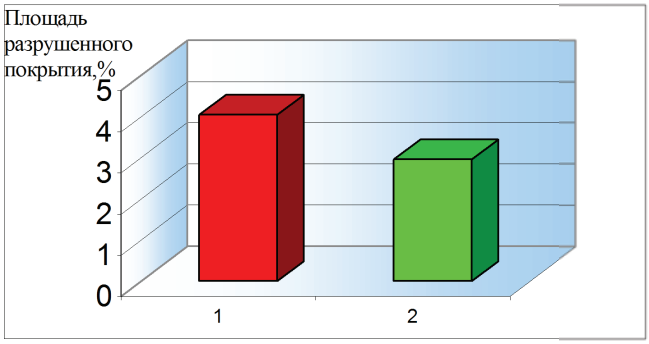


Рис. 1. Площадь разрушенного покрытия в покрытиях композиции эластомера Ф-40: 1 – при ручном смешении; 2 – после УЗО

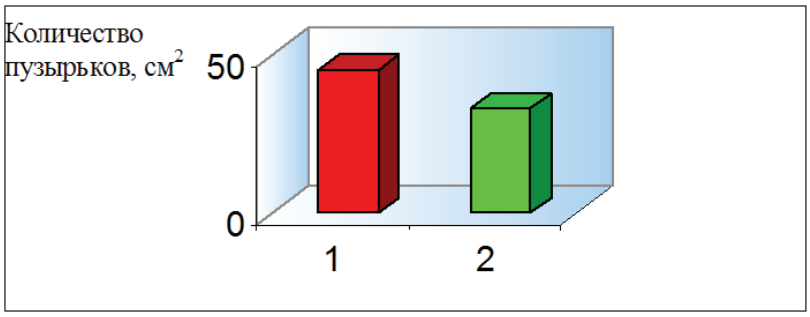


Рис. 2. Количество пузырьков на единицу площади в покрытиях композиции эластомера Ф-40: 1 – при ручном смешении; 2 – после УЗО

Стендовые испытания при циклическом нагружении покрытий ПКМ на основе эластомера Ф-40 показали, что использование УЗО повышает выносливость и соответственно долговечность восстановленных посадок подшипников по сравнению с покрытиями, полученными ручным смешением до 1,45 раза. Максимально допускаемая толщина покрытия ПКМ при восстановлении посадочных отверстий корпусных деталей с использованием УЗ обработки составляет 0,125 мм.

Выводы

1. Ультразвуковая обработка раствора ПКМ на основе эластомера Ф-40 по сравнению с ручным смешением существенно повышает качество полимерных покрытий: размер пор уменьшается до 2 раз, концентрация пор снижается до 30%, площадь разрушенного покрытия уменьшается до 1,36 раза.
2. Посадки подшипников в корпусных деталях, восстановленные ПКМ на основе эластомера Ф-40 после УЗО, имеют более высокий, до 1,45 раза ресурс, по сравнению с аналогичными посадками восстановленными ПКМ, полученными ручным смешением.
3. Композиционным материалом на основе эластомера Ф-40 после УЗО рекомендуется восстанавливать изношенные посадочные отверстия под подшипники в корпусных деталях с диаметральным износом до 0,25 мм.

Список литературы

1. *Черноиванов, В.И. К вопросу восстановления посадочных мест автотракторных корпусных деталей / В.И. Черноиванов // Тр. ГОСНИТИ.- 1976. Т. 49. – С. 45 – 57.*
2. *Ивченко, Д. И. Восстановление корпусных деталей анаэробными полимерными композициями: На примере картеров коробок передач автомобилей семейства ГАЗ: дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.03/ Ивченко Дмитрий Иванович. – М., 2001. – 198 с.*
3. *Ли, Р.И. Выявление оптимальных режимов и условий ультразвукового воздействия для диспергирования растворов полимерных композиционных материалов / Ли Р.И., Колесников А.А. // XVIII Междунар. науч.-практ. конф.: Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства: – Тамбов.: Изд-во Першина Р.В., 2015. – С. 18-21.*
4. *Ли, Р.И Дегазация растворов полимерных композиционных материалов как основополагающий способ повышения качества полимерных покрытий при ультразвуковой / Р.И. Ли, А.А. Колесников // Научно-технический прогресс в АПК проблемы и перспективы: сборник науч. статей по материалам Междунар.науч. - практ. конф. в рамках XVIII Междунар. агропром. выставки «Агроуниверсал-2016», 30 марта – 1 апреля 2016 г., г. Ставрополь: АГРУС Ставропольского государственного аграрного университета, 2016. – С. 321-333.*
5. *ГОСТ 9.407-84. Покрытия лакокрасочные. Метод оценки внешнего вида. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 8 с.*

IMPROVING THE EFFICIENCY OF RECOVERY BODY PARTS OF AUTOMOTIVE VEHICLES POLYMER COMPOSITE MATERIALS AFTER ULTRASONIC TREATMENT

Lee R.I., doctor of the technical sciences, professor;
Kolesnikov A.A., engineer
Lipetsk state technical University, Lipetsk (Russia)

Annotation*: Conditions of effective dispergating and decontamination of solution of polymeric composite material at ultrasonic processing are considered. Results of comparative probes of quality of polymeric coverings, durability of the landings «case bearing» executed by composition on the basis of F-40 elastomer after manual mechanical mixture and ultrasonic dispergating are given. The method of increasing the efficiency of recovery of the fitting holes of the housing parts of agricultural machinery by increasing the quality of coatings made of composite materials, applied after ultrasonic treatment. The results of studies of longevity of the planting of the «case-bearing» made a composition based on elastomer F-40 after a manual mechanical mixing and ultrasonic dispersion.*

Keywords*: rehabilitation, ultrasound, cavitation, dispersion, polymer, composi-tion, filler, durability.*

Bibliography

1. Chernoivanov V. I. To the issue of restoration of seats, car and tractor body parts / Chernoivanov V. I. // Proc. GOSNITI.- 1976. Vol. 49. – P. 45 – 57.

2. Ivchenko, D. I. Recovery of body parts anaerobic polymer compositions: the case of the gear housings of the family vehicles GAS: Diss. kand. tech. Sciences: 05.20.03/ Ivchenko Dmitry Ivanovich. – M., 2001. – 198 p.

3. Lee, R. I. Identification of optimum modes and ultrasonic new conditions for dispersing impact solutions polymer composition-tive materials and / R. I. Lee, A. A. Kolesnikov // XVIII Intern. scientific.-pract. Conf.: Improving the efficiency of resource use in the production of agricultural products – new technologies and a new generation of technology for crops and livestock: – Tambov.: Publishing house Pershin R. V., 2015. – Pp. 18-21.

4. Lee, R. I. And Degassing of solutions of polymeric composite materials as a fundamental way of increasing the quality of polymer-indoor ultrasound / R. I. Lee, A. A. Kolesnikov // Scientific-technical progress in agriculture problems and prospects: collection of scientific. articles on materials of the international.scientific. scient. Conf. in the framework of the XVIII Intern. AG-reprom. the exhibition «Agrouniversal-2016», March 30 – April 1, 2016, Stavropol: AGRUS of Stavropol state agrarian University, 2016. – S. 321-333.

5. GOST 9.407-84. Coating of paint. Method of appearance evaluation. – M.: publishing house of standards, 1984. – 8 S.

УДК: 621.793

УПРАВЛЕНИЕ ФОРМОЙ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ ДВС ПРИ ПЛАЗМЕННОМ НАПЫЛЕНИИ

Кравченко И.Н., доктор технических наук, профессор
(РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева,
kravchenko-in71@yandex.ru, тел: 8-985-994-02-20);
Пузряков А.Ф., доктор технических наук, профессор
(МГТУ им. Н.Э. Баумана, paf22@rambler.ru, тел.: 8-906-745-47-86);
Катаев Ю.В., кандидат технических наук, доцент
(РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева,
ykataev@mail.ru, тел: 8-926-603-51-22);
Чеха Т.А., инженер
(РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева,
zubik280270@mail.ru, тел: 8-916-452-74-70)

Аннотация. *В статье кратко описано управление формой поршневых колец двигателей внутреннего сгорания при плазменном напылении оптимизацией режимов напыления.*

Ключевые слова. *Плазменное напыление, феррооксисное покрытие, поршневой палец, копирное устройство, термоупругие напряжения.*

Плазменное напыление износостойких покрытий поршневых колец двигателей внутреннего сгорания приводит к формированию сложного напряженно-деформированного состояния, влияющего на форму, упругость и соответственно работоспособность колец [1, 2, 3]. Управление этими характеристиками поршневых колец возможно оптимизацией режимов напыления с целью получения минимальных деформаций, вызванных разницей коэффициентов термического расширения (КТР) и температур покрытия и основного металла кольца. В таблице 1 приведены КТР чугунного кольца и некоторых покрытий на основе молибдена, хромомолибденоникелевой композиции и феррооксислов [4, 5].

Таблица 1
Деформационные характеристики покрытий

Характеристики	Чугун	Mo	Cr-Mo-Ni	$Fe\text{-}O_2$
КТР, $\times 10^6$	11	6	13	8
Температура, ºС	100	180	85	135
Деформация Т, $\times 10^4$	11	11	11	11

Как видно из табл. 1, для достижения равных деформаций чугунной основы кольца и покрытия при нагреве чугуна на 100°С молибденовое покрытие в процессе напыления необходимо охлаждать до 180°С, интерметаллидное (CrMoNi) – переохлаждать до 85°С, а феррооксисное покрытие – до 135°С [6]. Однако соблюдение достаточно точных условий напыления, при которых качество и износостойкость покрытий удовлетворительны, а напряжения практически не влияют на форму кольца, технологически затруднительно. Поэтому особый интерес представляет аналитический и экспериментальный учет влияния остаточных напряжений на форму поршневых колец.

Аналитически определить влияние термических напряжений на форму поршневого разрезанного кольца возможно, рассчитав температурный аналог изгибающего момента:

где R, r_1, r_3 – радиус средней линии, внутренний и внешний радиусы кольца; σ_φ – распределение тангенциальных напряжений в кольце.

Из выражения (1) следует, что в зависимости от знака тангенциальных напряжений в поршневом кольце изгибающий момент в замке увеличивает его или уменьшает, соответственно меняя форму и упругость кольца.

В общем случае для поршневого кольца с покрытием переменного сечения расчет напряжений можно проводить из уравнения Стодолы для перемещений:

$$\frac{d^2u}{dr^2}+\left[\frac{1}{r}+\frac{dh_i}{dr}\cdot\frac{1}{n_i}\right]\cdot\frac{du}{dr}-\left[\mu\cdot\frac{dh_i}{dr}\cdot\frac{1}{rh_i}-\frac{1}{r^2}\right]\cdot u=\alpha\cdot\left[\frac{dT}{dr}+\frac{T}{h_i}\cdot\frac{dh_i}{dr}\right] \qquad (2)$$

и уравнения Дюамеля-Неймана для распределения радиальных и тангенциальных напряжений [7]:

$$\begin{aligned}\sigma_r&=\frac{E}{1-\mu^2}\cdot\left[\frac{du}{dr}+\frac{\mu}{r}u\right]-\frac{E\alpha T}{1-\mu};\\ \sigma_\varphi&=\frac{E}{1-\mu^2}\cdot\left[\mu\frac{du}{dr}+\frac{u}{r}\right]-\frac{E\alpha T}{1-\mu}\end{aligned} \qquad (3)$$

Для упрощения решения уравнений (2) и (3) принимаем, что поршневое кольцо и напыленное покрытие имеет прямоугольное сечение. Тогда граничные условия на внешнем и внутреннем радиусах кольца имеют вид

$$\begin{aligned}\sigma_r'\big|_{r=r_1}&=0;\\ \sigma_r''\big|_{r=r_3}&=0\end{aligned} \qquad (4)$$

где σ_r' и σ_r'' – радиальные напряжения в основном металле и покрытии;

r_1, r_3 – внутренний и внешний радиусы кольца.

Граничные условия в зоне сцепления покрытия и основного металла

$$\begin{aligned}u'\big|_{r=r_2}&=u''\big|_{r=r_2};\\ \sigma_r'\big|_{r=r_2}&=\sigma_r''\big|_{r=r_2},\end{aligned} \qquad (5)$$

где r_2 – радиус зоны сцепления.

Совместное решение уравнений (1), (2) и (3) при граничных условиях (4) и (5) дает следующее выражение для температурного аналога изгибающего момента кольца единичной высоты

$$M_\sigma=-kE_1\left(\frac{r_2^2-r_1^2}{r_3^2-r_2^2}\cdot r_3^2\cdot\ln\frac{r_3}{r_2}-r_1^2\ln\frac{r_2}{r_1}\right), \qquad (6)$$

где для колец диаметром более 120 мм и радиальной толщиной менее 5 мм

$$K=E_2h_2\left(\alpha_2T_2-\alpha_1T_1\right)\Big/2\left(E_1h_1+E_2h_2\right).$$

Индексы 1 и 2 при ∞, T и E относятся к основному металлу и покрытию кольца соответственно. Если учесть, что

$$r_2 = r_1 + h_1;$$

$$r_3 = r_1 + h_1 + h_2;$$

$$h = h_1 + h_2$$

тогда толщина основного металла, покрытия и всего кольца, с учетом выражения (6), составит

$$M_\sigma \cong -kE_1 h_1 h. \qquad (7)$$

Учет влияния изгибающего момента на величину замка и форму поршневого кольца может быть проведен по формулам:

$$u_\sigma = \left(\frac{M_\sigma R^2}{EJ}\right)\left[(1-\cos\varphi) + \frac{M_\sigma R}{EJ}(\varphi - \sin\varphi)\sin\varphi\right]; \qquad (8)$$

$$S_\sigma = \frac{2\pi R^2 M_\sigma}{EJ}, \qquad (9)$$

где M_σ, S_σ – перемещения кольца и изменение размера замка под воздействием остаточных напряжений;

EJ – изгибная жесткость кольца.

Для поршневого чугунного кольца диаметром 120 мм (h = 4,5 мм) и высотой 3 мм рассчитано влияние плазменного напыления на величину замка для различных толщин и модулей упругости покрытий, а также при условиях напыления, обеспечивающих различную температуру формирования покрытий и деформацию.

На рис. 1 показало влияние отношений толщины и модуля упругости покрытия и чугунной основы на изменение замка, который в свободном состоянии имел размер 12 мм. Влияние толщин покрытия рассчитывалось для феррооксилов ($E_2 = 128 \cdot 10^3$, $\alpha_2 = 8 \cdot 10^{-6}$), напыленных на кольцо из серого чугуна ($E_1 = 10^4$, $\alpha_1 = 11 \cdot 10^{-6}$) при температурах кольца T_1 = 100°С и покрытия T_2 = 300°С.

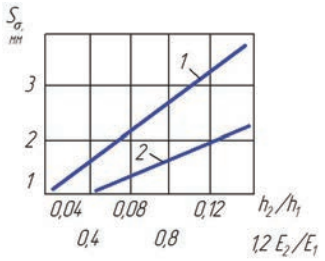


Рис. 1. Влияние толщины и модуля упругости покрытия и основы на изменение замка

Влияние толщины покрытия определялось при реальных значениях напыленного слоя от 0,1 до 0,5 мм для кольца диаметром 120 мм. Расчет модулей

упругости проведен при толщине покрытия 0,3 мм. Как видно, с ростом толщины феррооксисного покрытия в условиях напыления, обеспечивающих высокую адгезию и износостойкость покрытий, замок поршневого кольца увеличивается на I,4-3,5 мм. Для условия напыления феррооксислов на поршневое кольцо увеличение замка на 3,5 мм находится в пределах допуска. Изменение замка в меньшей мере зависит от модуля упругости, даже при напылении очень прочных и упругих покрытий замок увеличивается только на 1,5-2,5 мм.

В более значительной мере сказывается температурное воздействие на величину замка (без учета дискретного накопления деформаций с ростом температуры покрытия в процессе напыления). В зависимости от режимов напыления феррооксисного покрытия при охлаждении поршневого кольца соот¬ношение ΔαT может изменяться в значительных пределах (рис. 2). В зависимости от знака напряжений величина замка изменяется в пределах от 8 до 16 мм. При оптимальном режиме напыления Sσ (ΔαT) не превышает

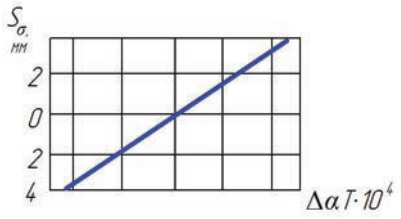


Рис. 2. Изменение размера замка от разности термоупругих деформаций покрытия и основного металла

Учитывать влияние процесса напыления на замок и форму поршневого кольца в процессе его изготовления возможно, внося поправки в копирное устройство для обточки поршневых колец. Для этого необходимо рассчитать радиальные перемещения поршневого кольца под действием термоупругих напряжений. На рис. 3 показаны (кривая 1) перемещения, на которые поршневое кольцо диаметром 120 мм отличается от круга.

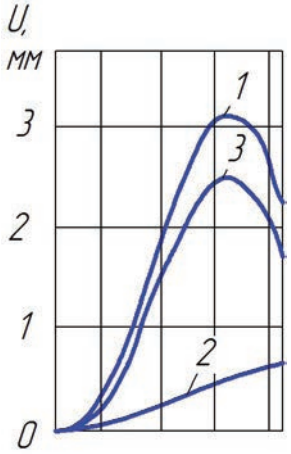


Рис. 3. Перемещение кольца под воздействием равномерных радиальных давлений (1), остаточных напряжений (2) и их разности

Кривая 2 показывает распределение перемещений от термоупругих напряжений в кольце с феррооксисным покрытием (h_2 = 0,3 мм, $\alpha_2 = 8 \cdot 10^{-6}$, $E_2 = 12 \cdot 10^3$, T_1 = 100ºС, T_2 = 300ºС). Для изготовления кольца с учетом этих поправок необходимо скорректировать форму копира. Перемещения, на которые нужно исправить копир, составляют разницу кривых 1 и 2 и показаны кривой 3.

При изготовлении заготовок поршневых колец по копиру с учетом перемещений, определяемых кривой 3, кольца будут иметь равномерную эпюру радиальных давлений.

Аналогично вносятся коррективы и для копирной обточки колец, имеющих неравномерную эпюру радиальных давлений. В общем случае поправки в копирную обточку лучше вносить в декартовых координатах.

Список литературы:

1. Пузряков А.Ф. Теоретические основы технологии плазменного напыления. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. – 360 с.

2. Кравченко И.Н., Пузряков А.Ф. Обеспечение надежности адгезионной связи плазменных покрытий на поршневых кольцах ДВС с учетом их теплового и термонапряженного состояния // Международный научный журнал экспериментального образования. – 2013. – №10 (часть 2). – С. 358-361.

3. Кравченко И.Н., Зубрилина Е.М., Чеха Т.А. Технология нанесения защитных покрытий на поршневые кольца дизельных двигателей // Вестник Донского государственного технического университета. – 2016. – Т. 16. – №3(86). – С. 59-64.

4. Пузряков А.Ф., Кравченко И.Н., Коломейченко А.В., Пузряков А.А. Антифрикционные и феррооксисные покрытия для деталей поршневой группы ДВС // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2015. – №12. – С. 29-32.

5. Кравченко И.Н., Пузряков А.А., Катаев Ю.В., Гречко Д.Г. Применение плазменно-напыленных феррооксислов для поршневых колец автотракторных двигателей // Труды Всероссийского научно-исследовательского технологического института ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка. – 2016. – Том 122. – С. 188-193.

6. Кулик А.Я., Пузряков А.Ф. К вопросу о напылении феррооксислов // Теория и практика газотермического напыления покрытий. – Рига: Зинатне, 1980. – Т. 1. – С. 96-99.

7. Кудинов В.В., Кулик А.Я., Мезерницкий А.П. Плазменное напыление феррооксислов // Физика и химия обработки материалов. – 1980. – №1. – С. 67-71.

CONTROL OF THE SHAPE OF PISTON RINGS ICE BY PLASMA SPRAYING

Kravchenko I.N., doctor of technical sciences, professor
(Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, kravchenko-in71@yandex.ru, Phone: 8-985-994-02-20);
Puzryakov A.F., doctor of technical sciences, professor
(Bauman Moscow State Technical University, paf22@rambler.ru , Phone .: 8-906-745-47-86);
Kataev Yu, Ph.D., Associate Professor
(Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, ykataev@mail.ru, Phone: 8-926-603-51-22);
Cech T.A. Engineer
(Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, zubik280270@mail.ru, Phone: 8-916-452-74-70)

Annotation. *The article briefly describes the control of the shape of piston rings of internal combustion engines with optimized plasma spraying spraying regimes.*

Keywords. *Plasma spraying, coating ferrookisnoe, piston pin, follower, thermoelastic stresses.*

Bibliography:

1. Puzryakov AF Theoretical foundations of plasma spraying technology. - M .: Publishing House of the MSTU. Bauman, 2008. - 360 p.

2. Kravchenko IN, Puzryakov AF Ensuring the reliability of plasma coating the adhesive bond to the internal combustion engine piston rings based on their thermal and thermal stress state // International Journal of Experimental Education. - 2013. - №10 (part 2). - S. 358-361.

3. Kravchenko IN, Zubrilina EM, TA Cech application of protective coatings on the piston rings technology diesel engines // Vestnik Don State Technical University. - 2016. - V. 16. - №3 (86). - S. 59-64.

4. Puzryakov AF, Kravchenko IN, Kolomeychenko AV, AA Puzryakov Anti-friction coatings and ferrookisnye parts piston ICE // Repair. Recovery. Modernization. - 2015. - №12. - S. 29-32.

5. Kravchenko IN, Puzryakov AA Kataev JV, Grechko DG The use of plasma-sprayed ferrookislov piston ring automotive engines // Proceedings of the All-Russian Research Institute of Technology, repair and maintenance of machines and tractors. - 2016 - Volume 122 - S. 188-193.

6. AJ Kulik, Puzryakov AF On the question of spraying ferrookislov // Theory and practice of thermal spray coatings. - Riga: Zinatne, 1980. - T. 1. - P. 96-99.

7. Kudinov VV Kulik AJ, AP Mezernitsky Plasma spraying ferrookislov // Physics and chemistry of materials processing. - 1980. - №1. - S. 67-71.

УДК 620.178.162

О РАБОТЕ ВЫРЕЗНЫХ ДИСКОВ С ТРАНСФОРМИРОВАННОЙ ВНЕШНЕЙ РЕЖУЩЕЙ КРОМКОЙ

Ториков В.Е., д.с/х. н, профессор
Старовойтов С.И., с.н.с
(ФГБОУ ВО «Брянский ГАУ», e-mail:starovoitov.si@mail.ru)

Аннотация. *Установлено, что снижению энергоемкости вырезных дисков способствует трансформация внешней режущей кромки в сторону вогнутой поверхности почворежущего рабочего органа. Уменьшение площади самоочищаемой вогнутой поверхности диска говорит о снижении давления, оказываемоем деформированным почвенным пластом суглинистой почвы. Потеря массы вырезных дисков с углом трансформации внешней режущей кромки 2 и 3 при дисковании 20 га суглинистой почвы меньше в 1,66 раза аналогичного параметра недеформированного вырезного диска. Наименьшему износу на суглинистых почвах подвержена внешняя режущая кромка сегмента вырезного диска с углом трансформации 2*

Ключевые слова: *вырезной диск, внешняя режущая кромка, суглинистая почва, угол трансформации, сегмент*

Краткое введение. Обработка почвы, в частности дисковыми рабочими органами, остается востребованной и энергоемкой операцией в производстве сельскохозяйственных культур. Дисковые рабочие органы классифицируются по сплошности лезвийной части, по форме диска, по типу выреза, по характеру выреза. По сплошности лезвийной части диски подразделяются на рабочие органы, имеющие сплошное или вырезное лезвие. По форме диски бывают плоские, сферические, гофрированные, конические, рифленые, волнистые. По типу выреза вырезные гладкие сферические диски имеют вырез полукруглой или трапецеидальной формы. Характер выреза может быть симметричным или ассиметричным, имея форму логарифмической спирали. Сегмент сферического вырезного диска имеет переднюю, внешнюю, заднюю режущие кромки.

Снижение энергоемкости при работе почворежущих рабочих органов достижимо, если лезвие режущей кромки будет работать в режиме смятия и растяжения почвенного пласта [1].

Энергоемкость при дисковании вырезными дисками будет уменьшена при трансформации внешней режущей кромки сегмента на угол не более 2 в сторону вогнутой поверхности рабочего органа [2]. Снижение энергоемкости приведет также к снижению и изнашивания режущих кромок.

Цель исследований. Проанализировать характер изнашивания вырезного диска и вырезных дисков с трансформированной внешней режущей кромкой в условиях эксплуатации на серых лесных суглинистых почвах.

Материалы и методы исследований. Подготовлено 4 вырезных диска диаметром 560мм. Внешняя режущая кромка трех дисков была трансформирована в сторону вогнутой поверхности почворежущего рабочего органа

на угол 1 , 2 , 3 . Данные рабочие органы установлены на дисковую борону (рис.1) БДУ - 3 «Булат» после их предварительного взвешивания на весах «Мидл» с точностью до 5 грамм.

Исследовалась толщина режущих кромок, диски взвешивались после обработки, анализировался характер залипания вогнутой поверхности сегментов почворежущего рабочего органа. Толщина передней режущей кромки измерялась в точках 0, 1, 2. Толщина внешней режущей кромки - в точках 3, 4, 5, 6, 7, 8 (рис. 2).

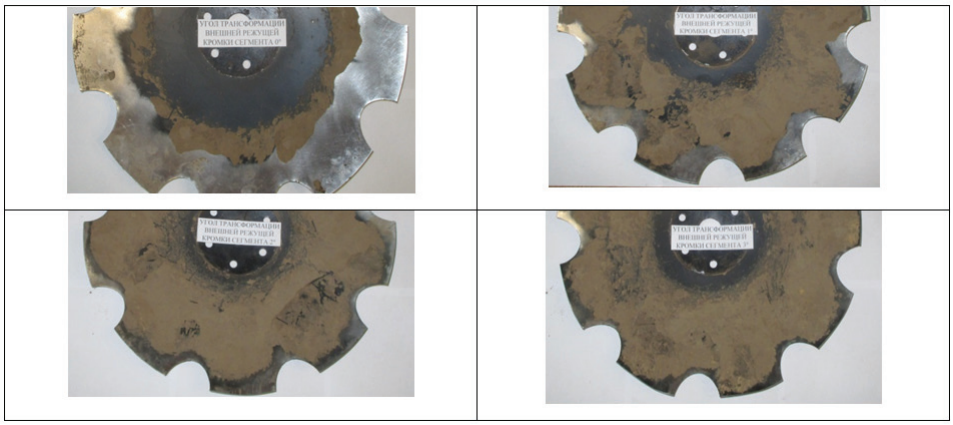
Рис.1. Установка вырезных дисков с трансформированной режущей кромкой

Рис.2. Режущие кромки сегмента вырезного диска

Толщина задней режущей кромки - в точках 9, 10, 0. Замеры осуществлялись электронным штангенциркулем. Угол атаки почворежущих рабочих органов составлял 20 .

Результаты исследований и их обсуждение. Произведена обработка посевной площади в объеме 20 га. В таблице 1 представлены фотографии вогнутой стороны партии испытуемых дисков. Для стандартного вырезного диска однозначно происходит очистка всей вогнутой поверхности сегмента и периферийной области. При использование дисков с углом трансформации внешней режущей кромки 1 , 2 , 3 происходит локализация самоочищемой поверхности с постепенным ее уменьшением у передней и внешней режущей кромки. Уменьшение площади самоочищаемой поверхности говорит о снижении давления, оказываемом деформированным почвенным пластом.

Таблица 1
Характер залипания вогнутой поверхности вырезных дисков



В таблице 2 представлена масса вырезных дисков до обработки почвы и после. Потеря массы вырезного диска и вырезного диска с углом трансформации внешней режущей кромки 1 была одинаковой и составила 50г.

Таблица 2
Масса дисков до и после обработки

Наименование параметра	Диск вырезной	Диск вырезной с углом трансформации внешней режущей кромки 1°	Диск вырезной с углом трансформации внешней режущей кромки 2°	Диск вырезной с углом трансформации внешней режущей кромки 3°
Масса диска до обработки, г	9955	9980	9870	9960
Масса диска после обработки, г	9905	9930	9840	9930

Потеря массы вырезных дисков с углом трансформации внешней режущей кромки 2 и 3 также одинакова и составила 30г, что меньше в 1,66 раза ранее приведенной величины.

Толщина задней режущей кромки в точках 9,10 для всех четырех дисков одинакова. Толщина задней режущей кромки в 0 точке равна толщине передней режущей кромке также в 0 точке. Для всех четырех дисков отмечается увеличение толщины внешней режущей кромки в направлении точки 8. Также для всех четырех дисков отмечается увеличение толщины передней режущей кромки в направлении точки 2. Установлено, что среднее значение толщины внешней режущей кромки испытуемых вырезных дисков находилось в интервале 0,51…0,77 мм (рис.3).

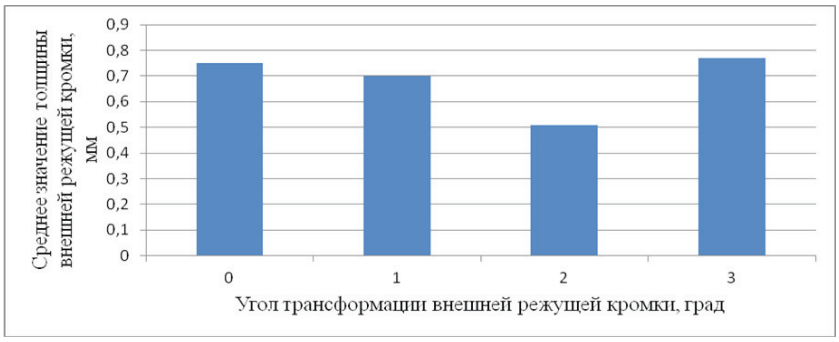


Рис.3. Среднее значение толщины внешней режущей кромки

Минимальное среднее значение толщины 0,51мм характерно для вырезного диска с углом трансформации внешней режущей кромки 2 . В тоже время исследуемый параметр для диска с углом трансформации 1 меньше на 6,67% , а с углом 3 - больше 2,6% аналогичной величины контрольного диска.

Среднее значение толщины передней режущей кромки вырезных дисков представлено на рис.4.

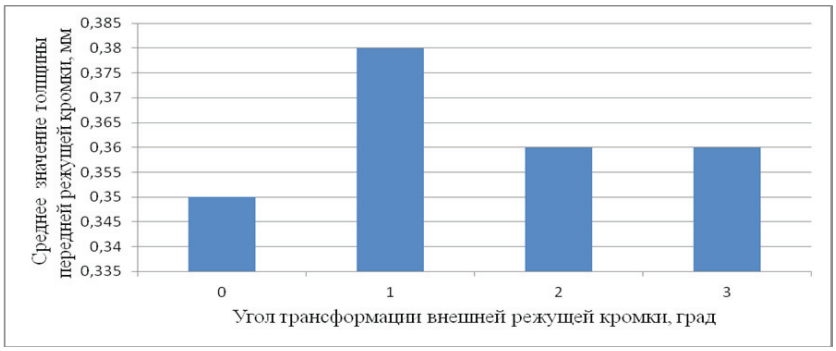


Рис.4. Среднее значение толщины передней режущей кромки

Для вырезных дисков с углом трансформации внешней режущей кромки 1 , 2 , 3 отмечается тенденция увеличения средних значений толщины пе-редней режущей кромки на 8,7%, 2,86%, 2,86% соответственно.

Выводы.

1. Уменьшение площади самоочищаемой вогнутой поверхности диска говорит о снижении давления, оказываемом деформированным почвенным пластом суглинистой почвы;

2. Потеря массы вырезных дисков с углом трансформации внешней режущей кромки 2 и 3 при дисковании 20 га суглинистой почвы меньше в 1,66 раза аналогичного параметра недеформированного вырезного диска;

3. Наименьшему износу на суглинистых почвах подвержена внешняя режущая кромка сегмента вырезного диска с углом трансформации 2

Заключение. При работе на суглинистых почвах трансформация внешней режущей кромки на 2 вырезного диска способствует уменьшению износа лезвийной части и вогнутой поверхности сегмента.

Литература

1. Старовойтов, С.И. Энергетическая и технологическая оценка рабочего органа / Я.П. Лобачевский, С.И. Старовойтов, Н.Н. Чемисов // Сельскохозяйственные машины и технологии, 2015.-№5.-с.10-13.

2.Старовойтов, С.И. Диск вырезной [Текст] / С.И. Старовойтов // Патент на полезную модель №164907; заявл. 14.12.2015; опубл.20.09.2016.-2с.

ABOUT WORK OF CUTTING DISKS WITH THE TRANSFORMED OUTER CUTTING EDGE

V. E. Torikov, doctor agricultural sciences, professor
S. I. Starovoytov, senior research associate
FSBEE HE Bryansk State Agrarian University, e-mail:starovoitov.si@mail.ru
(ФГБОУ ВО «Брянский ГАУ», e-mail:starovoitov.si@mail.ru)

Summary. *It is established that decrease in power consumption of cut disks is promoted by transformation of the external cutting edge towards a concave surface of soil cutting working body. Reduction of the area of the self-cleared concave surface of a disk suggests the pressure decrease, exerted the deformed soil layer of the loamy soil. Loss of mass of cutting disks with the angle of transformation of the outer cutting edge 2 and 3 at a disking of 20 hectares of the loamy soil is 1,66 times less than the similar parameter of not deformed cut disk. The external cutting edge of a segment of a cutting disk with the angle of transformation 2 is subject to the smallest wear on loamy soils*

Keywords: *a cutting disk, the outer cutting edge, the loamy soil, the angle of transformation, a segment*

References:

1. Starovoitov, S. I. Energeticheskaya and technological assessment of working body / Ya.P. Lobachevsky, S. I. Starovoitov, N. N. Chemisov//Farm vehicles and technologies, 2015.-№5. - page 10-13.

2. Starovoitov, S. I. Disk cut [Text] / S. I. Starovoitov//Patent for useful model No. 164907; заявл. 14.12.2015; opubl.20.09.2016. - p 2.