ТРУДЫ ГОСНИТИ

Том 127 2017

Теоретическое и научно-практическое издание «Труды ГОСНИТИ» основано в 1963 году. Учредитель и издатель – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ). Труды зарегистрированы в федеральной службе по надзору и сфере массовых коммуникаций, связи и охраны культурных наследий.

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 ФНАЦ ВИМ.
Соловьев Р.Ю. – к.т.н., заместитель председателя, ведущий научный сотрудник ФНАЦ ВИМ.
Лялякин В.П. – д.т.н., профессор – заместитель председателя, ведущий научный сотрудник 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 31.05.2017 г.
Формат 60x84/8. Объем 25,5 п.л.
Тираж 100 экз., заказ 947.
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

Морозов Н.М., Рассказов А.Н.
Направления развития материально-технической базы животноводства России. . . 8

Неговора А.В., Махиянов У.А.
Устройство для экспресс-анализа качества дизельного топлива. 21

Нигматуллин Ш.Ф., Козеев А.А., Карачурин Б. Ш.
Разработка модуля для испытаний насосов высокого давления топливных систем типа COMMON RAIL 27

Мирзоянц Ю.А., Фириченков В.Е.
Состояние овцеводства и предложения по совершенствованию технических средств при машинной стрижке овец 33

Кравченко И.Н., Корнеев В.М., Катаев Ю.В., Овчинникова М.С.
Методика обоснования структурных э лементов обслуживания мобильного парка сельскохозяйственных машин. 41

Зволинский В.Н.
Выбор состава рабочих органов комбинированного почвообрабатывающего агрегата 47

Голдобина Л.А. Орлов П.С., Морозов В.В., Попова Е.С.
Предупреждение аварий и катастроф на предприятиях АПК 55

Есов В.Б., Климочкин К.О., Смаль Е.Г.
Повышение стойкости жидкостных смазывающе-охлаждающих технологических сред за счет аэрирования охлажденным ионизированным воздухом. 63

© ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, 2017

Казакова В.А., Шинкевич В.А., Филиппова Е.М., Ивлева И.Б., Буренко Л.А.
Соответствие стандартам основных требований безопасности к машинам, прошедшим техническое обслуживание. 67

Калачин С.В.
Математическая модель расчёта дисперсии Расхода топлива двигателя 71

Немцев А.Е., Коротких В.В., Субочев С.В., Деменок И.В.
Техническое переоснащение комбайнового парка АПК Новосибирской области 76

Никулин В.В., Сакович Н. Е., Христофоров Е.Н., Николаев М.Ю.
Анализ дорожной безопасности транспортных средств в Брянской области 81

Петровский Д.И., Петровская Е.А., Посунько И.А.
Применение ингибированных консистентных смазок для защиты резьбовых соединений 86

Тимохин С.В., Спицын И.А., Голубев И.Г.
Тенденции развития технологий и средств обкатки двигателей автотракторной техники. 91

ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РЕЦИКЛИНГА МАШИН 101

Алдошин Н.В.
Стратегии использования вторичного фонда запасных частей 97

Серов А.В., Серов Н.В., Бурак П.И., Латыпов Р.А.
Способ утилизации отходов из углеродистых, легированных и быстрорежущих инструментальных сталей лектроконтактной приваркой. 98

Дронченко В.А.
Использование отходов ремонтного производства в качестве технологических материалов. 111

Кравченко И.Н., Алдошин Н.В., Лесконог Ю.А.
Формирование системы управления процессами Утилизации сельскохозяйственной техники 120

Лылин Н.А.
Расчет параметров предприятий, утилизирующих технику. 133

Федотов А. В., Григорьев В. С., Свитцов А.А., Мазалов Д.Ю., Сороковиков А.И.
Применение мембранных технологий для гидротермальной переработки органосодержащих отходов АПК 141

Федотов А. В., Григорьев В. С., Свитцов А.А., Стрелец А.В., Мазалов Д.Ю.
Сверхкритическая гидротермальная деструкция органосодержащих сточных вод с применением адсорбции 145

ВОССТАНОВЛЕНИЕ И УПРОЧНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ 149

Новиков В.С., Петровский Д.И.
Обеспечение долговечности стрельчатых лап культиваторов 150

Денисов В.А., Задорожний Р.Н.
Оценка эксплуатационной надежности восстановленных деталей
по результатам ускоренных стендовых испытаний 160

Матюшкин Б.А., Денисов В.И., Толкачёв А.А.
Регулируемое изменение процентного содержания элементов
в рабочем слое при восстановлении деталей
электродуговой металлизацией 166

Кравченко И.Н., Закарчевский О.В., Катаев Ю.В., Коломейченко А.А.
Оценка остаточных напряжений и прочности покрытий повышенной
толщины при послойном их формировании 171

Пархоменко Г.Г., Божко И.В., Пантюхов И.В.,
Семенихина Ю.А., Громаков А.В.
Предпосылки к использованию инновационных материалов
на основе пластика в конструкциях почвообрабатывающих
рабочих органов 176

Петровский Д.И., Петрищев Н.А.
К вопросу обеспечения долговечности лемеха плуга 184

Верхотуров А.Д., Иванов В.И., Коневцов Л.А.
Оценка эффективности формирования легированного слоя
при эил карбидами вольфрамсодержащих Твёрдых сплавов 190

CONTENTS

MAINTENANCE. REPAIR 7

Morozov N.M., Stories A.N.
Directions of development the material-technical base livestock russia 8

Negovora A.V., Mahiyanov U.A.
Apparatus for express-analysis of diesel fuel quality 21

Nigmatullin S.F., Kozeev A.A., Karachurin B.
Development of the module for testing high-pressure pumps type
Common Rail fuel systems 27

Mirzoyants Y.A., Firichenkov V.E.
The sheepbreeding condition and the machine sheep shearing
Technical means improvement proposals 33

Kravchenko I.N., Korneev V.M., Kataev Yu.V., Ovchinnikova M.S.
Justification method of the structural elements of service mobile flee
t of agricultural machinery 41

Zvolinskiy V.N.
Choosing the composition of the working bodies of the combined
tillage Machine 47

Goldobina L.A., Orlov P.S., Morozov W.W., Popova E.S.
Warning breakdown and catastrophe in undertaking agricultural
enterprise complex 55

Esov V., Klimochkin K., Smal E.
Increase in the life of liquid lubricating and cooling technological environments
through aeration by cooled ionized air 63

Kazakova V.A., Shinkevich V.A., Filippova E.M., Ivleva I.B., Burenko L.A.
Standards the essential safety requirements of the machine past maintenance 67

Kalachin S.V.
Mathematical model of calculating the dispersion Of fuel consumption engine 71

Nemcev A.E., Korotkih V.V., Subochev S.V., Demenok I.V.
Technical re-equipment of Park of combine APK Novosibirsk region 76

Nikulin V.V., Christopher E.N., Sakovich N.E., Nikolaev M.Y.
Analysis of road safety of vehicles in the Bryansk region 81

Petrovsky D.I., Petrovskaya E.A., Posunko I.A.
The use of inhibited grease for protection of threaded connections 86

Timokhin S.V., Golubev I.G., Spitsyn I.A.
Trends in the development of technologies and means for running
in engines of tractor machinery. 91

TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT FOR THE RECYCLING OF CARS 97

Aldoshin N.
strategy use of secondary fund of spare parts 98

Serov A.V., Serov N.V., Latypov R.A., Burak P.I.
A method of recycling of carbon, alloyed and high-speed tool steels by electrocontact welding 111

Dronchenko V.A.
Justification of technical solutions in the preparation repair production Use repair production waste as technological materials 116

Kravchenko I.N., Aldoshin N.V., Leskonog Yu.A.
Formation of management processes utilization of agricultural machinery 120

Lilin N.A.
Calculation of parameters of the enterprises recycling equipment 133

Fedotov A.V., Grigoriev V.S., Svitcov A.A., Mazalov D.Y.
The use of membrane technology for hydrothermal processing of organic waste agribusiness 141

Fedotov A.V., Grigor'ev V.S., Strelec A.V.
Supercritical hydrothermal degradation of organic wastewater with the use of adsorption 145

RESTORATION AND HARDENING OF DETAILS 149

Novikov V.S., Petrovsky D.I.
Maintaining the durability of cultivator's lancet blade 150

Denisov V.A., Zadorozhny R.N.
Evaluation of operational reliability of reconditioned parts on results of accelerated bench tests 160

Matyushkin BA, Denisov VI, Tolkachev AA
Adjustable change in the percentage of elements in the working layer during the restoration of parts by electric arc metallization 166

Kravchenko I.N., Zakarchevsky O.V., Kataev Yu.V., Kolomeychenko A.A.
Evaluation of residual stresses and the strength of increased thickness of the coating stratified their formation 171

Parkhomenko G.G., Bozhko I.V. Pantyukhov IV, Semenikhina Y.A., Gromakov A.V.
Prerequisites for the use of innovative materials based on plastics in the construction of tillage working bodies 176

Petrovsky D.I., Petrishchev N.A.
On the question of durability Ploughshares 184

Verkhoturov A.D., Ivanov V.I., Konevtsov L.A.
Evaluation of formation doped layer at esd carbides Tungsten solid alloys 190

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 ведущего научного сотрудника 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 631.22.01.001.891

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ ЖИВОТНОВОДСТВА РОССИИ

Морозов Н.М., академик РАН, заведующий отделом,
Рассказов А.Н., кандидат экономических наук,
ведущий научный сотрудник
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский
институт механизации животноводства»,
E-mail: vniimzh@mail.ru

DIRECTIONS OF DEVELOPMENT THE MATERIAL-TECHNICAL BASE LIVESTOCK RUSSIA

N. M. Morozov, academician of RAS, head of Department,
A. N. Stories, candidate of economic Sciences,
leading researcher
FEDERAL state budgetary scientific institution "all-Russian research
Institute of mechanization livestock",
E-mail: vniimzh@mail.ru

Ключевые слова: *животноводство, инновационная техника, вооруженность труда, технология производства, машины и оборудование, затраты ресурсов, экономические показатели, инвестиции, материальная база.*

Keywords*: animal breeding, innovative equipment, equipment of labor, production technology, machinery and equipment, resource costs, economic indicators, investments, material resources.*

Реферат*. В статье показаны роль и влияние инновационной техники – активной части материально-технической базы животноводства – на совершенствование технологий производства продукции, повышение производительности труда, снижение издержек, улучшение условий труда. Недостаточное оснащение объектов инновационной техникой сдерживает темпы применения ресурсосберегающих технологий, повышения конкурентоспособности и качества продукции. Основными причинами недостаточной оснащенности объектов средствами механизации и автоматизации являются: отсутствие в стране специализированного машиностроения, низкий уровень рентабельности продукции, недостаточный уровень дотаций и господдержки на развитие подотраслей животноводства. Из-за низкого уровня технического оснащения ферм недостаточно применяются такие ресурсосберегающие технологии как беспривязное содержание скота, нормированное кормление животных однородными сбалансированными смесями, доение коров в доильных залах и др. В статье изложены направления развития техники для механизации и автоматизации процессов животноводства и показана эффективность их применения. Отмечено, что в сложившейся экономической и финансовой ситуации необходимо не*

менее чем в 2-3 раза увеличить выделение кредитных ресурсов для отрасли, вводить льготные цены на энергоносители и осуществлять социальное обустройство села за счет Госбюджетных средств

***Abstract**. The article shows the role and impact of innovative equipment – the active part of the material and technical base of livestock production is to improve technologies of production, increase productivity, lower costs, and improve working conditions.*

Insufficient equipping with innovative technology constrains the rate of adoption of resource-saving technologies, increase of competitiveness and product quality. The main reasons for inadequate equipment of objects by means of mechanization and automation are: lack of specialized machinery engineering, the low level of profitability of production, insufficient level of subsidies and state support for the development of the subsectors of livestock breeding and raising. Due to the low level of technical equipment of farms, energy saving technologies are not sufficiently applied such as loose housing of cattle, normalized and sorted supply of food for animals with balanced homogeneous mixtures, milking cows with assistance of special equipment, etc. The article mentions some important directions of development of animal breeding and raising machinery's mechanization and automation and the efficiency of such machinery usage is assessed. It is highlighted that in view of current economic and financial situation the volume of credit resources to industry should be made at least 2 or 3 times larger, preferential prices for energy need to be introduced and social infrastructure for rural areas need to be improved at the expense of budgetary funds.

Результаты исследований. В системе факторов и условий, влияющих на эффективность производства продукции, ее качество, производительность и условия труда, обеспечение требований экологии, одно из ведущих мест принадлежит уровню технического оснащения производства, качеству применяемых средств труда. Роль и влияние новой техники на совершенствование способов производства, рост производительности труда глубоко и всесторонне проанализирована учеными России и многих стран Европы и США.

Обобщение теоретических исследований и результатов экономической эф-фективности производства продукции земледелия и животноводства позволяет заключить, что высокоэффективная техника является основой совершенствования технологий, организации производства и труда, необходимым условием сбережения ресурсов, роста производительности труда и улучшения социальных условий работников сельскохозяйственного производства. Поэтому научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию новой техники, а также организация ее массового производства на специализированных машиностроительных предприятиях, создание экономических условий для эффективного применения следует рассматривать в качестве важных приоритетных мер деятельности органов управления государства, направленных на обеспечение национальной безопасности и продовольственной независимости страны. Ликвидация специализированного сельхозмашиностроения, базы ремонта и технического обеспечения машин для подотраслей животноводства, сокращение объемов НИР и ОКР на основе осуществления экономически обоснованных реформ при-вели к катастрофическим последствиям – полной зависимости стра-

ны от импорта техники для производства продукции сельского хозяйства, резкому сокращению объемов производства продовольствия, ликвидации десятков тысяч сельских населенных пунктов, неиспользованию огромных площадей земельных угодий.

В дореформенный период в России была разработана и осуществлялась на плановой основе программа создания и производства необходимой для подотраслей животноводства техники, обеспечивающей переход к производству продукции на индустриальной основе.

Создание предприятий индустриального типа осуществлялось на основе использования достижений биологической наукой, а также в области технологий содержания и кормления животных, в машиностроении, автоматике, электронике. В предприятиях индустриального типа мощностью до 1200 коров по производству молока, до 108,0 тыс. свиней на основе комплексной механизации и автоматизации, ресурсосберегающих технологий обеспечивалась высокая производительность труда, применялись научные принципы организации и управления производством. При этом животноводческие объекты оснащались техникой, созданной отечественными учеными и конструкторами и производимой на отечественных специализированных машиностроительных предприятиях. В стране было организовано специализированное министерство машиностроения для животноводства и кормопроизводства с системой головных конструкторских бюро и специализированных заводов.

Создание и производство техники для механизации процессов на фермах, заготовки кормов осуществлялось в соответствии с системами машин на определенный перспективный период (5-10 лет), монтаж и техническое обслуживание машин в животноводстве осуществляли службы «Союзсельхозтехники». Сложившаяся в советский период и проверенная практикой система технического оснащения в период реформирования АПК (1990-2000 гг.) была необоснованно разрушена, а негативные последствия этого не устранены до настоящего времени и сдерживают развитие животноводства. Страна оказалась в экономической зависимости от импорта техник и продукции животноводства. Помимо этого нанесен огромный урон развитию экономики страны в целом – с ликвидацией и разрушением специализированных ферм ликвидированы и ушли в небытиё десятки тысяч сельских населенных пунктов, выведены из оборота около 40 млн га, посевные площади кормовых культур уменьшены в 2,5 раза, численность населения, занятого в сельском лесном хозяйстве и охоте сократилась на 3,5 млн человек, производство молока в стране снизилось с 55,7 млн. т в 1990 г. до 30,8 млн. т в 2015 г., мяса в живой массе с 15,6 до 12,9 млн. т, поголовье КРС с 57,0 до 19,2 млн. голов, в т.ч. коров с 20,5 до 8,5 млн голов, свиней с 38,3 до 19,5 млн голов [1].

С начала проведения экономических реформ в АПК произошло обвальное снижение поголовья КРС, особенно коров, овец и свиней, и объемов производства продукции, которые до настоящего времени не достигли дореформенного уровня – 1990 года. Принятие и реализация Госпрограмм по развитию аграрного комплекса и программ по производству молока, прожукции птицеводства и свиноводства оказали положительное влияние на увеличение производства прежде всего яиц, мяса птицы, свинины, сокращению зависимости страны от импорта этих видов продукции.

Прирост производства скота и птицы на убой и стабилизация производства молока в сельскохозяйственных организациях оказывает положительное влияние на результаты работы предприятий переработки. По сравнению с 2014 годом выросло производство: мяса и субпродуктов (на 11,1%), мясных полуфабрикатов (на 5,2%), масла сливочного (на 3,3%), сыров и сырных продуктов (на 19,7%), цельномолочной продукции (на 1,1%) [1

В развитии птицеводства, свиноводства и мясного скота последние годы произошли позитивные, качественные изменения по улучшению концентрации и интенсификации и применению ресурсосберегающих технологий. Удельный вес крупных, инновационных предприятий в общем производстве свинины в 2015 г. достиг 74%, а в производстве мяса птицы - более 90 процентов. На начало 2016 года поголовье крупного рогатого скота специализированных мясных пород и помесных животных в сельскохозяйственных организациях, крестьянских (фермерских) хозяйствах, достигло 2602,5 тыс. голов, что на 193,3 тыс. голов, или на 8% больше, чем в 2014 году, а производство на убой в живой массе крупного рогатого скота мясных и помесных пород составило 317,9 тыс. т или возросло на 24,2%.

Улучшились качественные показатели развития животноводства. Продуктивность коров в хозяйствах всех категорий достигли 4021 кг в 2015 году. В то же время производство молока в хозяйствах всех категорий практически сохранилось на уровне предыдущего года. Рост производства произошел только в сельскохозяйственных организациях и в крестьянских (фермерских) хозяйствах на 2,4% и 6,1% соответственно. Однако объемы производства молока в личных подсобных хозяйствах населения сократились на 3,3 процента. В течение ряда лет не обеспечивается прироста производства молока, предусмотренных программами на 2013-2020 гг и продолжаются существенные его объемы импорта составляющие более 8,0 млн.т. Снизился удельный вес животноводства в валовой продукции сельского хозяйства, со-ставившей в 2015 г – 47,7%, против 48,5% в 2014 г.

Начиная с 2010 г. имеет место явно выраженная тенденция снижения удельного веса животноводства в валовой продукции сельского хозяйства с 54,0% до 47,7% в 2015 г. Отмеченное происходит из-за снижения объемов производства молока и говядины в личных хозяйствах населения и сельхозорганизациях, обусловленных низкой эффективностью, ростом цен на потребляемые ресурсы (комбикорма, электрическую энергию, топливо, технику, ее ремонт и обслуживание). Помимо этого экономические условия ведения скотоводства не учитывают технологических особенностей этой подотрасли – длительный период от вложения инвестиций до получения результата, зависимость от климатических условий. Отмеченное, в сочетании с высокой закредитованностью хозяйств и недостаточной государственной поддержке, не позволяют товаропроизводителям в короткие сроки самостоятельно осуществить переход к высокоэффективным инновационным технологиям производства молока и говядины.

Учитывая, что рентабельность молока в последние годы составляет менее 10% [6], наращивать его производство без усиления господдержки не представляется возможным, так как товаропроизводители не будут иметь необходимых собственных инвестиций на развитие подотрасли – строительство новых и модернизацию действующих объектов, техническое переоснащение, производство кормов. [2].

Расчеты показывают, что для обеспечения потребности страны в молоке за счет собственного производства необходимо до 2020 г. повысить продуктивность коров до 4600 кг, и увеличить их поголовье на 1,3-1,5 млн голов. Отмеченное позволит увеличить его производство на 6-7 млн. тонн. Реализация такой программы станет возможной на основе осуществления комплексных мероприятий. Включающих строительство специализированных объектов оптимального уровня концентрации расширение и модернизации действующих ферм с ресурсосберегающими технологиями и инновационной техникой, в стимулирование производства в личных подсобных хозяйствах населения.

История России и мировой опыт свидетельствуют о целесообразности развития подотраслей животноводства товаропроизводителями разных форм соб-ственности. Создание экономических условий для увеличения производства молока в личных подсобных хозяйствах населения и крестьянских (фермерских) хозяйствах будет способствовать ликвидации безработицы на селе, улучшению использования ресурсов, естественных сенокосов и пастбищ.

В Германии производство молока достигло 31 млн. т, продуктивность коров составляет более 7200 кг молока в год. Однако в Западной части страны концентрация скота на фермах составляет около 50 коров. И на таких небольших фермах применяются высокоэффективные технологические комплекты машин, позволяющие рационально использовать ресурсы и получают продукцию высокого качества.

Поэтому в России, необходимо создать и освоить массовое производство высокоэффективной техники, для механизации процессов, при производстве мо-лока в личных подсобных хозяйствах населения, крестьянских (фермерских) хо-зяйствах на объектах, с низкой концентрацией поголовья коров до 10 голов, прежде всего для доения коров и первичной обработки молока, водоснабжения и поения, содержания животных, обеспечение микроклимата.

Учитывая, что большая часть бюджетных средств, выделяемых в последние годы на развитие молочного скотоводства, направляется на развитие крупных предприятий (до 90%), необходимо распределение бюджетных средств осуществлять пропорционально удельному весу производства молока различными товаропроизводителями.

Важную роль в увеличении производства и повышения качества молока, устранения его импорта будет осуществлять масштабная модернизация молочного скотоводства в хозяйствах всех типов.

Основными причинами высоких удельных затрат кормов, энергии, рабочего времени на получение продукции и обслуживание животных, низкой производительности труда и рентабельности производства молока, убыточности говядины являются крайне низкие показатели технической оснащенности ферм, сдерживающие применение ресурсосберегающих технологий. Удельные затраты рабочего времени на 1ц продукции составляют молока – 5-8 чел.ч, привеса свиней 4-7 чел.-ч, привеса скота 13-14 чел-ч, кормов соответственно – 1,1-1,2 ц корм.ед, 7-8 ц и 12-14ц. Потребление энергии (условного топлива) на центнер молока составляет 40-50 кВт.ч, привеса свиней – 150 кВт.ч, что существенно выше показателей стран ЕЭС.

В стране отсутствует целостная национальная техническая политики по

механизации, электрификации и автоматизации сельского хозяйства, в том числе и животноводства, где производится почти 50% валовой продукции сельского хозяйства и от успешного развития, которой зависит уровень продовольственной независимости страны, качество жизни населения, стабильность и территориальная целостность России.

Современное неудовлетворительное финансовое положение сельских това-ропроизводителей, низкий уровень рен¬табельности продукции животноводства не позволяет им осуществлять самостоятельно техническое оснащение и модернизацию ферм, особенно в условиях постоянного роста цен на приобретаемую, главным образом, импортную тех¬нику.

В 2014 г. из 20,7 тыс. сельскохозяйственных организаций 19,6% были убыточными, кредиторская задолженность составила 2193,0 млрд руб.. Из 53,2 тыс. крестьянских (фермерских) хозяйств 84,0% являются рентабельными (рентабельность +13,0%, задолженность – 70,8 млрд руб.) и повысилась к уровню 2013 г. на 93,2 млрд рублей.

В целях разработки и реализации механизма государственной поддержки машиностроения для животноводства с участием ФГБНУ ВНИИМЖ в 2015 г был проведен мониторинг 67 регионов Российской Федерации по вопросам животноводства. Полученная информация позволяет оценить состояние технической оснащенности животноводства, обеспеченности предприятий техникой и оборудованием, а также потребность отрасли в отдельных видах техники. Установлено, что в хозяйствах, занимающихся производством молока, используются доильные установки со сбором молока в переносные ведра (42,2%) и с доением в молокопровод (47,1%). Удельный вес автоматизированных доильных установок и роботизированное доение составляют только 7,3% и 3,4% соответственно (таблица. 1).

Таблица 1

Удельный вес доильных установок в 67 регионах Российской Федерации, %

Наименование оборудования	Всего	Предполагается пробрести за счет собственных средств хозяйств
Доильные установки- в т.ч.:	100,0	7,7
-доение в переносные вёдра;	42,2	1,5
-доение в молокопровод;	47,1	5,1
-доение в залах в автоматизированных -доильных установках	7,3	0,9
Роботизированное доение	3,4	0,2

Анализ финансового состояния сельхозтоваропроизводителей в 67 регионах показало, что за счет собственных источников сельхозорганизации могут приобрести лишь 7,7% требуемого количества установок для доения коров, из них 0,9% автоматизированных, 3,9% установок для уборки навоза, 9,7 измельчителей-смесителей кормов, 7,8% установок для охлаждения молока

Из-за низкого уровня оснащения ферм медленно применяются ресурсосберегающие технологии – беспривязное содержание скота, кормление

однородными сбалансированными смесями, использование культурных пастбищ и др., а производимая продукция по качеству и уровню удельных за-трат ресурсов является не конкурентной.

Анализ показывает, что одной из причин медленных темпов снижения из-держек на производство продукции животноводства является прогрессирующая тенденция старения машин и оборудования, низкие темпы модернизации дей-ствующих ферм и строительства новых объектов. Ежегодное обновление технических средств за последние годы осуществлялось в пределах 2,4-3,9% вместо необходимых 12-15% по нормативам. Степень износа основных фондов сельского хозяйства остается очень высокой – 42,1-48,7% против 21,0% в 1990 году.

В России из-за развала специализированного сельхозмашиностроения для животноводства и кормопроизводства снизился уровень комплексной механиза-ции ферм крупного рогатого скота с 68% в 1990 г. до 45%, молочных ферм с 83 до 55%, свиноводческих ферм с 76 до 62%, применяются устаревшие высокозатратные технологии и низкая производительность труда. Удельных вес беспривязного содержа¬ния скота в сельхозорганизациях в течение многих лет остается на низком уровне – не более 5-8%, доения коров в доильных залах не более 17-18%, кормления скота однород¬ными сбалансированными смесями менее 10% и свиней сбалансированными комбикормами – 12-15%. В крайне недостаточных масштабах используется пастбищное содержание скота, культурные пастбища, естественные луга и пастбища.

Более 90% рынка техники для животноводства и кормопроизводства формируется за счет поставок иностранными фирмами. В пределах нормативного периода используется не более 20% парка машин, что приводит к росту затрат на поддержание их в работоспособном состоянии, достигающих 6-7% в структуре себестоимости продукции.

Несмотря на увеличение бюджетного финансирования сельскохозяйственного машиностроения в последние годы производство отечественной техники для кормопроизводства и животноводства не имеет существенных положительных сдвигов.

Рынок сельскохозяйственной техники в 2015 г существенно сократился несмотря на господдержку на 5 млрд рублей.

Так рынок кормоуборочных комбайнов составил 446 шт. (на 7,9% меньше, чем за 2014 г. – 484 шт.), а в структуре рынка новых кормоуборочных комбайнов российские модели составляют всего 231 шт. (51,8%);

- белорусские модели (сборка в РФ) составляют 176 шт. (на 1,1% меньше, чем за аналогичный период 2014 г. – 178 шт.).

По данным Минпромторга России на предприятиях России в январе-декабре 2015 г. изготовлены 617 кормоуборочных комбайнов, что на 16,9% больше, чем за аналогичный период 2014 г. – 528 шт., из них:

Производство отдельных видов сельскохозяйственной техники в январе-декабре 2015 года характеризуется следующими показателями:

- косилки тракторные – 4480 шт. (на 14,5% больше, чем за аналогичный период 2014 г. – 3910 шт.);
- пресс-подборщики – 2360 шт. (на 30,7% больше, чем за аналогичный период 2014 г. – 1800 шт.);
- машины дождевальные и поливальные – 190 шт. (на 55,0% меньше, чем

за аналогичный период 2014 г. – 420 шт.);

- установки доильные – 4800 скотомест (на 4,2% больше, чем за аналогичный период 2014 г. – 4610 шт.).

В 2016 году предусмотрено выделить на господдержку сельскохозяйственного машиностроения 10 млрд руб., что позволит сельским труженикам приобрести более 20 тыс. единиц сельскохозяйственной техники.

По дан¬ным ФГБНУ ФНАЦ ВИМ на поддержание техники в работоспособном состоянии затрачивается более 60,0 млрд руб. в год и более 30,0 млрд руб. на приобре¬тение запасных частей. Из-за низкой надежности и слабой ремонтно¬-обслуживающей базы сельское хозяйство недополучает продукции на 250-300 млрд руб. в год.

Одним из важнейших факторов повышения эффективности производства на предприятиях является обеспеченность их основными фондами в необходимом количестве и ассортименте и более полное их использование, так как они занимают большой удельный вес в долгосрочных активах предприятий.

Выполненные под руководством члена-корреспондента РАН Цоя Ю.А (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ) исследования и практические работы по технологическому и техническому переоснащению молочных ферм в Ярославской области позволили получить обоснованные результаты по потребным инвестициям на осуществление этих мероприятий, которые могут быть использованы при определении потребности в кредитных ресурсах как в региональных программах, так и на федеральном уровне [2].

По нашим данным, при строительстве ферм на новом месте более 35% об-щих инвестиций требуется на создание общефермской инфраструктуры (инженерные сети, подготовка рельефа), 15% - машины и оборудование 50% - производственные здания (включая хранилища кормов и навоза).

Приведенные материалы подтверждают общую тенденцию о преимущественном проведении модернизации действующих ферм, включая и достройку недостающих объектов на существующих территориях по сравнению со строи-тельством на новых площадках.

За последние годы в крайне ограниченных объемах осуществлялось строительство новых объектов в животноводстве. За 2010-2014 гг. ежегодно вводилось помещений для крупного рогатого скота всего на 93,0-110,0 тыс. скотомест, в т.ч. в 2014 г. – 104,1 тыс., что достаточно для одного процента поголовья скота, имеющегося у сельхозорганизаций. В последние годы снижа-ются объемы ввода новых помещений для крупного рогатого скота, с 114,7 тыс. в 2012 г. до 104,1тыс. в 2014 г. скотомест, выращивания мясной птицы, хранения сена – с 11,5 до 4,8 тыс. т.

На вновь вводимых объектах по производству молока создавалось ежегодно в 2009-2015 годах от 38,0 до 50,6 тыс. скотомест, а всего за 6 лет – 272,66 тыс. скотомест и на реконструированных – 153,0 тыс. скотомест. Однако созданные объекты в молочном скотоводстве являются лишь отдельными островками, которые не решают общей проблемы кардинального увеличения производства молока.

В то же время, как показывает анализ, в аграрном секторе экономики в послереформенный период произошло не только снижение уровня оснащения производства основными фондами, но и старение активной их части, замедление темпов обновления рабочих машин на принципиально новые.

В настоящее время в хозяйствах РФ эксплуатируется более 26,0 тыс. до-

ильных установок, 24 тыс. емкостей для охлаждения молока, 24 тыс. кормораздатчиков. Доение коров на животноводческих фермах продолжает осуществляться преимущественно в стойлах коровников со сбором молока в переносные ведра (более 45%) и в молокопровод - 42-45% и 8-10% в залах. При доении в залах оснащенных автоматизированными установками для подготовки вымени, контроля режимов доения не только снижаются издержки и особенно затраты труда, но и повышается качество молока.

При кормлении скота используются морально устаревшие раздатчики типа КТУ, РММ, осуществляющие раздельную выдачу отдельных компонентов рациона. Удельный вес раздатчиков-смесителей в общем парке мобильных раздатчиков не превышает 45-50%. В структуре парка машин удельный вес техники со сроком службы более 5 лет превышает 70%. Удаление навоза из животноводческих помещений при привязном содержании животных осуществляют недостаточно надежными скребковыми и скреперными транспортерами, срок службы которых не превышает 3-4 года. При этом чистка стойл и расстил подстилки выполняются вручную.

Только 13-15% хозяйств оснащены установками для транспортирования навоза в хранилища и его переработки в органические удобрения.

Одной из причин снижения производительности труда в животноводстве, медленных темпов применения ресурсосберегающих технологий является резкое уменьшение объемов потребления электрической энергии, снижения надежности и качества электроснабжения. Если в 1990 г. в животноводстве потреблялось 38,0 млрд кВт·ч электроэнергии, то к 2007 г. оно снизилось до 11,8 млрд кВт·ч (более чем в 3 раза) и в последние годы сохраняется на этом уровне (11,5-11,8 млрд кВт·ч), отпускной тариф при этом вырос до 3,5-5,0 руб. за кВт·ч, при снижении надежности электроснабжения. Число и продолжительность отключений объектов возросли по данным ФГБНУ ФНАЦ ВИМ на 40%. Около 30% воздушных линий (600 тыс. км) и трансформаторных подстанций используются сверх амортизационного периода. За счет отмеченного возрастают потери и порча продукции, гибель животных и птицы. Удельный вес энергоносителей в структуре издержек на производство продукции животноводства возрос в сравнении с дореформенным уровнем в 3-4 раза, главным образом из-за повышения тарифов и розничных цен и со-ставляет 8,4-9,2%. Для обеспечения надежного энергосбережения необходимо укомплектовать объекты резервными дизельными электростанциями, потребность которых превышает 5,0 тыс.

В настоящее время в сельскохозяйственных организациях по данным переписи действуют более 16,0 млн скотомест для содержания крупного рогатого скота и личных хо¬зяйствах более - 1,1 млн и фермерских - 0,17 млн скотомест. Значительная часть этих помещений подлежит модернизации для приме¬нения в них современных средств механизации и автоматизации технологических процессов.

За 2008-2014 годы было введено, вновь реконструировано и модернизировано 1786 объектов по производству молока, которые позволили увеличить производство молока на 162,1 тыс. т. Однако из-за низкого оснащения ферм инновационной техникой удельный вес применения ресурсосберегающих технологий производства молока составляет всего 0,52%.

Выполненные в ФГБНУ ВНИИМЖ расчеты показывают, что применение средств комплексной механизации и ресурсосберегающих технологий,

предусмотренных стратегией развития техники на период до 2030 г и системой технологий и машин, в сочетании с доведением до оптимального уровня других факторов, а также создание благоприятных экономических условий ведения производства, позволят осуществлять производство высококачественной продукции с удельными затратами рабочего времени на 1 ц молока - 1,0-1,5 чел.-ч, прироста скота 5,0-6,0 чел.-ч и прироста свиней 2,5-3,5 чел.-ч, электроэнергии на производство молока 50-55 кВт·ч, прироста скота 150-200 кВт·ч и прироста свиней 140 – 160 кВт·ч на 1 ц продукции, жидкого топлива соответственно 2,6-5,2 кг, 13,9-14,3 и 135-145 кг, рентабельность производства не ниже 25-30 процентов [3].

Таблица 2

Основные экономические показатели производства продукции животноводства

Показатели	Современное состояние			При реализации перспективных направлений развития техники и технологий					
				2020 г.			2030 г.		
	молоко	прирост скота	прирост свиней	молоко	прирост скота	прирост свиней	молоко	прирост скота	прирост свиней
Затраты на производство 1ц продукции: - труда, чел.-ч - кормов, ц корм. ед.	4,1 1,20	27,0 14,4	7,0 4,2	1,5 0,9-1,1	6,5 6,5-7,0	2,5-3,5 3,5	1,0-1,5 0,8-0,9	5,0-6,6 5-6	2,0-3,5 2,5-3,0
Затраты энергоресурсов на 1 ц продукции, кг условного топлива	29,03	71,47	209,41	13,69	47,55	179,18	10,54	44,39	162,22
В том числе: - электроэнергии, кВт·ч - жидкого топлива, кг	48,0 18,0	85,0 42,5	150 120	50 5,2	218 14,3	160 110	55 2,6	197 13,9	140 100
Продуктивность животных: - надой молока от коровы за год, ц - среднесуточный прирост, г - средняя живая масса животных, реализуемых на мясо, кг/гол.	43 - -	- 514 365	- 410 105	48 - -	- 864 500	- 600 112	65 - -	- 900 550	- 750 115
Производство продукции на 1 работника, т	46,8	5,92	25,6	127,8	29,8	63,8	191,9	38,5	76,9
Количество животных обслуживаемых одним работником, гол.	12,4	32	195,8	26,8	94	261,7	29,6	117	280,9

Указанные величины снижения издержек и затрат ресурсов на производство продукции животноводства за счет совершенствования технологий содержания и кормления, применения инновационной техники, станут реально достижимыми при условии кардинального увеличения инвестиций в 2-3 раза, превышающих размеры предусмотренные в Госпрограмме на 2013-2020 гг на техническое переоснащение, модернизацию и строительство новых объектов.

Повышение эффективности производства молока должно обеспечиваться на основе реализации следующих прогрессивных инновационных и ресурсосберегающих направлений в механизации, автоматизации и технологиях содержания и кормления животных.

1. При производстве молока:

- увеличения удельного веса беспривязного содержания скота в сельхозорганизациях с 3-5 до 55-60 процентов;

- увеличения до 80% удельного веса доения коров, в том числе и при привязном содержании в доильных залах со станками «Елочка», «Параллель», «Карусель», доильными машинами с автоматическим регулированием вы-

полнения операций с учетом физиологических особенностей и характеристик каждого животного, развития поточных принципов доения в автоматизированных залах с индивидуальным обслуживанием животных.

2. Применения многофункциональных видов мобильной техники - фронтальных погрузчиков-измельчителей кормов, раздатчиков-смесителей кормов, позволяющих приготавливать однородные сбалансированные кормосмеси, выдавать их в кормовые столы (кормушки) в помещениях и на выгульных дворах.

3. При производстве говядины:

- создание новых крупных специализированных предприятий и ферм по доращиванию и откорму скота молочных и комбинированных пород, а также объектов мясного скота по технологии «корова-теленок»;

- совершенствования технологий воспроизводства, доращивания и откорма скота на базе создания и применения новых видов инновационной техники для механизации и автоматизации выполнения процессов;

- коренного улучшения естественных пастбищ, создания культурных паст-бищ.

4. При производстве свинины:

- сокращение удельных затрат ресурсов и издержек в свиноводстве будет обеспечиваться на основе:

- применения технических средств, позволяющих реализовать технологию кормления свиней «вволю», при которой обеспечивается максимальная продук-тивность животных и наиболее эффективное использование кормовых ресурсов;

- технологии индивидуального нормированного кормления свиноматок при групповом их содержании на основе автоматизированных кормовых станций. При этой системе осуществляется идентификация свиней, расчет суточного рациона с последующей порционной выдачей корма индивидуально каждому животному, позволяющих сократить на 10-15% расход кормов и на 6-10% - выбраковку животных;

- создания и серийного производства принципиально новых типов станков для содержания различных половозрастных групп животных, оснащенных системами автоматических машин и оборудования для выдачи кормов, поения и облучения, чистки станков, оптимизации параметров микроклимата, контроля и управления технологическими процессами, подготовку сбалансированных кормовых смесей;

- управления режимами осуществления технологических процессов на основе автоматизации и компьютеризации, позволяющих обеспечить средне-суточный прирост на откорме более 700 г.

При этом в свиноводстве первостепенное значение на рост эффективности производства будет оказывать продуктивность и качество получаемой продукции, режимы и типы кормления, условия содержания животных, уровень ветеринарного обслуживания и состояние менеджмента:

5. Применения автоматизированных систем уборки навоза из помещений и ресурсосберегающих технологий подготовки высококачественных органических удобрений.

6. Создания автоматических комплектов машин и оборудования для приготовления комбикормов в хозяйствах на основе использования энергосберегающих технологий.

7. Модернизация животноводства в современных условиях является важнейшим направлением технического прогресса, обеспечивающим рост производства, повышение его эффективности и улучшение качества продукции животноводства. В 2015 году активно заработал механизм модернизации сельского хозяйства. За счет средств на покупку сельхозтехники по льготным ценам (5,2 млрд. руб.) удалось увеличить количества приобретенной техники в 1,4 раза (на 10 тыс. единиц). Модернизация животноводства должна осуществляться комплексно, включая все элементы технологии – кормовую базу, реконструкцию зданий и сооружений, строительство новых объектов, замену устаревших и малоэффективных комплексов машин на ресурсосберегающие высокопроизводительные, совершенствование организации и оплаты труда, укомплектование объектов кадрами, высо-копродуктивными животными, благоустройство территорий, обеспечение надежного энергообеспечения.

Для ее осуществления необходимо разработать и издать экспериментальные и типовые проекты для модернизации объектов животноводства по производству молока, говядины, свинины, продукции овцеводства.

Одним из важных условий для достижения экономических показателей эффективности производства продукции животноводства, являются развитие научных исследований по созданию новой техники, проектов ферм, ресурсосберегающих технологий, организации труда и управлению, организация серийного производства необходимой техники на предприятиях России для механизации и автоматизации процессов животноводства.

Литература

1. Данные Федеральной службы государственной статистики. Сайт Службы www.gks.ru.

2. Данные Минсельхоза России. Сайт Министерства www.mcx.ru.

3. Данные Минпромторга России. Сайт Министерства www. minpromtorg.gov.ru

4. Стратегия развития механизации и автоматизации животноводства на период до 2030 года. – М: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. – 152 с.

5. http://www.nedug.ru/news.

6. Брифинг Александра Ткачёва о ходе и результатах реализации в 2015 году государственной программы развития сельского хозяйства. Пресс-служба правительства РФ, 28.04.2016. Сайт Министерства www.mcx.ru.

7. Агропромышленный комплекс России в 2014 году. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. М.: 2015. 704с.

8. Кормановский Л.П., Цой Ю.А., Зеленцова А.И. и др. Технологическое и техническое переоснащение молочных ферм. М.: Росинформагротех. 2014. 16,75 п.л.

9. Стратегия развития механизации и автоматизации животноводства на период до 2030 года. М.: Росинформагротех. 2015. - 152 с.

10. Соловьев Р.Ю., Лялякин В.П., Фрибус В.К., Силина М.И., Костомахин М.Н. Типовой проект построения эффективности системы менеджмента качества в соответствии со стандартами ИСО 9000 для предприятий технического сервиса АПК// Информагротех, - Москва, - 2009. Сер.Том

References:

1. Data of the Federal State Statistics Service. Website of the Service www.gks.ru.

2. Data of the Ministry of Agriculture of Russia. Ministry website www.mcx.ru.

3. Data of the Ministry of Industry and Trade of Russia. Ministry website www. Minpromtorg.gov.ru

4. Strategy for the development of mechanization and automation of livestock production for the period until 2030. - M: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2015. - 152 p.

5. http://www.nedug.ru/news.

6. Briefing by Alexander Tkachev on the progress and results of the implementation in 2015 of the state program for the development of agriculture. Press Service of the Government of the Russian Federation, 28.04.2016. Ministry website www.mcx.ru.

7. Agro-industrial complex of Russia in 2014. Ministry of Agriculture of the Russian Federation. M .: 2015. 704s.

8. Kormansky LP, Tsoi Yu.A., Zelentsova AI Technological and technical re-equipment of dairy farms. Moscow: Rosinformagrotech. 2014. 16.75 bp.

9. Strategy for the development of mechanization and automation of livestock production for the period until 2030. Moscow: Rosinformagrotech. 2015. - 152 p.

10. Solovyev R.Yu., Lialiakin V.P., Fribus V.K., Silina M.I., Kostomakhin M.H. Model project for the organisation of an effective quality management system in accordance with ISO 9000 standards for technical servicing enterprises in the AIC // Informagrotekh, Moscow, 2009. Ser. Vol.

УДК 62.791

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗА КАЧЕСТВА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Неговора А.В., д.т.н., профессор,
Махиянов У.А., к.т.н., ст.преподаватель
ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет»,
г.Уфа, (347) 228-07-19, bgau@ufanet.ru, mahiyanov_ural@mail.ru

APPARATUS FOR EXPRESS-ANALYSIS OF DIESEL FUEL QUALITY

A.V. Negovora,
bgau@ufanet.ru
U.A. Mahiyanov,
mahiyanov_ural@mail.ru

Ключевые слова: *качество топлива; дизельное топливо; устройство для оценки показателей качества топлива.*

Keywords*: the quality of the fuel; diesel fuel; a device for evaluating performance of fuel quality.*

Реферат*. Разработка нового устройства для экспресс-оценки качества дизельного топлива. Обязательные требования к дизельному топливу устанавливаются техническим регламентом «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту». Качество топлива подтверждается паспортом производителя, в котором приводятся 11 показателей, а при его передаче в продажу контролируются только 7 показателей. Проведенный анализ отказов дизельного двигателя позволил выявить, что основными видами поломок в топливной аппаратуре являются износ или задиры прецизионных поверхностей сопряженных деталей. Основными причинами выхода прецизионных деталей из строя являются недостаточная смазка трущихся поверхностей из-за ухудшенных смазывающих качеств топлива. Для обеспечения надежной работы техники необходим постоянный мониторинг показателей качества топлива. Для решения этих проблем разработано компактное устройство, которое устанавливаться непосредственно в систему питания двигателя транспортного средства. Был выбран прототип устройства, указаны его недостатки и пути их преодоления. Разработанное устройство определяет содержание воды, температуры и вязкости топлива и смазывающих качеств топлива. Для решения смазывающих свойств топлива разработан датчик, который определяется в зависимости от размеров пятна износа на металлическом шарике, при трении о неподвижную металлическую пластину. Приведено описание устройства датчика и принцип его работы по определению смазывающих качеств топлива.*

Abstract*: The development of a new equipment to express-analyse the quality of diesel fuel. The compulsory regulations for technical and chemical quality*

are set by the technical normative "About the quality of car and aviation petrol, diesel and ship fuel, fuel for jet engines and fuel oil". The quality of fuel must be confirmed by manufacturer's passport where 11 indicators are brought down, while only 7 indicators are controlled at the time of fuel's transfer to retail sellers. The perfomed analysis of diesel fuel failures helped to find out that the major cause of breakdowns in the fuel system are wearout or scoring of precision surfaces of mating parts. In turn, the major cause of wearout of precision details is insufficient lubrication of frictioning surfaces because of diminished lubricative qualities of fuel. To ensure the relaible work of machinery, constant monitoring of fuel quality is necessary. To solve these problems, a miniature apparatus was developed which is installed directly into the fuel system of machine. A prototype was chosen and its main disadvantages and ways to overcome them were described. The developed device may determine the content of water, temperature, oiliness and lubricative qualities of fuel . To determine specifically the lubricative qualities of fuel an indicator has been devloped which defines the parameter on the basis of wear out of a testing metal ball while frictioning along a special stationary metal plate. The description of indicator and the principle of its work are showed.

Цель исследования. Разработка нового устройства для экспресс-оценки качества дизельного топлива в режиме реального времени.

Эффективность работы машинно-тракторного парка в АПК во многом определяется коэффициентом готовности техники к выполнению агротехнических и транспортных работ [1]. Развитие современного двигателестроения и ужесточение экологического законодательства приводят к изменению требований к качеству применяемого топлива.

Обязательные требования к дизельному топливу устанавливаются техническим регламентом «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту» [3]. Так, с 01.01.2016 разрешено выпускать в оборот только дизельное топливо удовлетворяющее нормам Евро-5. Качество топлива подтверждается паспортом производителя, а государственный контроль осуществляется Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии. Согласно инструкции по контролю и обеспечению сохранения качества нефтепродуктов в организациях нефтепродуктообеспечения [7] количество измеряемых параметров дизельного топлива определяется объемом проводимого анализа.

Качество дизельного топлива, поступающего на автозаправочные станции общего пользования, может ухудшаться как во время длительного периода хранения и транспортировки, так и вследствие умышленного воздействия. Ситуация осложняется тем, что при производстве топлива контролируются 11 показателей, а при его транспортировке и передаче в продажу – только 7.

Качество топлива напрямую влияет на техническое состояние топливной аппаратуры и зачастую определяет выход из строя дизельного двигателя в целом. Проведенный анализ позволил выявить, что основными видами поломок в топливной аппаратуре являются износ или задиры прецизионных поверхностей сопряженных деталей. В частности, анализ отказов малогабаритных форсунок выявил, что наиболее характерны отказы II группы сложности, устраняемые ремонтом или заменой легкодоступ¬ных деталей. Такие отказы в основном обуслов¬лены потерей работоспо¬собности пре-

цизионного элемента – распылителя, соответственно 47,2% от общего количества отказов (рисунок 1). Частая поломка распылителей малогабаритных форсунок происходит из-за потери подвижности иглы распылителя, закоксовывания распыливающих отверстий, низкой гидроплотности направляющей части распылителя, утечек через запорный конус.

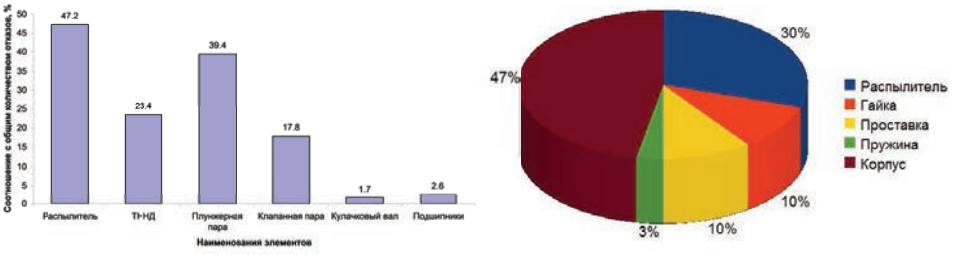


Рисунок 1 Доля вышедших из строя деталей в общем количестве отказов топливной аппаратуры и соотношение стоимости элементов малогабаритной форсунки.

Соотношение стоимости конструктивных элементов малогабаритных форсунок приведено на рисунке 1. Видно, что цена прецизионных деталей составляет большую часть стоимости форсунок и доходит до 50%.

Основными причинами выхода прецизионных деталей из строя являются недостаточная смазка трущихся поверхностей из-за ухудшенных смазывающих качеств топлива, содержания воды, либо завоздушивания топлива вследствие несоответствия коэффициента фильтруемости установленным требованиям. Также ускоренное изнашивание прецизионных деталей наблюдается при повышенном содержании в топливе посторонних примесей. Процессы очистки топлива от воды и механических частиц достаточно хорошо изучены и разработано множество эффективных устройств для контроля этих параметров в эксплуатации. Но с развитием топливоподающих систем типа Common Rail, где смазка всех трущихся деталей обеспечивается прокачиваемым топливом, остро встает вопрос контроля именно смазывающих свойств топлива.

Исходя из изложенного, можно утверждать, что для обеспечения надежной работы техники необходим постоянный мониторинг показателей качества топлива в реальном времени, в том числе по показателям качества смазки.

Методика. Обзор существующих средств измерения показал, что в настоящее время для анализа качества топлива используется большое количество специальных стационарных и переносных устройств: октанометры, различные анализаторы, приборы для определения фракционного состава и т.д. Недостатком данных приборов является узкая специализация (для каждого показателя используется отдельный прибор) и ограниченная мобильность, не позволяющая анализировать качество топлива в реальном времени, непосредственно после заправки и в процессе эксплуатации автотракторной техники.

Для решения этих проблем предлагается разработать компактное устройство, которое может устанавливаться непосредственно в систему питания

двигателя транспортного средства, например, после фильтра тонкой очистки, и осуществлять непрерывный контроль качества поступающего топлива. Из рассмотренных аналогов в качестве прототипа выбрано устройство для определения показателей качества применяемых топлив и масел (патент RU №2569206) [3]. На данном устройстве показатели качества определяются в результатам измерения диэлектрической проницаемости топлива и тангенса угла диэлектрических потерь в топливах. Недостатками данного устройства являются наличие большого количества датчиков и измеряемых параметров, что приводит к увеличению габаритных размеров.

Предлагаемое нами устройство включает стандартные датчики содержания воды, температуры топлива и вязкости и датчик определения смазывающих качеств топлива, блок обработки данных со встроенной памятью и звуковой сигнализатор (рисунок 2). Датчики температуры и наличия воды устанавливаются в фильтре грубой очистке, остальные датчики, с целью снижения трудоемкости монтажа, могут быть размещены в подкапотном пространстве транспортного средства.

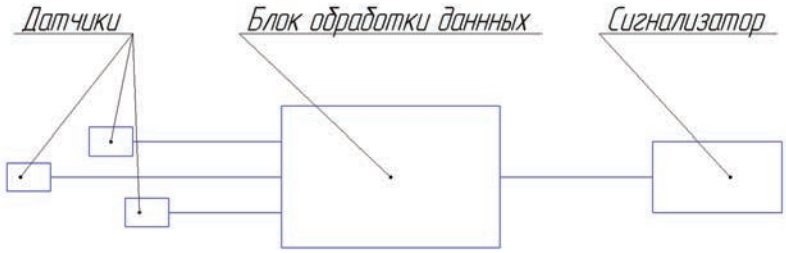


Рисунок 2 Состав устройства для экспресс-анализа качества топлива

Устройство работает следующим образом. Блок обработки данных, который направляет сигналы на датчики, подключается к блоку управления двигателем и работает при включенном зажигании. Электрические сигналы с датчиков, контактирующих с топливом, поступают в блок обработки данных. Измеренные значения фиксируются блоком обработки данных и сравниваются с заранее вложенными в память устройства стандартными показателями качества топлива. Если полученные значения отклоняются, хотя бы по одному из показателей выше допустимого предела от данных в памяти, водителю подается соответствующий звуковой сигнал, а блок управления глушит двигатель.

Основной нерешенной задачей при производстве предлагаемого устройства является отсутствие датчика смазывающих качеств, который представляет наибольший интерес в силу их критического влияния на работоспособность прецизионных элементов топливной аппаратуры.

Как известно, данный параметр измеряется на аппарате с высокочастотным возвратно-поступательным движением шарика (HFRR). Смазывающее свойство топлива определяется в зависимости от размеров пятна износа на металлическом шарике, которое образуется в результате трения шарика о неподвижную металлическую пластину, полностью погруженную в топливо.

Недостатком данного аппарата является трудоемкость измерений и затрудненная автоматизация процесса, которые зависят от многих факторов.

Кроме того, прибор является стационарным и не может применяться в рассматриваемом случае.

Результаты. Исходя из вышеуказанного нами предлагается датчик для определения смазывающих качеств топлива, состоящий из неподвижной пластины 2, прижатого к ней пружиной 4 подвижного диска 1, приводимого в движение электродвигателем 3, регулируемого сигналом ШИМ и оснащенного датчиком частоты вращения (рисунок 3). На поверхностях пластины и диска нанесены канавки в радиальном направлении для равномерного поступления топлива к поверхностям трения.

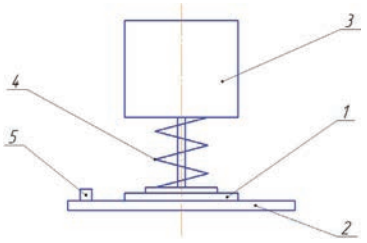


Рисунок 3 Датчик для определения смазывающих качеств топлива
1 – диск; 2 – неподвижная пластина; 3 – электродвигатель с ШИМ;
4 – пружина; 5 – датчик частоты вращения.

Блок управления поддерживает заданную постоянную частоту вращения диска путем регулирования скважности сигнала ШИМ электродвигателя 3. Пружина 4 прижимает диск к пластине с постоянным давлением.

При ухудшении смазывающих качеств топлива сопротивление вращению диска увеличится, и частота его вращения снизится, что фиксируется датчиком частоты вращения. Для восстановления установленной постоянной частоты вращения блок управления изменяет скважность ШИМ на определенный шаг. Фиксируя данное изменение скважности можно определить изменение смазывающих качеств топлива.

Выводы. Таким образом, предлагаемые устройство для определения показателей качества дизельного топлива и метод определения смазывающих качеств топлива позволят анализировать качество в режиме реального времени, своевременно выявить некачественное топливо и избежать поломок топливной аппаратуры, что в целом повысит надежность работы двигателя. Устройство может выпускаться в серийном производстве и не потребует значительных материальных затрат.

Литература

1. А.В. Неговора, К.В.Костарев, У.А. Махиянов Совершенствование технологии ремонта форсунок автотракторных дизелей//Вестник БГАУ – 2015 – №3 (35), – С.64-68.

2. Неговора А.В. Улучшение эксплуатационных показателей автотрактор-ных дизелей совершенствованием конструкции и технологии диагностирования топливоподающей системы / Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2004.- с.343.

3. Патент №2569206 Устройство для определения показателей качества применяемых топлив и масел в баках систем силовой установки и трансмиссии военной гусеничной машины. Опубл. 23.05.2014

4. Неговора А.В., Козеев А.А., Габдрахимов М.М., Махиянов У.А. Модуль для поэлементного диагностирования топливоподающей системы дизелей / Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2010. № 3. С. 13-14.

5. Габитов И.И. Топливная аппаратура автотракторных дизелей / учеб. пособие для студентов вузов / И. И. Габитов, А. В. Неговора; Мин-во сел. хоз-ва Рос. Федерации. Уфа, 2004.

6. Шувалов Г.В., Селятицкий В.Г., Байкалов В.М., Минин И.В. Создание и перспективы использования приборов и мобильных лабораторий для мониторинга качества нефтепродуктов //Материалы 6-ой Международной научно-практической конференции – Новосибирск – 2015 – с.222-227.

7. Инструкция по контролю и обеспечению сохранения качества нефтепродуктов в организациях нефтепродуктообеспечения. – М.: Минэнерго, 2003.

8. Неговора А.В., Махиянов У.А., Ахметов А.Ф. Совершенствование способов диагностирования топливоподающих систем дизелей с электронным управлением / Известия Международной академии аграрного образования.- 2012. Т. 1. №14.- с.260-265.

9. Грехов Л.В., Габитов И.И., Неговора А.В. Конструкция, расчет и технический сервис топливоподающих систем дизелей: Учебное пособие. – Москва: Изд-во Легион-Автодата, 2013.- 240с.

10. Загородский Б.П., Лялякин В.П., Плотников П.А. Ремонт и регулирование топливной аппаратуры автотракторных и комбайновых изделий. // Информагротех. – Москва. – 2006.

Bibliography

1. Negovora A, Mahiyanov U., Kostarev K. Improving repair technologies of automotive diesel engines injectors //Vestnik BSAU– 2015 – №3 (35), – p.64-68.

2. Negovora A. The performance improvement of automotive diesel engines to improve the design and technology of diagnosing fuel injection systems/ Dissertation for the degree of doctor of technical Sciences / Saint-Petersburg state agrarian University. Saint-Petersburg, 2004.- p.343.

3. Patent №2569206 Device for determination of quality indices of fuel and jil stored in combat caterpillar vehicle transmission and engine. application 23.05.2014

4. Negovora A, Kozeev A., Gabdrakhimov M., Mahiyanov U. Module for feature-based diagnostics of fuel injection systems of diesel engines / Mechanization and electrification of agriculture. 2010. № 3. p. 13-14

5. Gabitov I., Negovora A. Fuel injection equipment of automotive diesel engines / textbook for University students / The Russian Federation Ministry of agriculture. Ufa, 2004.

6. Shuvalov G., Selyatskiy V., Baykalov V., Minin I. The establishment and prospects of the use of instruments and mobile laboratories for monitoring the quality of petroleum products // Materials of 6-th International scientific-practical conference – Novosibirsk – 2015 – p.222-227.

7. Manual for the control and preservation of quality of petroleum products in the organizations of oil product supply. – M.: The Russian Federation Ministry of energy, 2003.

8. Negovora A, Mahiyanov U. Improving methods of diagnosing the fuel feed systems of diesel engines with electronic control / Proceedings of the International Academy of agrarian education.- 2012. T. 1. №14.- p.260-265.

9. Grekhov L., Gabitov I., Negovora A. Design, calculation and technical services fuel injection systems of diesel engines: Tutorial. – Moscow: Publishing house of the Legion-Avtodata, 2013.- 240p.

10. Zagorodskyi B.P., Lialiakin V.P., Plotnikov P.A. Repair and regulation of fuel equipment of autotractor and combine machinery. // Informagrotekh, Moscow, 2006.

УДК 621.436

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ НАСОСОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ТОПЛИВНЫХ СИСТЕМ ТИПА COMMON RAIL

Нигматуллин Ш.Ф., кандидат технических наук, доцент кафедры
Тел.: 8 (960)800-90-70 e-mail: shamil.bosch@mail.ru
Козеев А.А., к.т.н., доцент кафедры
Тел.: 8(906)371-08-27, e-mail: k.arsen.a@mail.ru.
Карачурин Б. Ш., аспирант кафедры
Тел.: 8(917)425-56-91, e-mail: bulatkarachurin@gmail.com.
«Автомобили и машинно-тракторные комплексы»
(ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет»)

Аннотация. *В данной статье приведен анализ стендов и методика диагно-стирования топливных насосов высокого давления системы COMMON RAIL.*

Ключевые слова: *топливоподающая система COMMON RAIL, топливный насос высокого давления, стенды для испытаний топливных насосов.*

В современных автотракторных и комбайновых дизелях наибольшее применение получают аккумуляторные топливоподающие системы (ТПС) типа Common Rail (CR) фирмы BOSCH [1,2,3,4,5]. Конструкции ТПС типа CR дина-мично совершенствуются, в частности, эволюция конструкций электрогидравлических форсунок и топливных насосов высокого давления фирмы BOSCH за последние десять лет насчитывает четыре поколения и ведется по пути увеличения давления впрыска: первое поколение – 140 МПа, с 1999 года; второе – 160 МПа, с 2001 года; третье – 180 МПа, с 2005 года; четвертое – 220 МПа, с 2009 года [3,4,5]. Техническая эксплуатация машин и тракторов, оснащенных двигателями с топливными системами CR с вышеприведенными характеристиками требует наличия современного оборудования, специального технологического оборудования и квалифицированного персонала [6,7,8,9].

На сегодняшний момент существуют различные модификации стендов как отечественного, так и импортного производства [6,10,11,12]. В таблице 1 представлены сравнительные характеристики стендов мировых производителей для проверки топливоподающей системы типа Common Rail фирмы BOSCH .

Как видно, практически все стенды позволяют произвести проверку форсунок системы CR различных производителей, но не все интегрированы для проверки ТНВД.

Вследствие недостатка современного технологического оборудования по испытаниям, сегодня большинство предприятий по ремонту топливоподающих систем типа Common Rail не могут с высокой точностью и достоверностью диагностировать отдельные узлы системы. Так в частности, диагностирование ТНВД проводится по проверке максимально создаваемого давления на пусковом режиме, при этом исправность клапана регулирова-

ния давления никак не определяется. По этой причине выполняют указанные операции на стендах или непосредственно на автомобиле с применением диагностических приборов [7,10,11,12].

Таблица 1

Анализ оборудования по проверке компонентов ТПС типа Common Rail

Наименование оборудования	Производитель	Диагностирование ТНВД				Проверка форсунок		Цена
		СР-1	СР-2	СР-3	СР-4	Пьезоэлектрические	Электромагнитные	
BOSCH EPS 708	Германия	+	-	+	+	+	+	68000€
Dieselland SPN-408	Эстония	+	+	+	-	+	+	25000€
Diesel trade CR 708	Китай	+	-	+	-	+	+	35000€
Rabotti TEC PUMP	Италия	+	+	+	-	+	+	20000€
C-max 3000	Турция	-	-	-	-	+	+	19000€
СДТ/18,5к								
Россия	+	+	+	-	+	+	23000€	

С учетом изложенного, нами разработан специализированный модуль для доукомплектования стенда испытаний традиционных топливных систем с последующей возможностью диагностирования ТНВД типа Common Rail. Схема модуля для испытаний насосов высокого давления топливных систем типа Common Rail приведена на рисунке 1.

Разработанный стенд состоит из электродвигателя 1, преобразователя частоты вращения 2 для изменения режима работы. Измерение производительности ТНВД производиться при помощи расходомера 10. Так же используется датчик давления 5 для измерения максимально создаваемого давления ТНВД и контроля герметичности ТНВД. Регулирование давления производится при помощи электромагнитного клапана ZME 12. Все сигналы из считывающих устройств поступают на блок управления, который, в свою очередь, управляет исполнительными механизмами.

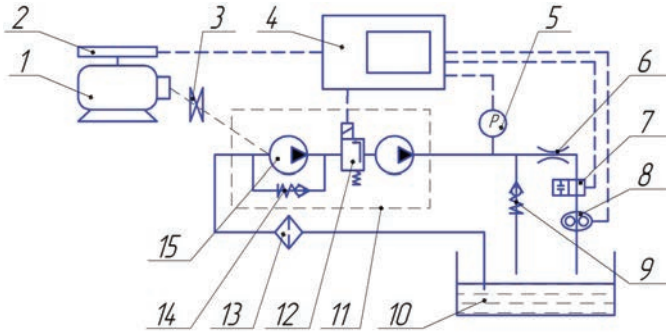


Рисунок 1 Модуль для испытаний насосов высокого давления топливных систем типа Common Rail: 1 – электродвигатель; 2 – преобразователь частоты; 3 – соединительная муфта; 4 – блок управления; 5 – датчик давления; 6 – жиклер; 7 – двухпозиционный клапан; 8 – расходомер; 9,14 – перепускной клапан; 10 – топливный бак; 11 – ТНВД; 12 – клапан регулирования давления ZME; 13 – топливный фильтр; 15 – ТННД.

Данный комплекс позволяет при диагностировании испытывать ТНВД системы CR на пяти проверочных режимах:

1. Проверка максимального давления ТНВД на стартовом режиме.

Измерение производится при закрытом клапане 7, создаваемое давление ТНВД считывается датчиком 5, на дисплее отображаются максимальное и фактическое значения давления, максимальное значение давления является диагностическим параметром;

2. Проверка герметичности ТНВД.

Проверка осуществляется по времени падения фактического давления, отобра-женного на дисплее после первого проверочного режима, при остановке вала ТНВД;

3. Проверка исправности плунжерных пар.

Проверку проводят при частоте вращения вала ТНВД n = 2000 мин-1 и подачи сигнала ШИМ на клапан ZME с частотой λ = 180 Гц, силой тока I = 1,00 А. На этом режиме топливо проходит через жиклер 6, открытый клапан 7 и расходомер 8. Изменение давления (между ТНВД 11 и жиклером 6) регистрируется датчиком давления 5. Информация с датчика 5 поступает в блок управления 4, на дисплее отображается график зависимости P=f(t) (рисунок 2) по которому устанавливается диагноз. Диагностическими параметрами являются значение колебания давления создаваемое плунжерными парами в линии высокого давления, которое не должно превышать 1 МПа, и значение минимального давления, которое зависимости от поколении топливоподающей системы Common Rail.

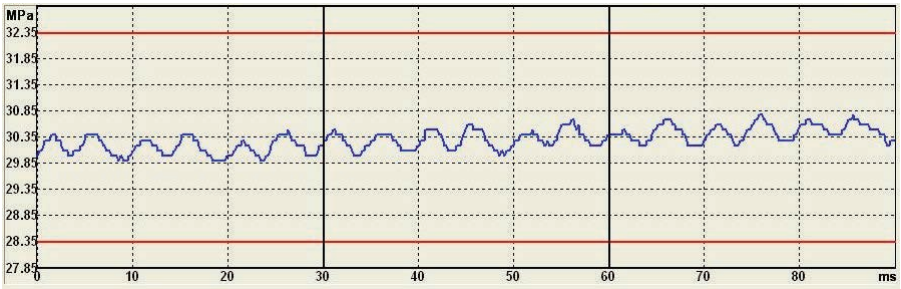


Рисунок 2 График колебания давления создаваемого плунжерными парами в линии высокого давления.

4. Проверка производительности ТНВД.

Проверку проводят в режиме максимальной нагрузки. Производительность ТНВД определяется по данным расходомера 8 и сравнивается с тест-планом (проверка может осуществляться на нескольких контрольных точках в зависимости от ТНВД).

5. Режим отключения.

В данном режиме проверяется клапан ZME на герметичность. С помощью блока управления 4 клапан 12 полностью закрывается. При исправном клапане подача топлива с ТНВД полностью прекращается. Диагноз устанавливается по показаниям расходомера 8.

Выводы:

1. Разработанный модуль для испытаний насосов высокого давления топливных систем типа Common Rail при использовании в комплексе со

стендами по испытанию традиционной топливной аппаратуры, обеспечивает расширение услуг и повышение качества проведения технического обслуживания и ремонта в ремонтных предприятиях.

2. Предложенный модуль обеспечивает качественное диагностирование ТНВД типа Common Rail за счет детального инструментального анализа работы отдельных узлов на пяти основных режимах.

3. Эффективность применения разработанного модуля кроме повышения каче-ственного диагностирования определяется меньшей в два раза стоимостью в сравнении с существующими аналогами.

4. Модуль разработан в блочной схеме, легко может быть дооснащен с возможностью сбора в едином комплексе с блоком проверки форсунок ТПС типа CR.

Библиографический список

1. Габитов И.И., Портнов В.И. Особенности технического сервиса импортных мобильных сельхозмашин. Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 1. С. 52.

2. Габитов И.И., Валиев А.Р., Вахитов Р.А. Анализ неисправностей электрогидравлических форсунок типа common rail. Тракторы и сельхозмашины. 2011. № 11. С. 41-43.

3. Габитов И.И., Неговора А.В. Передовые технологии технического обслуживания и ремонта топливной аппаратуры дизелей. Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2015. № 3 (35). С. 40-44.

4. Габитов И.И., Неговора А.В. Совершенствование технологий и средств технического сервиса автотракторной и мобильной техники. В сборнике: Перспективы инновационного развития АПК Материалы Международной научно-практической конференции в рамках XXIV Международной специализированной выставки «Агрокомплекс–2014». 2014. С. 167-173.

5. Габитов И.И., Валиев А.Р., Вахитов Р.А. Корректировка базовых характеристик управления топливоподачей электрогидравлических форсунок при техническом обслуживании. Труды ГОСНИТИ. 2014. Т. 114. № 1. С. 31-34.

6. Габитов И.И., Валиев А.Р., Вахитов Р.А. Совершенствование технического обслуживания и ремонта электрогидравлических форсунок корректировкой базовых характеристик управления топливоподачей. В сборнике: Совершенствование конструкции, эксплуатации технического сервиса автотракторной и сельскохозяйственной техники /Материалы Международной научно-практической конференции. 2013. С. 73-82.

7. Габитов И.И., Валиев А.Р. Повышение эффективности ремонта электрогидравлических форсунок аккумуляторных топливных систем автотракторных и комбайновых дизельных двигателей. Техника и оборудование для села. 2013. № 1 (187). С. 38-41.

8. Габитов И.И., Валиев А.Р., Вахитов Р.А. Оценка ремонтопригодности клапанных узлов электрогидравлических форсунок автотракторных и комбайновых дизелей. Известия Международной академии аграрного образования. 2013. Т. 4. № 16. С. 61-65.

9. Нигматуллин Ш.Ф., Габдрахимов М.М., Валиев М.М. Диагностирование насоса топливной системы COMMON RAIL на основе параметрической идентификации колебаний давления в аккумуляторе. Вестник Башкирского государственного университета 2011. №4. С. 64-66.

10. Ш.Ф. Нигматуллин, М.М. Габдрахимов. Стенд для испытания компонентов топливных систем типа Common rail. Известия Международной академии аграрного образования . 2013. №17. с.200-202.

11. Карачурин Б.Ш., Нигматуллин Ш.Ф., Костарев К.В. Модернизация стенда

втс-101 по проверке форсунок топливоподающих систем типа Common Rail. Инженерное обеспечение в АПК научный сборник. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, министерство образования республики Башкортостан, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет», механический факультет. Уфа, 2015. с. 58-62.

12. Нигматуллин Ш.Ф., Костарев К.В., Карачурин Б.Ш. Исследование влияния температуры технологической жидкости на цикловую подачу электрогидроуправляемой форсунки Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2015. № 3 (35). С. 69-71.

13. агородский Б.П., Лялякин В.П., Плотников П.А. Ремонт и регулирование топливной аппаратуры автотракторных и комбайновых изделий. // Информагротех. – Москва. – 2006.

DEVELOPMENT OF THE MODULE FOR TESTING HIGH-PRESSURE PUMPSTYPE COMMON RAIL FUEL SYSTEMS

Nigmatullin S.F., candidate of technical Sciences, Professor of the chair tel 8 (960)800-90-70 e-mail: shamil.bosch@mail.ru
Kozeev A.A., Candidate of Technical Sciences, assistant professor of the chair 8-9063710827, k.arsen.a@mail.ru.
Karachurin B. – a graduate student of the Department Phone: 89174255691, e-mail: bulatkarachurin@gmail.com. of «Automobiles and machine and tractor complexes», Federal State Budget-funded Educational Establishment of Higher Education Bashkir State Agrarian University, Ufa

Annotation. *This article is an analysis of the stands and methods of diagnosing high-pressure fuel pumps system COMMON RAIL.*

Keywords: *fuel system COMMON RAIL, fuel pump high pressure, stands for testing fuel pumps.*

References

1. Gabitov I.I., Portnov V.I. Peculiarities of technical service of agricultural machines imported mobile. Tractors and farm machinery. 2007. No. 1. P. 52.

2. Gabitov I.I., Valiev R.A., Vakhitov R.A. Analysis of fault electro-injector type common rail. Tractors and farm machinery. 2011. No. 11. P. 41-43.

3. Gabitov I.I., A.V. Negovora Advanced technology maintenance and repair of fuel equipment of diesel engines. Bulletin of the Bashkir state agrarian University. 2015. No. 3 (35). S. 40-44.

4. Gabitov I.I., A.V. Negovora Improvement of technologies and means of technical service of automotive and mobile technology. In book: perspectives of innovative development of AIC International scientific-practical conference in the framework of the XXIV International specialized exhibition «Agrocomplex–2014». 2014. P. 167-173.

5. Gabitov I.I., Valiev R.A., Vakhitov R.A. Adjustment of basic characteristics of the fuel control electrohydraulic nozzles during maintenance. Trudy GOSNITI. 2014. T. 114. No. 1. P. 31-34.

6. Gabitov I.I., Valiev R.A., Vakhitov R.A. Improvement of maintenance and repair of electro-hydraulic injectors adjustment of the basic characteristics of the fuel control. In book: improving the design, operation, technical service of auto-tractor and agricultural machinery /International scientific-practical conference. 2013. P. 73-82.

7. Gabitov I.I., Valiev A.R. Improving the efficiency of repair of electrohydraulic injector accumulator fuel systems of tractor and combine diesel engines. Machinery and equipment for the village. 2013. No. 1 (187). P. 38-41.

8. Gabitov I.I., Valiev R.A., Vakhitov R.A. evaluation of the maintainability of the valve assemblies electro-hydraulic nozzles tractor and combine diesels. Proceedings of the International Academy of agrarian education. 2013. Vol. 4. No. 16. S. 61-65.

9. Nigmatullin S.F., Gabdrahimov M.M., Valiev M. Diagnosis pump for fuel system COMMON RAIL based parametric identification pressure oscillations in the battery. Bulletin of the Bashkir state University 2011. No. 4. S. 64-66.

10. S.F. Nigmatullin, M.M. Gabdrakhimov. Stand for testing components of fuel systems such as Common rail. Proceedings of the International Academy of agrarian education. 2013. No. 17. p. 200-202.

11. Karachurin B.S., Nigmatullin, F.S., Kostarev K.V. Modernization of the stand PTS-101 for the injector testing fuel injection systems of Common Rail type. Engineering in agriculture scientific collection. The Ministry of agriculture of the Russian Federation, the Ministry of education of Bashkortostan Republic, Federal state budgetary educational institution of higher professional education «Bashkir state agrarian University», Department of mechanical. Ufa, 2015. p. 58-62.

12. Nigmatullin F.S., Kostarev K.V., Karachurin B.S. study of the effect of process fluid temperature on cyclic flow electrohydrodynamic jets the Bulletin of the Bashkir state agrarian University. 2015. No. 3 (35). P. 69-71.

13. Zagorodskyi B.P., Lialiakin V.P., Plotnikov P.A. Repair and regulation of fuel equipment of autotractor and combine machinery // Informagrotekh, Moscow, 2006.

УДК 636.3:631.3

СОСТОЯНИЕ ОВЦЕВОДСТВА И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПРИ МАШИННОЙ СТРИЖКЕ ОВЕЦ

Мирзоянц Ю.А., д.т.н., профессор, гл.науч.сотрудник
ВНИИМЖ РАН
E-mail: mirzoyans42@mail.ru
Фириченков В.Е., к.т.н., профессор
ФГБОУ ВО Костромская ГСХА
E-mail: viloriy2016@yndex.ru

Аннотация. *Показано значение овцеводства и отмечается, что продукция отрасли постоянно востребована, а имеющие овец хозяйства эффективнее рабо-тают с земельными угодьями. Поголовье овец в Мире относительно стабильно и в 2014 году составило свыше 1,2 млрд. голов, в тоже время по странам за 1990…2014 годы имеет место как заметный рост численности овец – в Китае +90,9 млн. голов (81%)… , так и уменьшение поголовья в ранее лидировавших странах – в Австралии –97,7 млн. голов (57%)… . В России, с изменением общественно-экономической формации, произошло резкое падение поголовья (1990 год – 55,24 млн. голов, 2000 год – 12,60, далее рост и в 2015 году – 22,71 млн. голов), так и структурные изменения – численность овец более чем на порядок упала в сельскохозяйственных организациях, уменьшилось поголовье в хозяйствах населения, в то же время появились фермерские хозяйства. В результате резко снизилась концентрация овец и использование применявшегося высокопроизводительного стационарного оборудования, рассчитанного на сосредоточение значительного поголовья на одном месте, стало нерациональным. Это послужило основанием, при совершенствовании (разработке) для машинных технологий в овцеводстве на период до 2030 года, применения автономного мобильного и многофункционального оборудования, в том числе малой производительности и метало- и энергоёмкости для индивидуальных хозяйств населения на личном подворье. Для стрижки овец, которая является одним из ответственных и трудоёмких процессов в овце-водстве, предложено мобильное оборудование, доставляемое в места непосред-ственного нахождения овец совместно с обслуживающим персоналом.*

Ключевые слова: *овец в Мире и в России, динамика распределения поголовья, способы содержания, стрижка, мобильное оборудование.*

Народнохозяйственное значение и современное состояние овцеводства в мире. По разнообразию производимой продукции овцы возглавляют перечень сельскохозяйственных животных – от овец получают шерсть, молоко, мясо, животный жир, меховые и шубные овчины, каракулевые смушки, сырьё для парфюмерии и медицины. Важнейшая особенность овец – их хорошая приспособляемость к разнообразным условиям окружающей среды и они широко распространены в различных климатических зонах. Овцы подвижны и выносливы, способны к продолжительным переходам, поедают

низкорослую и изреженную растительность, неприхотливы к пище и воде – из 800 видов растений, произрастающих на пастбищах, овцы поедают более 400, тогда как крупный рогатый скот – 150, лошади – 90. При перебоях в кормлении и поении, овцы многих пород могут тратить жир, отложенный в теле (на хвосте, в курдюке), что способствует лучше переносить кратковременную бескормицу и жажду.

Таблица 1

– Поголовье овец (млн. голов) в ведущих овцеводческих странах мира, динамика (± и %) и число овец/(1000 чел.)

Страна	1990	2000	2010	2011	2012	2013	2014	2014 к 1990		2014
								млн. гол.	%	овец//(1000 чел.)
1. Китай	111,23	131,09	176,90	178,10	183,26	191,34	202,15	90,92	81,7	149
2. Австралия	170,29	118,55	68,08	73,09	74,72	75,54	72,61	–97,68	–57,3	3227
3. Индия	48,70	59,44	67,74	6 6,51	65,06	63,80	63,00	14,30	29,3	50
4. Иран	44,58	53,90	49,50	50,00	50,21	50,22	50,22	5,64	12,6	621
5. Судан (*совместно с Южным*)	20,70	46,09	52,07	52,64	39,48 **55,18*	39,56 **55,56*	39,84 **56,59*	19,14 *35,89*	92,4 *173,3*	1125
6. Нигерия	12,46	26,00	35,51	38,37	39,33	40,31	40,55	28,09	225,4	236
7. Новая Зеландия	57,85	42,26	32,56	31,13	31,26	30,78	29,80	–28,05	–48,4	6772
8. Великобритания	43,82	42,26	31,08	31,63	32,21	32,85	33,74	–10,08	–23,0	529
9. Пакистан	25,69	24,08	27,75	28,08	28,41	28,75	29,10	3,41	13,2	148
10. Эфиопия	22,96	10,95	25,50	24,22	25,48	26,50	29,33	6,37	27,7	303
11. Южная Африка	32,66	28,55	24,50	24,30	24,39	25,00	25,50	–7,16	–21,9	527
12. Турция	43,64	30,25	21,79	23,08	27,42	29,28	31,11	–12,53	–28,7	381
13. Сирия	14,50	13,50	15,51	18,07	18,06	18,01	17,85	3,35	23,1	997
14. Алжир	17,69	17,61	22,86	23,98	25,19	26,57	27,80	10,11	57,1	716
15. Испания	22,73	23,96	18,55	17,00	16,33	16,11	15,43	–7,30	–32,1	323
16. Россия	55,24	12,60	19,84	19,76	20,76	22,06	22,24	–33,00	–59,7	156
17. Кения	9,04	7,93	17,56	17,82	16,11	16,60	17,42	8,38	92,6	387
18. Монголия	14,26	15,19	14,48	15,66	18,14	20,06	23,21	8,95	62,7	8003
19. Марокко	13,51	17,29	18,02	18,73	19,00	19,95	19,23	5,72	42,3	584
20. Бразилия	20,01	14,78	17,38	17,66	16,78	17,29	17,61	–2,40	–11,9	86
21. Аргентина	28,57	13,56	15,02	14,73	14,30	14,57	14,70	–13,87	–48,5	341
22. Перу	12,25	14,68	14,15	14,05	12,18	12,43	12,41	0,16	1,3	412
23. Казахстан	35,70	8,72	14,66	15,18	15,43	15,13	15,19	–20,51	–57,4	848
24. Туркменистан	5,50	7,50	13,60	13,65	14,00	14,00	14,00	8,50	154,5	2745
25. Сомали	13,00	13,80	12,00	12,25	12,30	12,30	12,32	–0,68	–5,2	1184
26. Афганистан	14,17	15,00	13,28	14,26	13,82	13,14	13,48	–0,69	–4,8	423
27. Узбекистан	9,26	8,00	12,15	12,91	13,40	14,16	14,55	5,29	57,1	503
28. Нигер	5,48	7,73	10,91	10,01	10,36	10,73	11,11	5,62	102,5	638
29. Индонезия	6,00	7,42	10,72	11,79	13,42	14,92	15,71	9,71	161,8	61
30. Мали	6,08	6,80	11,86	12,45	13,08	13,73	14,42	8,34	137,1	879
31. Саудов. Аравия	6,38	7,93	8,74	10,09	11,00	11,50	11,65	5,27	82,6	426
32. Южный Судан	–	–	–	–	*15,70	*16,00	*16,75			1456
В Мире (*195 стран*)	1205,6	1059,0	1119,4	1139,9	*1160,8*	*1187,4*	*1209,9*	4,3	+0,3	170

По плодовитости овцы уступают только свиньям и кроликам, а от 100 овце-маток романовской породы в среднем получают до 280 ягнят в год. [1]

По последним данным FAO [2] численность овец в мире в 2014 году соста-вила свыше 1,2 млрд. голов. В таблице 1 приведены данные по ведущим, с поголовьем не менее 10 миллионов голов, овцеводческим странам мира. В целом имеет место колебание поголовья овец по годам и тенденция роста числа овец в мире с 2000 по 2014 год, соответственно 1059,0 и 1209,9 млн. голов. Заметный рост с 1900 по 2014 год численности овец: Китай, где прирост составил 90,92 млн. голов (81,7%), Судан (совместно с Южным) – 35,89 (173,3), Нигерия – 28,09 (225,4), Индонезия – 9,71 (161,8), Туркме-

нистан –8,50 (154,5), Мали – 8,34 (137,1), Нигер – 5,62 млн. голов (102,5%). Одновременно уменьшилось поголовье в ранее лидировавших странах: Австралия – 97,68 млн. голов (57,3%), Россия – 33,00 (59,7), Новая Зеландия – 28,05 (48,4), Казахстан – 20,51 (57,4), Аргентина – 13,87 (48,5), Турция – 12,53 (28,7), Великобритания – 10,08 млн. голов (23,0%).

Среди стран по количеству голов овец на 1000 человек населения, по состоянию на 2014 год, лидирует Монголия – 8003, далее Новая Зеландия – 6772, Австралия – 3227, Туркменистан – 2745, Южный Судан – 1456, Судан – 1125, Сомали – 1184. Средний показатель в Мире – 170, в России – 156 голов овец на 1000 человек населения.

Современное состояние овцеводства в России. В России с 1991 года, с переходом на рыночные отношения и частичным самоустранением государства от регулирования ряда жизненно важных социально-экономических условий, в том числе паритета цен на продукцию разных сфер хозяйственной деятельности, допущено ничем не оправданное резкое снижение поголовья овец с тенденцией к исчезновению отрасли как товарного производства. В 1991 году поголовье во всех категориях хозяйств составляло 55,24 млн. голов, в 2000 году – 12,73 млн. голов (23,05%). Далее имеет место рост, чему способствовало принятие ряда мер, в том числе отраслевой целевой программы «Развитие овцеводства и козоводства в Российской Федерации на 2012-2014 гг. и на плановый период до 2020 года», и в 2015 году число овец достигло 22,71 млн. голов (41,11% от уровня 1991 года). [3]

Таблица 2

– Поголовье овец в РФ и по категориям хозяйств, млн. голов и %

Категории хозяйств	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Хозяйства всех категорий	55,24 100	25,34 100	12,73 100	16,41 100	19,76 100	20,76 100	22,06 100	22,24 100	22,57 100	22,71 100
Сельскохоз. организации	41,65 75,4	13,30 52,5	4,49 35,3	4,09 24,9	4,24 21,5	4,26 20,6	4,37 19,8	4,19 18,9	4,16 18,4	4,13 18,2
Фермерские хозяйства	0 0,0	1,00 4,0	0,78 6,2	4,31 26,3	5,91 29,9	6,81 32,8	8,10 36,7	8,30 37,3	8,51 37,7	8,64 38,1
Хозяйства населения	13,58 24,6	11,02 43,5	7,44 58,5	8,00 48,8	9,60 48,6	9,68 46,6	9,58 43,5	9,74 43,8	9,89 43,9	9,93 43,7

Размещение поголовья по федеральным округам в 2015 году составило:

Северо - Кавказский округ – 9448,80 тыс. голов (41,6%), Южный – 5902,57 (26,0), Сибирский – 3139,24 (13,8), Приволжский – 2497,13 (11,0). Централь-ный – 878,80 (3,9), Уральский – 440,27 (1,9), Крымский – 184,53 (0,82) Северо-западный – 174,13 (0,77), Дальневосточный округ – 47,57 (0,21%). [3]

Проведенный мониторинг на предмет наличия поголовья в различных категориях хозяйств (собственника) представлен в табл. 2.

С 1991 по 2015 годы произошли структурные изменения – численность овец более чем на порядок упала в сельскохозяйственных организациях, снизилось поголовье в хозяйствах населения, в то же время появились фермер-ские хозяйства. Анализ показывает, что за указанный период в России наибольший урон имеет место в сельскохозяйственных организациях – в 1990 году при суммарном количестве овец 55,24 млн. голов доля этого вида собст-венника составляла 41,65 млн. голов или 75,4%, в 2015 году по-

головье снизилось на порядок и составило 4,13 млн. голов или 9,9% от их числа в сельскохозяйственных организациях в 1990 году. Уменьшилось поголовье в хозяйствах населения – в 1990 году 13,58 млн. голов или 24,6% всего поголовья, в 2015 году число овец составило 9,93 млн. голов или 73,1% от их количества у этого вида собственника в 1990 году. Появились фермерские хозяйства, но их становление идёт медленно – в 2015 году 8,64 млн. голов или 38,1% от поголовья этого года.

В регионах России используют четыре основные системы содержания: пастбищная – овцы свыше 80% времени выпасаются и потребность в средствах механизации производственных процессов минимальна; пастбищно-стойловая – овцы 60…70% находятся на пастбищах и потребность в средствах механизации на производство, подготовку и раздачу кормов и уборку навоза возрастает; стойлово-пастбищная – овцы выпасаются 30…40% времени и пастбищные корма составляют 35…45% от годовой потребности, затраты на кормопроизводство возрастают до 60…70% от общих и потребность в средствах механизации выше; стойловая – овцы содержатся без выпаса и имеет место интенсивное использование сооружений, площадей и машин, а также максимален перечень зооветеринарных мероприятий из-за скученности поголовья. [1,4,5] При выполнении производственных процессов применяют мобильные и стационарные технические средства, при этом мобильные могут быть задействованы во всех четырёх системах содержания. [4,5,6] Следует отметить, что значительное уменьшение количества овец в сельскохозяйственных предприятиях делает нерациональным применение для выполнения технологических процессов ранее разработанного высокопроиз-водительного стационарного оборудования, ориентированного на значительную концентрацию поголовья на одном месте.

Совокупность имеющего место наличия овец по регионам России, относительно сложившегося к настоящему времени за период 1991-2015 годы перераспределения поголовья по категориям хозяйств, систем содержания и их влияния на выбор средств механизации производственных процессов (стационарные и мобильные) может служить основным посылом предприятиям сельхозмашиностроения по производству мобильных технических средств всего производственного цикла для хозяйств с различной формой собственности и поголовьем, а хозяйствующим субъектам при выборе соответствующего технологического оборудования для обслуживания овец, где затраты будут минимальны, а технические средства наиболее оптимальны. [7]

Предпосылки по совершенствованию технических средств для машин-ной стрижки овец. Из перечня получаемой в овцеводстве продукции одним из значимых видов является овечья шерсть. Качество и количество получаемой шерсти, а значит и итоговый результат годового (или ряда месяцев) труда, во многом зависит от того, как организуется процесс работы при машинной стрижке овец, какая применяется технология и технические средства.

Стрижка овец состоит из взаимно связанных и последовательно выполняемых операций, которые составляют технологические линии.

1. Основные:

1.1. Обработки неостриженных овец (отбивка ягнят от взрослых овец, загон овец в стригальный пункт, подготовка овец к стрижке: ловля, подтаски-

вание к рабочему месту стригальщика, фиксация конечностей);

1.2. Снятия с овец шерстного покрова (собственно стрижка, замена режущих пар, регулировка, смазывание механизмов, промывка режущих пар при работе);

1.3. Обработки остриженных овец (удаление овец с места стрижки, контроль качества стрижки и при наличии порезов кожного покрова – обработка, перемещение в загон остриженных овец);

1.4. Обработки рун (подача рун на взвешивание и учёт, очистка от сора, классировка, раскладка шерсти по сортности, сушка – при необходимости);

1.5. Извлечения жира из шерсти (при необходимости);

1.2. Прессования и упаковки шерсти (загрузка пресса шерстью, прессование шерсти в кипы, обвязка кип, маркировка, взвешивание и погрузка на транспортное средство; при отсутствии прессования – затаривание в мешки).

2. Вспомогательные:

2.1. Заточки режущих пар, текущего ремонта и регулировки стригальных машинок;

2.2. Определения такстата (взятие образцов шерсти, их промывание, определение выхода мытой шерсти);

2.3. Подачи овец на ветеринарную обработку (при необходимости).

Для механизации стрижки овец на территории Российской Федерации и стран СНГ широко применяются электрифицированные индивидуальные и групповые стригальные агрегаты завода «Актюбинскселмаш» с питанием электродвигателей машинок от сети или источника трёхфазного тока непосредственно или через преобразователь. Распространение получили агрегаты ЭСА-1Д, ЭСА-1ДИ, ЭСА-1/200, АСИ-101, АСУ-1, ЭСА-6/200, ЭСА-12Г, КТО-24 и др. Электростригальные агрегаты модульны, что позволяет организовать стрижку практически на любое поголовье овец, но в целом они ориентированы на комплектацию стационарных стригальных пунктов большой производительности. [5,6]

Имеющее место перераспределение поголовья овец в РФ (таблица 2) служит основанием при совершенствовании (разработке) машинных технологий в овцеводстве на период до 2030 года применения, наряду со стационарным, автономного мобильного и многофункционального оборудования, в том числе малой производительности и метало- и энергоёмкости для фермерских и индивидуальных хозяйств населения на личном подворье. При этом стрижка, как один из наиболее ответственных технологических процессов овцеводства, требует не только совершенного оборудования, но и подготовленных стригальщиков высокой квалификации.

Решение этой задачи – в создании оборудования, которое может быть доставлено в места непосредственного нахождения овец, в том числе совместно с обслуживающим персоналом.

Работа в этом направлении проводится в отделе «Технико-экономических исследований и обоснования системы машин для механизации и автоматизации животноводства» ФГБНУ ВНИИМЖ РАН совместно с Костромской ГСХА, в числе рекомендуемых: [4,5]

– автономный мобильный стригальный пункт АМСПА-4…6/200 (на базе автомобиля повышенной проходимости грузопассажирского исполнения, с одновременной доставкой стригальщиков);

– автономный электростригальный мобильный агрегат АЭСАМ-2/200-КГСХА (на базе тяжёлого трехколесного мотоцикла «ИЖ-Планета-5», Урал-Gear Up», «Днепр-16», с одновременной доставкой стригальщиков);

– автономный мобильный гидрофицированный стригальный пункт АМГСП (на базе тракторного прицепа, с использованием для привода машинок гидросистемы трактора);

– передвижной стригальный пункт ПСП-12/200-ТСХИ (конструкции Турк-менского СХИ; перевозка оборудования на тракторного прицепе, шерстопресс на колёсном ходу с погрузчиком кип и гидроприводом);

– автономный мобильный стригальный пункт АМСП-6/200-ТСХУ (конструкции Туркменского СХУ, на базе тракторного прицепа);

В тоже время считаем целесообразным рекомендовать на перспективу высокопроизводительные и индивидуальные стригальные агрегаты, которые могут быть востребованы в крупных овцеводческих хозяйствах и хозяйствах населения, в частности:

– электростригальные агрегаты типа ЭСА 6/200, ЭСА 12/200;

– комплект технологического оборудования типа КТО-24;

– стригальный агрегат с комбинированным питанием конструкции ГНУ ВИЭСХ;

– индивидуальные стригальные аппараты нового поколения с приводом от высокооборотного коллекторного электродвигателя с гибким валом повышенной частоты вращения и малого диаметра (до 3 мм) конструкции ФГБНУ ФНАЦ ВИМ для малых ферм и хозяйств населения;

– стригальный аппарат пониженной массой с гасителем вибрации с одновременной стабилизацией частоты колебания ножа конструкции ГНУ ВИЭСХ;

– электростригальный агрегат ЭСА-1Д (на базе МСО-77 Б);

– электростригальный агрегат АСИ-101 (на базе МСУ-200);

– электростригальный агрегат АСУ-1 (на две машинки МСУ-200);

– стригальная машинка с модернизированным нажимным механизмом и режущим аппаратом на основе МСУ и МСО конструкции Оренбургского ГАУ.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Считаем необходимым отметить, что в России потребность населения и промышленности в продуктах овцеводства удовлетворены лишь частично, что служит основанием для принятия мер по дальнейшему развитию отрасли с улучшением продуктивности овец и их племенных качеств, увеличению производства баранины, повышению качества шерсти и её выхода.

Для решения вопросов, связанных с механизацией производственных про-цессов в овцеводстве, отвечающих современным требованиям отрасли, в том числе и машинная стрижка овец, необходимо:

– ходатайствовать перед Министерством сельского хозяйства РФ о выделении денежных средств на создание в головных отраслевых НИИ РАН специализированных конструкторских бюро по машинам и оборудованию с оснащённой производственной базой (опытные заводы, мастерские, лаборатории), а также животноводческих хозяйств по видам поголовья для непосредственного опробования разработок;

– принять разработанную «Систему технологий и машин…» как программный документ для организации производства оборудования для овце-

водческой отрасли, разработки новых технических средств и модернизации существующих;

– по максимуму задействовать весь комплекс разработанных и хорошо зарекомендовавших себя технических средств на основе отечественных машин для хозяйств с большим поголовьем, а также параллельно вести научные изыскания и разработку машин и оборудования для индивидуальных хозяйств и малых ферм, что будет способствовать возрождению собственного сельскохозяйственного машиностроения и отраслевой науки;

– организовать производство специального технологического оборудования, используемого в овцеводстве (стрижка, ветеринарно-санитарные мероприятия, уборка овчарен, машинное доение овец, глубокая переработка молока и т. д.);

– государственным структурным подразделениям необходимо изучить во-прос по созданию специализированных предприятий, обеспечивающих процессы машинной стрижки, закупки остриженной шерсти, дальнейшую её переработку и выпуск продукции с её реализацией. Создание таких предприятий освободит население и владельцев крестьянско-фермерских хозяйств от забот проведения стрижки и дальнейшей переработки шерсти

Литература:

1. Ерохин А.И., Ерохин С.А. Овцеводство. – М.: Изд-во МГУП, 2004. – 480 с.

2. Сайт ФАОстат http://faostat3.fao.org/download/Q/QA/E .

3. Сайт РОСстат http://www.gks.ru/dbscripts/Cbsd/DBInet.cgi .

4. Амерханов Х.А., Джапаридзе Т.Г., Ревякин Е.Л. и др. Рекомендации по развитию высокоэффективного овцеводства. – М.: ФГНУ «Росинформоагротех», 2007. – 124 с.

5. Мирзоянц Ю.А., Фириченков В.Е., Зудин С.Ю., Фириченкова С.В. Технология и технические средства машинной стрижки овец: монография. – Кострома: КГСХА, 2010. – 238 с.

6. Морозов Н.М. и др. Система технологий и машин для механизации и автоматизации производства продукции животноводства и птицеводства на период до 2020 года. Научный руководитель, академик РАСХН. – М.: ГНУ ВНИИМЖ, 2013. – 224 с.

7. Фириченков В.Е., Мирзоянц Ю.А., Русаков А.Н. Закономерности изменения эффективности производства продукции овцеводства // Вестник ВНИ-ИМЖ, 2016, № 2 (22). – С.179-185.

8. Соловьев Р.Ю., Лялякин В.П., Фрибус В.К., Силина М.И., Костомахин М.Н. Типовой проект построения эффективности системы менеджмента качества в соответствии со стандартами ИСО 9000 для предприятий технического сервиса АПК// Информагротех, - Москва, - 2009. Сер.Том

THE SHEEPBREEDING CONDITION AND THE MACHINE SHEEP SHEARING TECHNICAL MEANS IMPROVEMENT PROPOSALS

Y. A. Mirzoyants, doctor of technical science, professor, general research worker VNIIMJ RAN, E-mail: mirzoyans42@mail.ru
V. E. Firichenkov, candidate of technical sciences, professor FGBOY VO GSHA Kostroma, T-mail: viloriy2016@yndex.ru

Annotation. *The importance of sheep production is shown and it is noted that the industry has constant demand, and farms having sheep together are more efficient while working with land. The number of sheep in the world is relatively stable and in 2014 totaled more than 1,2 billion heads, at the same time across countries for 1990...and 2014 there was a noticeable in-crease in the number of sheep in China +90,9 million of heads (81%).. so as the decline in the earlier leading countries – Australia -97,7 million of heads (57%)... In Russia, due to socio-economic formation change experienced a sharp drop in numbers of sheep (1990 – 55,24 million of head, 2000 – 12,60, further growth in 2015 – 22,71 million of goals), and structural changes – the number of sheep dropped down significantly among agricultural organizations, the numbers of livestock decreased among households, at the same time, new farms ap-peared. As a result there was a decrease in sheep concentration and usage of applied high-performance stationary equipment, designed for concentrations of large numbers , became ir-rational. This is the basis for the improvement (development) of machine technologies in sheep breeding for the period up to 2030, the autonomous mobile and multifunction equipment usage, including low productivity and metal- and of energy- intensity for individual private households. For sheep shearing, which is one of the important and time-consuming sheepbreeding processes, mobile equipment delivered to the places of the sheep together with the staff is suggested.*

Keywords: *sheep in the world and in Russia, the livestock distribution dynamics, housing methods, shearing, mobile equipment.*

Literature:

1. Erohin A.I., Erohin S.A. The Sheepbreeding. – M.: MGUP publishing house, 2004. – 480 p.

2. http://faostat3.fao.org/download/Q/QA/E website FAOSTAT.

3. 3. http://www.gks.ru/dbscripts/Cbsd/DBInet.cgi website Rosstat.

4. Amerhanov H.A., Djaparidze T.G., Revyakin, E.L., etc. The effective sheep breeding de-velopment recommendations. – Moscow: FGNU «Rosinformagrotekh», 2007. – 124 p.

5. Mirzoyants J.A., Firichenkov V.E., Zudin S.Y., Filchenkova S.V. Sheep machine shearing's technology and technical means. – Kostroma: KGSKHA, 2010. – 238 p

6. Morozov N.M. etc. The livestock and poultry production mechanization and automation technologies and machines system for the period up to 2020. Scientific leader, academician of the RAAS. – M.: Institute of VNIIMJ, 2013. – 224 p.

7. Firichenkov V.E., Mirzoyan J.A., Rusakov A.N. The sheep breeding production efficiency changing regularities // Vestnik of VNIIMJ, 2016, № 2 (22). – P. 179

8. Solovyev R.Yu., Lialiakin V.P., Fribus V.K., Silina M.I., Kostomakhin M.H. Model project for the organisation of an effective quality management system in accordance with ISO 9000 standards for technical servicing enterprises in the AIC // Informagrotekh, Moscow, 2009. Ser. Vol.

УДК: 631.171

МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ОБСЛУЖИВАНИЯ МОБИЛЬНОГО ПАРКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Кравченко И.Н., доктор технических, наук, профессор,
kravchenko-in71@yandex.ru, тел.: 8-985-994-02-20;
Корнеев В.М., кандидат технических наук, профессор,
tsmio@rambler.ru, тел.: 8-916-610-75-81;
Катаев Ю.В., кандидат технических наук, доцент,
ykataev@mail.ru, тел.: 8-926-603-51-22;
Овчинникова М.С., аспирантка
ritik68rus@mail.ru, т. 8-919-961-11-36
(РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева)

Аннотация. *В данной статье рассмотрен пример методики обоснования элементов обслуживания мобильных парков сельскохозяйственных машин. Приведены формулы для расчета вероятности простоя АЗС, стоимости простоев сельскохозяйственных машин. Предложен вариант оптимизации состава и степени загрузки наиболее значимых элементов парка сельскохозяйственных машин с учетом вероятностных факторов в процессе обслуживания техники.*

Ключевые слова: *парк сельскохозяйственных машин, оптимизация, простои техники.*

Часть вспомогательных элементов при формировании машинно-тракторного парка определяется на основе традиционных расчетов, другую часть целесообразно рассчитывать с применением экономико-математических моделей, позволяющих оптимизировать состав специализированных модулей по критерию минимума потерь от простоев техники [1]. К последним можно отнести пункт заправки машин, контрольно-технический пункт (КТП) и площадки ежедневного технического обслуживания (ЕТО).

Для разработки методики обоснования необходимых элементов парка воспользуемся общепринятым подходом (рис. 1).

Целью исследования является оптимизация элементов парка с применением современных экономико-математических методов. Методика предназначена для сельскохозяйственных организаций, занимающихся проектированием парков сельскохозяйственных машин и оборудования. С ее помощью можно рассчитать количество и состав таких элементов парка, как заправочный пункт, КТП, площадки ЕТО, пункт технического обслуживания и ремонта (ПТОР) в зависимости от типа используемых машин.

Требования, предъявляемые к методике, следующие: простота для практического использования; определение оптимального состава вспомогательных элементов парка и их экономической целесообразности. При этом принято ограничение, что элементы парка работают в течение определенного времени: топливозаправочный пункт, КТП и площадки ЕТО – 1 ч, ПТОР – 1 сут.

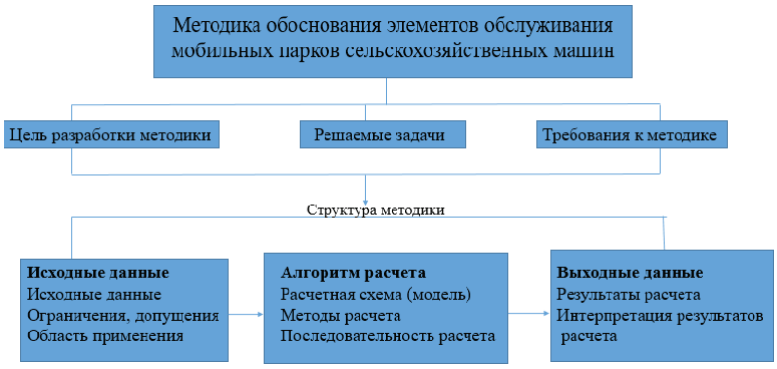


Рис. 1. Последовательность разработки методики

Методика обоснования состава элементов обслуживания мобильного парка сельскохозяйственных машин (алгоритм расчета) реализуется в четыре этапа, содержание которых приведено ниже.

Этап 1. Подготовка и анализ исходных данных.

Исходными данными для расчета топливозаправочного пункта являются количество машин каждого вида в парке, стоимость машино-смен, пропускная способность поста заправки и время работы топливозаправочного пункта. Пропускную способность одного заправочного поста можно определить в начальный период загрузки методами математической статистики. Для этого достаточно провести 15-20 замеров времени заправки единицы техники [2].

Время работы заправочного пункта принимается равным 1 ч в сутки перед началом рабочей смены машин.

Этап 2. Представление процесса заправки как многоканальной системы массового обслуживания (рис. 2).

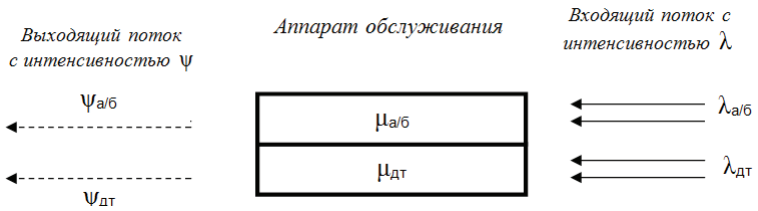


Рис. 2. Общий вид многоканальной системы массового обслуживания

Топливозаправочный пункт является аппаратом обслуживания с пропускной способностью μ по каждому виду топлива: $\mu_{аб}$ – по заправке автомобильным бензином и $\mu_{дт}$ – дизельным топливом. Автомобили и строительные машины, приезжающие на заправку, представляют собой поток требований с соответствующими плотностями $\lambda_{аб}$ и $\lambda_{дт}$. Интенсивность обслуживания может быть рассчитана как отношение плотности λ к пропускной способности μ.

В этом случае имеем два показателя по бензину и дизтопливу:

$$\psi_{аб} = \frac{\lambda_{аб}}{\mu_{аб}}; \quad (1)$$

$$\psi_{дт} = \frac{\lambda_{дт}}{\mu_{дт}}. \quad (2)$$

Поскольку заправка осуществляется перед началом рабочей смены, величины $\lambda_{аб}$ и $\lambda_{дт}$ должны учитываться применительно к этому времени, которое обычно составляет 1 ч. При этом плотность потока определяется составом и количеством техники в существующем парке машин различного назначения.

Этап 3. Построение целевой функции (математическая формализация цели решения) и расчет параметров системы массового обслуживания.

Целевая функция решения задачи может быть выражена следующей зависимостью:

$$C_{\Sigma}^{простоев} = C_{АЗС}^{простоев} + C_{машин}^{простоев} \to \min \quad (3)$$

Где $C_{\Sigma}^{простоев}$ – суммарные потери от простоев АЗС и машин, руб/ч;

$C_{АЗС}^{простоев}$ – потери от простоев АЗС, руб/ч;

$C_{машин}^{простоев}$ – потери от простоев сельскохозяйственных машин, руб/ч.

$$C_{АЗС}^{простоев} = P_{АЗС} \cdot C_{АЗС}^{час}, \quad (4)$$

где $P_{АЗС}$ – вероятность простоев АЗС;

$C_{АЗС}^{час}$ – стоимость одного часа эксплуатации АЗС, руб.

Вероятность простоев АЗС определяется по формуле:

$$P_{АЗС} = 1 - \psi. \quad (5)$$

Стоимость одного часа эксплуатации АЗС:

$$C_{АЗС}^{час} = \frac{Ц_{АЗС}}{24 \cdot T}, \quad (6)$$

где $Ц_{АЗС}$ – стоимость создания АЗС, руб.;

T – время нахождения мобильного парка машин на одном месте, сут.

Стоимость простоев сельскохозяйственных машин можно описа зависимостью:

$$C_{машин}^{простоев} = \overline{N}_{оч} \cdot C_{м-ч}, \quad (7)$$

где $\overline{N}_{оч}$ – среднее число машин в очереди на заправку, ед.

Среднее число машин в очереди на заправку $\overline{N}_{оч}$ определяется по форму.

$$\overline{N}_{оч} = \frac{\psi^2}{(1-\psi)}, \quad (8)$$

где $C_{м-ч}$ – стоимость машино-часа, руб/ч.

Таким образом, получим:

$$C_{\Sigma}^{простоев} = P_{АЗС} \cdot C_{АЗС}^{час} + \overline{N}_{оч} \cdot C_{м-ч};$$

$$C_{\Sigma}^{простоев} = (1-\psi) C_{АЗС}^{час} + \frac{\psi^2}{(1-\psi)} C_{м-ч} \to \min . \qquad (9)$$

Из этой зависимости можно найти оптимальную степень загрузки АЗС, отдельно по каждому виду топлива и в наиболее загруженное время. Для этого необходимо продифференцировать данное выражение, приравнять его к нулю и решить уравнение относительно ψ:

$$\frac{dC_{\Sigma}^{прост}}{d\psi} = -C_{АЗС}^{час} + \frac{2\psi(1-\psi) - \psi^2(-1)}{(1-\psi)^2} C_{м-ч} = 0;$$

$$C_{АЗС}^{час}(1-\psi)^2 = (2\psi - 2\psi^2 + \psi^2) C_{м-ч};$$

$$C_{АЗС}^{час} - 2C_{АЗС}^{час}\psi + C_{АЗС}^{час}\psi^2 = 2C_{м-ч}\psi - 2C_{м-ч}\psi^2 + C_{м-ч}\psi^2.$$

Получим квадратное уравнение:

$$(C_{АЗС}^{час} + C_{м-ч})\psi^2 - 2(C_{АЗС}^{час} + C_{м-ч})\psi + C_{АЗС}^{час} = 0.$$

Поскольку $\psi \le 1$, может быть принят только корень уравнения со знаком минус:

$$\psi = \frac{2(C_{АЗС}^{час} + C_{м-ч}) - \sqrt{4(C_{АЗС}^{час} + C_{м-ч})^2 - 4 \cdot C_{АЗС}^{час}(C_{АЗС}^{час} + C_{м-ч})}}{2(C_{АЗС}^{час} + C_{м-ч})} =$$

$$= 1 - \frac{\sqrt{(C_{АЗС}^{час} + C_{м-ч})(C_{АЗС}^{час} + C_{м-ч} - C_{АЗС}^{час})}}{(C_{АЗС}^{час} + C_{м-ч})} = 1 - \sqrt{\frac{C_{м-ч}}{(C_{АЗС}^{час} + C_{м-ч})}}.$$

Окончательно

$$\psi_{опт} = 1 - \sqrt{\frac{C_{м-ч}}{(C_{АЗС}^{час} + C_{м-ч})}}. \qquad (10)$$

Зависимость (10) представляет собой оптимальную степень загрузки пункта заправки в течение периода выдачи топлива.

Этап 4. Определение количества топливораздаточных колонок по каждому виду топлива и формирование выходных данных решения задачи.

Количество топливозаправочных колонок можно определить по формуле (11) отдельно для каждого вида топлива [3, 4, 5]:

$$n_{кол} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Q_{Ci}}{П \cdot T_з \cdot \eta_з \cdot \psi_{опт}}, \qquad (11)$$

Где $П$ – производительность топливозаправочной колонки, л/ч;

$T_з$ – расчетное время работы пункта заправки в течение суток, ч;

$\eta_з$ – коэффициент использования рабочего времени ($\eta_з$ = 0,92…0,95);

$\psi_{опт}$ – оптимальная степень загрузки заправочного пункта, определяемая по формуле (10);

n – количество видов (моделей) машин;

Q_{Ci} – суточный расход топлива, определяемый для i-й модели машин по формуле

$$Q_{Ci} = n_{pi} \cdot P_p \cdot \alpha_i, \qquad (12)$$

Где n_{pi} – количество машин i-й модели, эксплуатирующихся в течение одних суток, шт.;

P_p – расчетная продолжительность работы машин за сутки, машино-ч;

α_i – норма расхода топлива одной машиной, л/машино-ч.

Предлагаемая методика позволяет оптимизировать состав и степень загрузки наиболее значимых элементов парка сельскохозяйственных машин с учетом вероятностных факторов в процессе обслуживания техники. Предварительный расчет показал, что применение этой методики уменьшает на 10–20% стоимость простоев технических средств при их обслуживании, снижая общие затраты на содержание парка сельскохозяйственных машин. Аналогично рассчитывается состав таких элементов мобильного парка как КТП, площадки ЕТО (в том числе пункт мойки), ПТОР и др. [6, 7, 8, 9].

Список литературы:

1. *Рейзлин В.И. Численные методы оптимизации: учебное пособие. - Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Национального исследовательского Томского политехнического университета, 2013 – 105 с.*
2. *Голубев И.Г. Сокращение парка сельскохозяйственной техники и проблемы их сервиса / И.Г. Голубев, А.П. Королькова // ТРУДЫ ГОСНИТИ. – 2015. – Том 121. – С. 76 -7 9.*
3. *Кравченко И.Н., Гладков В.Ю. Проектирование парков машин: учебное пособие по курсовому и дипломному проектированию. – Балашиха: Изд-во ВТУ, 2004. – 179 с.*
4. *Кравченко И.Н., Зорин В.А., Гатауллин Р.М., Гладков В.Ю. Основы проектирования эксплуатационных предприятий. Часть 1. Основы организации и расчета: учебное пособие для вузов. – Балашиха: Изд-во ВТУ, 2005. – 306 с.*
5. *Реклейтис Г. Оптимизация в технике: В 2-х томах. / Г. Реклейтис, А. Рейвиндран, К. Рэгсдел. – М.: Мир, 1986. Т. 1. – 348 с.*
6. *Субаева А.К. Обеспеченность сельскохозяйственных организаций сельскохозяйственной техникой / А.К. Субаева // Сборник конференций НИЦ Социосфера. -2014. – № 44. – С. 46 – 49.*
7. *Экономика предприятий автомобильного транспорта: учебное пособие /Ю.А Хегай, В.В. Девинова, К.А. Мухина – Красноярск, 2012. – 229 с.*
8. *Мартынюк Н.П. Топливозаправочные пункты на автотранспортных предприятиях: организация и эксплуатация. – М.: Транспорт, 1995. – 144 с.*
9. *Черноиванов В.И., Лосев В.Н., Быстрицкая А.П. Очистка и мойка машин и оборудования. – М.: ГОСНИТИ, 1998. – 99 с.*
10. *Соловьев Р.Ю., Лялякин В.П., Фрибус В.К., Силина М.И., Костомахин М.Н. Типовой проект построения эффективности системы менеджмента качества в соответствии со стандартами ИСО 9000 для предприятий технического сервиса АПК// Информагротех, - Москва, - 2009. Сер.Том*

JUSTIFICATION METHOD OF THE STRUCTURAL ELEMENTS OF SERVICE MOBILE FLEET OF AGRICULTURAL MACHINERY

Kravchenko I.N., doctor of technical sciences, professor
kravchenko-in71@yandex.ru, Phone: 8-985-994-02-20);
Korneev V.M., Ph.D., Professor
tsmio@rambler.ru, Phone: 8-916-610-75-81);
Kataev Yu.V., Ph.D., Associate Professor
ykataev@mail.ru, Phone: 8-926-603-51-22);
Ovchinnikova M.S., PhD student
ritik68rus@mail.ru, Phone: 8-919-961-11-36)
(Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

Annotation. *This article describes an example of justification method of the elements of the service mobile fleet of agricultural machinery. The formulas for calculating the probability of downtime of petrol stations, the cost of downtime of agricultural machinery are considered. A variant of the composition optimization and the degree of loading of the most significant elements of the farm machinery fleet taking into account probabilistic factors in the process of maintenance of equipment are suggested.*

Keywords: *park of agricultural machinery, optimization, equipment downtime.*

Bibliography:

1. Reyzlin V.I. Numerical optimization techniques: the manual. - National Research Tomsk Polytechnic University. - Tomsk: Publishing house of Tomsk Polytechnic University, 2013 - 105 p.

2. Golubev I.G. Reducing fleet of agricultural machinery and the problems of their service / I.G Golubev, A.P Korol'kova // PROCEEDINGS GOSNITI - 2015 - Volume 121 - P. 76 -7 9.

3. Gladkov V.Y., Kravchenko I.N. Designing cars parks: a manual for course and degree designing. - Balashikha: Publishing House of the VTU, 2004. - 179 p.

4. Kravchenko I.N., Zorin V.A., GATAULLIN RM, Gladkov VY Fundamentals of operating companies. Part 1: Fundamentals of organization and calculation: a textbook for high schools. - Balashikha: Publishing House of the VTU, 2005. - 306 p.

5. Rekleytis G.Optimization of the technique: In 2 vols. / G. Rekleytis, Reyvindran A., K. Regsdel. - M .: Mir, 1986. T. 1. - 348 p.

6. Subaeva A.K. Agricultural organizations agricultural machinery / A.K. Subaeva // Proceedings of conferences SIC sociosphere. -2014. Number 44. - pp 46 - 49.

7. Business enterprises of motor transport: a tutorial / Y.A. Khegai, V.V. Devinova, K.A. Mukhina - Krasnoyarsk, 2012. - 229 p.

8. Martyniuk N.P. Refueling points on the transport companies: organization and operation. - M .: Transport, 1995. - 144 p.

9. Chernoivanov V.I., Losev V.N., Bystritskaya A.P. Cleaning and washing machines and equipment. - M .: GOSNITI, 1998. - 99 p.

10. Solovyev R.Yu., Lialiakin V.P., Fribus V.K., Silina M.I., Kostomakhin M.H. Model project for the organisation of an effective quality management system in accordance with ISO 9000 standards for technical servicing enterprises in the AIC // Informagrotekh, Moscow, 2009. Ser. Vol.

631.31:624.131.54

ВЫБОР СОСТАВА РАБОЧИХ ОРГАНОВ КОМБИНИРОВАННОГО ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО АГРЕГАТА

В.Н.Зволинский, ст. научн. сотр. инж.
ФГБНУ Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,
Москва, e-mail:vim@vim.ru

Аннотация. *В статье предлагается вариант обоснования состава комбинированного почвообрабатывающего агрегата на базе данных по вероятности разрушения комков почвы, полученных проф. А.В. Клочковым при изучении наиболее распространенных рабочих органов культиваторов, дисковых борон, катков и др. орудий. Приводятся данные по динамике крошения комков почвы до размеров, оговоренных агротехническими требованиями на примере комбинированного агрегата АКШ-6Г с построением диаграммы крошения и определением количества образованных фракций.*

Ключевые слова: *почвообработка, предпосевная культивация, комбинированный почвообрабатывающий агрегат, крошение, фракция, агротехнические требования, состав агрегата, вероятность разрушения, рабочая скорость, глубина обработки, энергоемкость.*

В 2015 году отмечалось 90–летие со дня опубликования рациональной формулы В. П. Горячкина (1), предложившего для вычисления силы тяги плугов использовать данные о массе плуга, силе трения металла по почве, рабочей скорости агрегата, параметров отрезаемого пласта – (глубины обработки и ширины захвата), сила сопротивления почвы вспашке [1].

$$P = f \cdot G + k \cdot ab + \varepsilon \cdot ab \cdot v^2, \qquad (1)$$

Предлагая данную формулу к использованию в земледельческой механике, автор выражал уверенность в перспективности её использования для систематизации данных испытаний на основе закономерностей, в том числе, для металлообработки, автомобилестроения, самолетостроения и водного транспорта. Другими словами, автор считал эту формулу практическим пособием для проведения конкретных расчетов силы тяги орудия.

Не обладая обобщенными данными об использовании формулы в других областях, применительно к почвообрабатывающим машинам можно отметить периодические попытки ее усовершенствования, имея в виду подбор коэффициентов, относящихся к технологическим, скоростным, конструктивным, структурным и другим особенностям резания почвенного пласта.

Рассматриваемая формула была опубликована в то время, когда основными почвообрабатывающими орудиями в России, были орудия, производящие за проход одну или, максимум, две операции. При этом число воздействий на почвенный комок со стороны рабочих органов было минимальным. Например: лемех или отвал плуга, стрельчатая лапа культиватора, рабочая планка или рабочая поверхность катка, зуб бороны, рабочий орган дисковой бороны, планки волокуши и т.п. При этом рабочие скорости агрегатов были невелики и составляли не более 1…1,5 м/с.

В настоящее время, сложно найти почвообрабатывающее орудие, особенно, для предпосевной культивации, не совмещающее в одном проходе нескольких попутных операций. Использование активных ротационных рабочих органов с приводом от ВОМ трактора (фрезы), постоянно колеблющихся пружинных стоек, дисков на упругих стойках, наличие всевозможных кожухов и ограждений для защиты от разбрасывания комков приводит к множественным соударениям комков и рабочих органов, достигающим нескольких десятков раз. Желание сэкономить топливо, минимизировать общее число проходов агрегата по полю, зарплату тракториста и за один проход достигнуть нужного качества крошения, приводит к созданию многооперационных скоростных (до 2…4 м/с) агрегатов.

Принимая гипотезу П.А. Ребиндера о росте затрат энергии на дробление почвенных комков по мере уменьшения требуемых размеров, а также, учитывая небольшую вероятность достижения требуемого крошения за один проход рабочего органа (даже без учета зависимости степени крошения от влажности почвы и скорости разрушения), можно понять возросший интерес к многорядным машинам, фрезерным культиваторам, высокоскоростным дисковым орудиям со свободной подвеской дисков. Этим же объясняется и высокая энергоемкость работы комбинированных машин, описываемая формулой Кирпичева (первая часть) и Ребиндера (суммарное значение):

$$A = \frac{\delta^2 V}{2E} +, \qquad (2)$$

где А – работа, затрачиваемая на разрушение тела, Н·м;

δ – величина разрушающих напряжений (предел прочности тела при сжатии), МПа;

V – объем дробимого тела, $м^3$;

К - коэффициент пропорциональности, $Н·м^3$;

ΔF - вновь образованная поверхность при разрушении тела, $м^2$;

Е – модуль упругости измельчаемого материала, МПа.

$V = B \cdot h$,

В - суммарный захват рабочих органов, м

h - глубина обработки, м

Таким образом, работа измельчения пропорциональна вновь образованной поверхности и объему измельчаемого материала. Крошение почвы возрастает с повышением скорости и уменьшается с ростом глубины обработки, хотя из формулы 1 напрямую этого и не следует. Однако из этого вытекает, что наилучшее крошение достигается применением обработки в несколько приемов. Большое значение имеет размер почвенных фракций до предстоящей обработки, так как работа, затрачиваемая на обработку бесструктурной почвы в некоторых случаях в несколько раз больше, чем при обработке заранее агрегированной почвы.

Анализ конструкций современных комбинированных машин показывает, что несмотря на достаточно широкий перечень технологических операций при подготовке почвы под посев, набор используемых рабочих органов достаточно консервативен. За последние 10 лет изменились лишь условия использования дисковых фронтальных борон, зачастую многорядных, с гладкими или гофрированными дисками с индивидуальным креплением

дисковых секций, исключающее забивание орудия растительными остатками и минимизирующее число поломок дисков при работе на повышенных скоростях.

Также большее распространение получили глубокорыхлительные лапы, обычно составные, на пружинных стойках; иногда использующиеся в сочетании с дисковыми рабочими органами. Расширилась номенклатура выравнивающе - уплотнительных органов за счет использования подпружиненных досок и различных катков. Для получения мелкокомковатой структуры все шире используются фрезерные культиваторы, как с горизонтальными, так и с вертикальными рабочими органами.

Кроме таких общих факторов, как тип почвы, влажность, глубина обработки, скорость и др., должно быть учтено воздействие не только рабочих органов, но и соударяющихся фракций с несоразмерными по массе и моментам инерции препятствиями - рамой, ограждениями, крупными комками с большим пределом прочности, комками, двигающимися, как во встречном, так и косом направлениях, при падении на почву, стерню.

В качестве одного из требований к крошению почвы на глубину обработки, оговоренное АТТ на предпосевную обработку почвы, например, для зерновых культур, является образование 75% фракций размером от 10 до 50 мм, 50% - комков размером до 20 мм и 20% - размером менее 0,25 до 5 мм.

Однако спрогнозировать и, тем более, подсчитать напрямую вероятность достижения требуемого крошения достаточно сложно.

Основой для проведения наших расчетов послужили данные исследований профессор Клочкова А.В. (БГСХА) [2, 3], полученные при определении вероятности разрушения комков отдельными, наиболее распространенными около 30 лет назад, рабочими органами орудий для предпосевной подготовки почвы. Под вероятностью оптимального разрушения почвенных комков при предпосевной культивации понимается отношение числа комков размером до 50 мм, образующихся после прохода рабочего органа, к их числу до прохода в слое на глубину обработки почвы. Результаты исследований приведены в таблице 1 (поз.1 – 8). Эти данные учитывают влияние на измельчение почвы расстановки и совместного действия различных рабочих органов, скорости движения, влажности почвы и предела прочности почвенных агрегатов.

В последние годы широкое распространение получили комбинированные почвообрабатывающие машины, в конструкциях которых используются рабочие органы, не вошедшие в рассмотренный выше перечень, такие как фрезерные ножи, диски фронтальных борон, лапы рыхлительные на жестких и упругих стойках, планчатый и зубчатый катки, диски борон и лущильников вырезные и гладкие, использующиеся также во фронтальных боронах, лапы глубокорыхлительные на упругих стойках, доска выравнивающая подпружиненная (табл.1, поз.9 - 18). Попытаемся экспертным путем спрогнозировать вероятности крошения почвы этими рабочими органами с учетом данных их агрооценки во время испытаний на машиноиспытательных станциях и сопоставления полученного качества обработки с результатом работы аналогичных рабочих органов.

1. Составные рыхлительные лапы на жестких стойках, работающие на глубину до 16 см, по сравнению с универсальными стрельчатыми лапами парового культиватора КПС-4, будут иметь меньшую вероятность кроше-

ния на 15-20% (в среднем, около 0,460), так как кроме большей на 25% глубины культивации, вдвое меньшая скорость работы (6 против 12 км/ч), приводит к падению интенсивности крошения [4].

Таблица 1

Вероятности разрушения комков почвы после прохода орудия

№ пп	Тип рабочего органа	Вероятность разрушения комков					
		по А.В.Клочкову			экспертная оценка		
		мин.	макс.	ср.	мин.	макс.	ср.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Лапы стрельчатые полольные	0,322	0,375	0,344	-	-	-
2	Стрельчатые лапы на С-образных пружинных стойках	0,629	0,688	0,652	-	-	-
3	Стрельчатые лапы на S-образной пружинной стойке	0,400	0,700	0,550	-	-	-
4	Зуб бороновальный «зиг-заг»	0,441	0,657	0,571	-	-	-
5	Упругие зубья с пружиной кручения	0,412	0,569	0,498	-	-	-
6	Пружинные боронки культиватора КПС-4-03	0,451	0,647	0,562	-	-	-
7	Диски ротационные игольчатые культиватора КРН-5,6	0,784	0,628	0,706	-	-	-
8	Диски кольчато-шпоро-вого катка	0,431	0,696	0,559	-	-	-
9	Лапы рыхлительные	-	-	-	0,440	0,480	0,460
10	Лапы глубокорыхлительные на упругих стойках	-	-	-	0,640	0,600	0,620
11	Диски борон и лущильников гладкие	-	-	-	0,540	0,580	0,560
12	Диски борон вырезные	-	-	-	0,580	0,620	0,600
13	Диски фронтальных борон	-	-	-	0,580	,620	0,600
14	Фрезерные ножи горизонтальные	-	-	-	0,920	0,860	0,890
15	Фрезерные ножи вертикальные	-	-	-	0,700	0,800	0,750
16	Каток планчатый	-	-	-	0,360	0,400	0,380
17	Каток зубчатый	-	-	-	0,450	0,470	0,460
18	Доска выравнивающая подпружиненная	-	-	-	0,280	0,320	0,300

2. Те же рыхлительные лапы на упругой подвеске за счет автоколебаний, передаваемых от стоек, будут иметь вероятность крошения несколько выше, чем у лап на жестких стойках - 0,620. При этом снижение их энергоемкости вследствие уменьшения влияния как внешнего, так и внутреннего трения, адгезии (липкости) составит около 25…30% по сравнению с рабочими органами на жестких стойках [5].

3. Гладкие диски традиционных борон и лущильников, располагающихся на одном общем валу, по вероятности крошения могут быть сравнимы с ротационными игольчатыми дисками культиватора КРН-5,6, однако, предназначенные для обработки почв на глубину до 15 см со средним сопротивлением 0,6 МПа и предельной рабочей скоростью до 7 км/ч, они несколько менее интенсивно крошат пласт. Поэтому можно предположить среднюю вероятность их крошения около 0,650.

4. Для вырезных дисков, в том числе и дисков последней конструкции французской фирмы «Quivogne», работающих на глубину до 20 см со ско-

ростью до 12 км/ч, вероятность крошения будет несколько выше и составит около 0,680.

5. Получившие, в последние годы, широкое распространение дисковые орудия с индивидуальным креплением дисковых секций к раме, т.н. «дискаторы», использующие как гладкие, так и вырезные диски, за счет шарнирности, как правило, подпружиненных секций и высокой скорости работы обеспечивают высокое качество крошения почвы с вероятностью до 0,750.

6. Для обработки тяжелых, не каменистых и не подверженных эрозиям почв, европейские страны в составе комбинированных машин используют фре-зерные орудия, как с горизонтальными, так и с вертикальными рабочими ножами.

При расчете вероятности крошения почвы после прохода фрезы, кроме таких параметров как влажность почвы, скорость движения и расстановка рабочих органов, необходимо принимать во внимание значение кинематического параметра λ, представляющего собой отношение окружной скорости ножей к поступательной, подачу фрезерования и глубину обработки. В общем случае, при увеличении λ крошение пласта за счет увеличения подачи фрезерования должно уменьшаться, но при этом вырастет влияние динамической составляющей (ударной) усилия резания. В случаях необходимости, для получения гарантированного 100% крошения используются двухбарабанные фрезы, иногда с обратным направлением вращения заднего барабана.

В среднем, вероятность крошения почвы горизонтальными ножами можно задать в размере 0,860…0,920, а вертикальными – 0,820…0,880.

7. В конструкциях почти всех комбинированных машин используются такие вспомогательные рабочие органы как катки и выравнивающие доски. Их назначением является дополнительное крошение крупных комков, уплотнение и выравнивание поверхности почвы перед посевом. Выравнивающая поверхность доски оснащается всевозможными зубьями, подпружинивающими устройствами, позволяющими изменять давление на почву от 1,5…4 кг/см захвата, в том числе и за счет регулировки наклона доски в пределах от 30 до 90°. Для подобных целей, на более высоких скоростях используются трубчатые катки с гладкими, конусными, прямыми или наклонными трубками, а для получения необходимого качества измельчения дернины –зубчатые катки [6]. Для интенсификации работы, катки имеют различные диаметры и удельные массы от 30 до 320 кг/п. м. Исследования [7] показали лучшую крошащую способность катков меньшего диаметра, что позволяет несколько снизить удельную массу всей конструкции машины. Вероятность крошения почвы после прохода планчатых и зубчатых катков в среднем составляет 0,380 и 0,450 соответственно, а выравнивающих досок - 0,300.

В качестве примера для расчета суммарного крошения почвы комбинированными машинами рассмотрим полунавесной комбинированный агрегат АКШ-6Г, Грязинским культиваторным заводом, предназначенный для предпосевной подготовки почв под посев зерновых, технических, различных мелкосемянных культур (рис.1).

Назначением агрегата является предварительное выравнивание рельефа почвы подпружиненными досками - выравнивателями на параллелограммных подвесках 1; разрушение комков и глыб, планировка - выравнивание и

предварительное прикатывание рельефа почвы однорядными секционными катками 2 планчатого типа; рыхление поверхностного слоя почвы на глубину до 10 см стрельчатыми лапами шириной захвата 330 мм на пружинных S– образных стойках 3, расставленных в три ряда с междуследиями 167 мм; повторное выравнивание взрыхленной предыдущими рабочими органами почвы второй доской 4; повторное прикатывание поля тандемом катков балансирного типа 5 и 6 и финишное выравнивание обработанной поверхности однорядной пружинной боронкой 7, установленной на заднем брусе рамы катка.

Таблица 2

Техническая характеристика комбинированного агрегата АКШ-6Г

Наименование показателя	Значение
Производительность агрегата за 1 ч. основного времени, га/ч	6.0
Производительность агрегата за 1 ч. эксплуатационного времени, га/ч	4.8
Ширина захвата, м	6.0
Рабочая скорость, км /ч	до 10
Транспортная скорость, км/ч	15
Глубина обработки, см	10
Масса машины, кг	3500±3%
Показатель качества выполнения технического процесса	
(крошение с содержанием фракций до 35 мм)	≥90

Высокая суммарная вероятность крошения почвы агрегатом АКШ-6Г объясняется одновременным использованием культиваторных лап на пружинных стойках и планчатых катков, снабженных гладкими (2 ряда) и зубчатыми планками (1 ряд). Малоэнергоемкий процесс неглубокой обработки позволяет агрегату работать на повышенных рабочих скоростях, в результате чего комкам почвы, вылетающим из-под планок передних катков, сообщается кинетическая энергия, способствующая дальнейшему их дроблению при ударе о землю и выступающие части орудия, в том числе и о планки катков, расположенных сзади.

Используя данные по вероятности крошения почвы отдельными рабочими органами, входящими в состав агрегата (табл. 1) и сделав допущение, что образованные комки будут иметь форму кубиков со сторонами 5 см, не трудно подсчитать ориентировочное количество отдельных фракций, образующихся в обрабатываемом слое участка после прохода каждого рабочего органа (исключая комки, образованные предшествующими проходами орудий, например, плугом с бороной и т.д.).

$$i = , \frac{Ai(1 - Bi)}{V\text{фр}} \quad (3)$$

где N_i – число фракций требуемого размера, получаемые в обрабатываемом слое при проходе i-го рабочего органа, шт.;

A_i - объем почвы, приходящийся на i–ый рабочий орган, м^3;

B_i - вероятность образования заданных фракций i - м рабочим органом;

$V_{фр}$ – объем заданной фракции почвы, см^3.

Характер изменения количества образуемых фракций рабочими органами комбинированного агрегата АКШ-6Г в порядке их установки на агрегате при обработке 1 га (рис.1) показывает, что, число вновь образуемых фракций учетного объема асимптотически уменьшается по мере прохождения агрегата учетной площади.

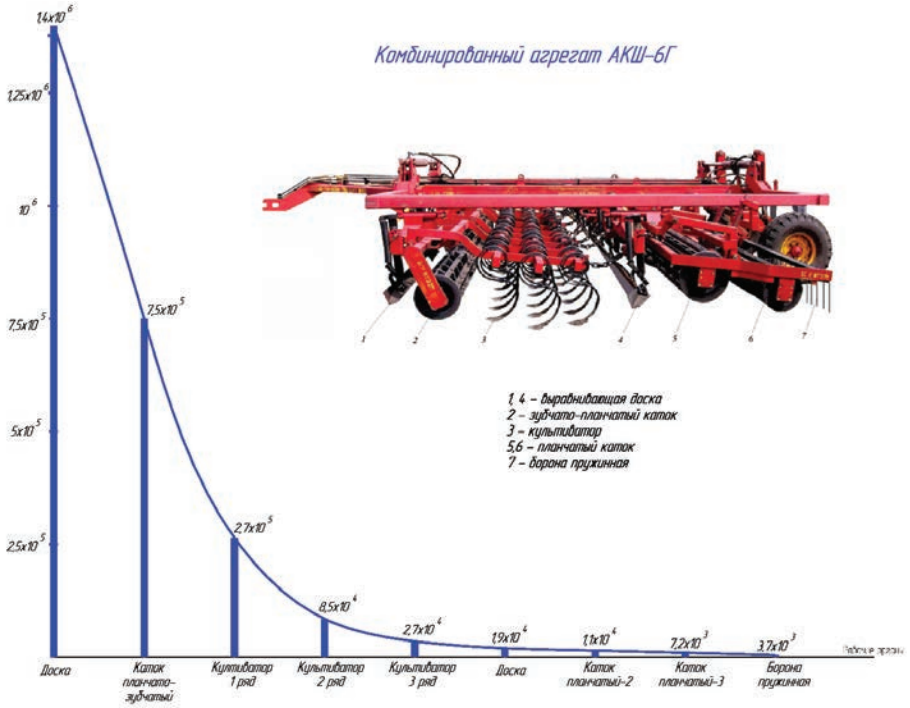


Рис.1 Крошение почвы рабочими органами агрегата АКШ-6Г

Наиболее интенсивное крошение пласта производится первыми рядами рабочих органов, несмотря на то, что они имеют не самые высокие показатели вероятностей крошения. В принципе, с точки зрения измельчения почвы в пределах требуемой глубины обработки, из 9 рядов рабочих органов вполне достаточное крошение обеспечивается первыми 7-ью рядами. Дальнейшее крошение, хоть и не связано со значительными затратами энергии, однако 3-й планчатый каток и пружинная борона утяжеляют конструкцию агрегата и снижают общий коэффициент надежности выполнения технологического процесса. Кроме того, необходимо иметь ввиду вероятность дополнительного крошения почвы высевающими рабочими органами сеялок, например, сошниками (дисковые узкорядные сошники 0,175…0,388) [3].

Поэтому, обладая достоверными данными по вероятности крошения почвы рабочими органами, которые намечены в состав агрегата и скорректировав эти данные на расстояние между отдельными рабочими органами, скорость агрегата, глубину рыхления, можно с достаточной точностью подобрать состав агрегата, который обеспечит качество крошения в соответствии с агротехническими требованиями.

Литература

1. Дубровский А.А. Рациональные основы научного эксперимента в земледельческой механике. // Мех. и электр. сел. хоз., 1968, № 10.- С. 1-6.

2. Клочков А.В. Комковатость почвы после обработки. // Мех. и электр. сел.хоз., 1982, № 5, С. 58-59.

3. Клочков А.В. Вероятности разрушения комков почвы при обработке // Мех. и электр. сел.хоз., 1984, № 5, С. 17-19.

4. Синеоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин // М.: Машиностроение, 1977.

5. Завражнов А.А. Обоснование методов оценки и расчета параметров, упругих стоек дизельных культиваторов. Автореферат дисс. канд.техн. наук. - М., 1988.

6. Зволинский В.Н. Обзор современных конструкций катков европейских фирм. // Тракторы и сельхозмашины.– 2003. – № 9. - С. 44-46.

7. Кузнецов Ю.И. Влияние диаметра сельскохозяйственных катков на агротехнические показатели работы. // Научно-технический бюллетень ВИМ, 1978. - Вып. 37. С. 3–5.

CHOOSING THE COMPOSITION OF THE WORKING BODIES OF THE COMBINED TILLAGE MACHINE

V.N. Zvolinskiy, Senior Researcher,
E-mail vim@vim.ru,
Federal Scientific Agroingineering Centre VIM (FSAC VIM).

***Summary**. The article suggests a way of foundation of contents of a combined soil-cultivating apparatus based on a data bank of probabilities for a "ball" of soil to crumble, which was obtained by professor Klochkov while studying the most widely used working details of cultivators, disc harrows, rollers and other tools. The dynamic data of soil balls crumbling to the size supposed by standards is shown on the basis of a combined AKSH-6G machine. The diagram showing the process of crumbling and measuring the quantity of appearing fractions is also supported to the article.*

***Keywords**: tillage, pre-sowing cultivation, combine tillage machine, crumble, fraction, agronomic requirements, part of the unit, the probability of crumbling, the working speed, depth of work, energy consumption.*

REFERENCES

1. Dubrovskiy A.A. Ratsionalnyye osnovy nauchnogo eksperimenta v zem ledelcheskoy mekhanike // Mekh. i elektr. sel. khoz.. 1968. № 10.- C. 1-6.

2. Klochkov V.A. Komkovatost pochvy posle obrabotki.- // Mekh.i elektr. sel. khoz..1982. № 5. S. 58-59.

3. Klochkov A.V. Veroyatnosti razrusheniya komkov pochvy pri obrabotke. // Mekh.i elektr. sel.khoz. 1984. № 5. S. 17-19.

4. Sineokov G.N., Panov I.M. Teoriya i raschet pochvoobrabatyvayushchih mashin // M.: Mashinostroenie, 1977. S. 47.

5. Zavrazhnov A. A. Substantiation of the assessment methods and calculation of parameters of elastic struts chisel cultivators // The author's abstract Diss. Cand. tech. Sciences. - M., 1988.

6. Zvolinskiy V.N. Obzor sovremennykh konstruktsiy katkov evropeyskikh firm. // Traktory i selkhozmashiny.– 2003. – № 9. - S. 44-46.

7. Kuznetsov Yu.I. Vliyaniye diametra selskokhozyaystvennykh katkov na agrotekhnicheskiye pokazateli raboty. // Nauchno-tekhnicheskiy byulleten VIM. 1978. - Vyp. 37. P. 3–5.

УДК 622.692.4.004.53

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ АВАРИЙ И КАТАСТРОФ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АПК

Голдобина Л.А. заведующая кафедрой д.т.н., профессор
(Санкт-Петербургский горный университет,
89043368676, kaf-sgp@mail.ru)
Орлов П.С. заведующий кафедрой д.т.н., доцент;
89159774697, ps2009yasam@mail.ru)
Морозов В.В., доцент кафедры, к.ф-м.н.
89051301229, v,morozov@yarcx,ru),
Попова Е.С., инженер,
(Ярославская государственная сельскохозяйственная академия)

Аннотация. *В работе рассмотрены бесконтактные методы идентификации коррозионных повреждений подземных трубопроводов; предложены мероприятия по повышению коррозионной стойкости металла труб.*

Ключевые слова: *коррозия, идентификация коррозионных процессов, фазовый перенос, повышение коррозионной стойкости стальных труб трубопроводов и высокотемпературных поверхностей нагрева.*

Цель исследования. Сельское хозяйство относится к отрасли экономики с высоким уровнем гибели и травматизма работников. Число пострадавших в сельском, лесном и охотохозяйствах в 2011 г. составило 393 человека – 12,2 % от числа всех пострадавших в РФ со смертельным исходом; в 2012 г. – 309 пострадавших – каждый десятый из всех пострадавших с летальным исходом. В агропромышленном комплексе большое количество работающих занято во вредных условиях труда (Таблица 1) [1]. На опасных производственных объектах (ОПО) в 2014 г. зафиксированы минимальные показатели аварийности и травматизма со смертельным исходом с 1995 года. В 2014 г. на ОПО произошло 220 аварий (на 15 % меньше, чем в 2013 году). Почти в 2 раза снизилась аварийность на объектах газораспределения и газопотребления [2].

Таблица 1

Удельный вес работников, занятых во вредных условиях труда

Вид деятельности	Удельный вес работающих в условиях, не отвечающих нормативам %				
	2008	2009	2010	2011	2012
Всего по РФ	26,2	27.5	29,0	30,5	31,8
Обрабатывающие пр-ва	26,8	28,2	29,6	31,5 17,1	33,4
Из них: пищевая пром-сть	12,5	14,2	15,7	12.1	20,1
Кожевенная пром-сть	12,7	12,2	12,5		15,4

40 – 42 % аварий происходит по причине коррозии, 18 – 20 % из–за некачественных строительно–монтажных работ (главным образом межкристаллитная коррозия сварных швов и околошовной зоны), чуть меньше аварий

связано с браком шовных труб [3]. Аварийность и травматизм с летальным исходом на объектах подконтрольных Ростехнадзору представлены в таблице 2 [4].

Таблица 2

Аварийность и травматизм с летальным исходом на объектах подконтрольных Ростехнадзору

Объекты надзора	Число аварий / летальный травматизм				
	2009	2010	2011	2012	2013
Магистральный трубопроводный транспорт	28/1	13/3	17/2	21/1	12/0
Объекты потребления и газораспределения	38/6	51/4	36/11	47/19	40/2
Взрывоопасные объекты хранения и переработки растительного сырья	1/9	3/7	1/2	0/3	2/5
Всего но РФ	158/368	367/463	353/364	366/397	251/323

По данным Росстата в стране из года в год снижается количество несчастных случаев с работниками на производстве. Вместе с тем, статистические данные трех федеральных структур, ведущих учет несчастных случаев на производстве – Росстата, Роструда и Фонда социального страхования РФ существенно отличаются. Сведения о количестве выявленных сокрытых несчастных случаев на производстве представлены в таблице 3 [5].

Таблица 3

Количество выявленных сокрытых несчастных случаев на производстве

Год	2003	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Тяжелых травм	2955	2171	1547	1437	1332	1226	1023	864
Летальных травм	322	268	461	473	404	365	326	315
Групповых травм	100	79	90	82	64	62	55	55
Всего	3686	2861	2425	2294	2074	1949	1686	1486

Общая протяженность магистральных трубопроводов РФ составляет более 250 тыс. км; ущерб от аварий транспортирующих организаций составляет 154833,4 тыс. рублей. Динамика аварийности и травматизма газопроводов РФ приведена в таблице 4 [6].

Таблица 4

Динамика аварийности и травматизма газопроводов РФ

Год	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Аварии	52	47	53	48	45	40	30	35	38	12	17	21
Гибель	8	9	5	6	4	7	7	2	1	3	2	1

Газопроводы прокладывают в малонаселенных районах, тем не менее, на территории Владимирской, Вологодской, Ивановской, Костромской и Ярос-

лавской областей вблизи районов интенсивной хозяйственной деятельности (населенные пункты, пересечение дорог и судоходных водных преград) проложено 350 км газопроводов; по территории, на которой осуществляется регулярная хозяйственная деятельность сельского населения (пахотные земли) проложено 279 км газопроводов; по территории, на которой осуществляется спорадическая хозяйственная деятельность (леса), проходит 877 км трасс газопроводов. Даже незначительная авария на газопроводе, приводит к утечке больших количеств легковоспламеняющегося метана, так как от момента разрыва трубопровода до момента прекращения поступления газа к месту разрыва в самом благоприятном случае проходит несколько часов пока будет отсечен аварийный участок запорными устройствами по обе стороны от места разрыва. Возгорание газа, это прямые материальные потери метана, а аварии в лесных массивах и сельскохозяйственных угодьях приводят к выгоранию леса и посевов не менее чем на 25 га. Наибольшую опасность подземные газопроводы представляют именно для сельского населения, проживающего и повседневно осуществляющего хозяйственную деятельность вблизи трасс магистральных газопроводов. Повысить безопасность систем трубопроводного транспорта можно путем разработки и внедрения новых технических решений повышения надежности трубопроводного транспорта, способных повысить безопасность эксплуатации (не только магистральных трубопроводов, что особенно актуально для сельского населения) [7], но и стальных подземных трубопроводов и труб высокотемпературных поверхностей нагрева предприятий агропромышленного комплекса. Для принятия мер к предотвращению аварий и несчастных случаев, происходящих на трубопроводном транспорте, требуется постоянно оценивать опасность коррозионного разрушения объектов с применением технических, приборных и аналитических методов, включающих техническую диагностику неразрушающими методами с последующим анализом возможности дальнейшей эксплуатации,

Методика. Определение состояния металла магистральных трубопроводов и мест коррозионных процессов осуществляется чаще всего внутритрубными ультразвуковыми и магнитными дефектоскопами. Применяются и другие неразрушающие методы дефектоскопии, например метод акустической эмиссии. Но использование дорогих внутритрубных дефектоскопов требует для каждого диаметра трубы своего снаряда, наличия на трубопроводах входных и выходных шлюзовых камер, отсутствия на трубопроводах малорадиусных поворотов и разнопроходной арматуры, что резко ограничивает их применение. Метод акустической эмиссии осуществляется при непосредственном контакте с телом трубы, требуя проведения дорогих земляных работ для откопки шурфов. Вместе с тем, для наладки катодной защиты трубопроводов используют бесконтактный метод определения поляризационных потенциалов тела трубы. Авторы предложили повысить информативность кривых поляризационных потенциалов в целях идентификации коррозионных процессов металла трубы.

Результаты и обсуждения. Визуальное обследование извлеченных из грунта (даже в точках дренажа станций катодной защиты) плетей газопроводов, выявляет значительные множественные отслоения пленочного гидроизоляционного покрытия по нижней образующей труб в зоне нахлестов гидроизоляционной ленты на предыдущий виток. Стрела провиса пленоч-

ной гидроизоляции достигает 50 75 мм. Образовавшиеся пазухи между гидроизоляцией и стенкой трубы забиты грунтом. На боковых поверхностях труб в большинстве случаев наблюдаются многочисленные локальные отслоения пленочного покрытия, не заполненные грунтом (при отсутствии механических повреждений ленты и при не нарушенной герметичности нахлестов). Под снятым пленочным покрытием в подобных изолированных от грунта карманах чаще всего обнаруживаются локальные коррозионные повреждения стенки трубы на глубину от 3-х до 5 … 6 мм. Состояние металла подземного газопровода и его гидроизоляции определяют возможность его безопасной эксплуатации; знание этих параметров позволяет своевременно проводить профилактические мероприятия в целях исключения разрывов трубопроводов, часто сопровождающихся взрывами и пожарами. Авторами получен патент РФ на «Способ определения дефектов гидроизоляционного покрытия и коррозионных повреждений наружных поверхностей подземных и подводных трубопроводов» [8] с пленочной гидроизоляцией: Поставленная задача достигается путем катодной поляризации трубопровода, измерения его потенциала и нахождения местоположения и размеров дефектов по изменению измеренного значения потенциалов. Повреждения гидроизоляционного покрытия подземного сооружения идентифицируются по вершинам «воронок провалов» поляризационного потенциала (катодная зона), по ширине воронок провала судят о размерах дефектов, по краям воронок провала по поляризационной кривой идентифицируются анодные зоны коррозионного разрушения металла. Интенсивные коррозионные процессы металла трубы протекают под гидроизоляционным ковром на тех участках поверхности трубы, где гидроизоляция не имеет внешних признаков механических повреждений, кроме его незначительного отслоения. Для оценке состояния действующего газопровода, срок службы которого превышает 5 лет, предложено эмпирическое выражение, определяющее глубину коррозионного поражения *(КОРР) мм стенки трубы:

$$\delta_{(КОРР)} = 2\,(E_{ЭДС\,(КОРР)} / \Delta L)\,(T_Г - 5)\,(I_{МАХ} / I_{Д\,(СР)}), \qquad (1)$$

где $ЕЭ_{ДС(КОРР)}/\Delta L$ В/м - градиент потенциалов между вершиной и основанием «воронки провала» на участке кривой поляризационных потенциалов;

$T_Г$ - срок службы газопровода в годах;

$I_{МАХ}$ и $I_{Д\,(СР)}$ - максимально возможный (паспортный) ток станции катодной защиты и средний действующий ток катодной станции за период эксплуатации А.

Для определения площади и местоположения дефектов гидроизоляционного покрытия межкристаллитной коррозии авторами предложен «Способ определения межкристаллитной коррозии и коррозионных повреждений наружных поверхностей подземных и подводных газопроводов». По поляризационной кривой по вершинам и краям «воронок провалов» определяют площадь S мм^2 повреждения гидроизоляционного покрытия по формуле:

$$S = 40000 - E_{ЭДС(КОРР)}/\Delta L, \qquad (2)$$

где $E_{ЭДС(КОРР)} = E_{ПА} - E_{ПК}$ - ЭДС коррозии;

$E_{ПА}$, $E_{ПК}$ - потенциалы анодной и катодной зоны;

ΔL - половина протяженности катодной зоны или основания «пика» поляризационного потенциала, причем, по краям «воронок провалов» идентифицируют коррозионные повреждения, по вершинам «пиков» поляризационного потенциала амплитудой более 150 мВ идентифицируют межкристаллитную коррозию [9]. Глубину коррозионного повреждения $\delta_{(кОРР)}$ стенки трубы определяют из выражения (1)

Мероприятия по защите подземных трубопроводов от коррозии. Авторами разработаны, проверены на практике и запатентованы: «Способ ускоренной цементации стали» [10], «Способ ускоренной цементации стальных деталей» [11] позволяющие повысить прочностные характеристики деталей механизмов и машин; совместно с учеными СПбГАУ, разработан «Способ повышения стойкости стальных трубопроводов к коррозии цементацией» [12]. Получение технического результата изобретения достигается нагревом участка диаметром 20 – 40 мм на поверхности трубы до температуры 1200 – 1400 ^{o}C высокотемпературным пламенем электродуговой горелки с двумя графитовыми электродами, установленными под углом 30° друг к другу в течение 5 – 25 с. Поверхность трубы находится на расстоянии 10 мм от концов электродов в зоне действия пламени угольной дуги. К электродам подводится электрический ток 50 – 250 А от сварочного трансформатора. Температура пламени электрической дуги составляет 3000 – 4000 ^{o}C. Электродинамическими силами в металл трубы на глубину до 2 мм внедряется атомарный и ионизированный углерод. Пламя дуги перемещается по поверхности трубы по винтовой линии виток к витку со скоростью 2 – 20 мм/с. В целях интенсификации процесса образования карбида железа, нагретую электрической угольной дугой поверхность металла, на расстоянии 75 – 100 мм от пламени дуги, охлаждают водой температурой 20 ^{o}C.

Авторами разработана методика насыщения стали алюминием импульсным методом [13]. Для повышения стойкости стальных трубопроводов к коррозии предложен «Способ повышения стойкости стальных трубопроводов к коррозии алитированием» [14]. Поставленная задача достигается циклическим нагревом стали пачками импульсов электромагнитного излучения в насыщающей среде выше точки Ac3 с последующим охлаждением ниже точки Ar1 при скорости нагрева и охлаждения не менее 1 К/с, когда нагрев производят до температуры не выше 1220 ± 10 К и охлаждение до температуры не ниже 820 ± 10 К, продолжительность выдержки при нагреве и охлаждении при экстремальных температурах определяется необходимой глубиной проникновения алюминия и равномерностью распределения его в стали, а для увеличения скорости насыщения обработку ведут в расплаве алюминия. Разогрев поверхности стальной трубы осуществляется в защитной атмосфере на глубину проникновения алюминия в сталь, число циклов термоциклирования не превышает трех, для предотвращения окисления расплав алюминия находится под слоем расплава криолита, в процессе алитирования в трубе поддерживается давление 0,5 – 0,75 от рабочего эксплуатационного давления.

Выводы.

1. По результатам исследовании разработаны: способ определения дефектов гидроизоляционного покрытия и коррозионных повреждений, наружных поверхностей, подземных и подводных трубопроводов и способ

определения межкристаллитной коррозии и коррозионных повреждений наружных поверхностей, подземных и подводных газопроводов. Подтвержденные патентами [8, 9] РФ, внедренны на предприятиях Ярославской и Ленинградской областей.

2. Разработанная методика, определения коррозионных повреждений газопровода, позволяет предупреждать развитие коррозионных процессов, после их обнаружения на поверхности металлической конструкции, в самой начальной стадии разрушения металла, когда никакие другие методы исследования еще не позволяют выявить никаких повреждений, так как они находятся за пределами разрешающей способности всех применяемых в настоящее время диагностических приборов.

3. Образовавшийся на поверхности трубы плотный слой карбида железа устойчив к коррозии, действию кислот и щелочей и имеет прочность 2000 Н/мм^2.

4. Проведенный эксперимент подтверждает возможность получения стальных конструкций, поверхность которых насыщена алюминием на необходимую глубину, обеспечивающую стойкость стали к коррозии, в том числе к высокотемпературной коррозии и повышает жаростойкость стали

Длительная (с 2009 года) выдержка алитированного образца стали в воде не привела к его коррозии.

Литература

1. «Китайская стена» Минсельхоза России. Охрана труда и социальное страхование № 3 – 2014 г. С. 14 – 23.

2. Пиляев Н.А. В Ростехнадзоре подвели итоги работы за 2014 г. и определили планы на 2015 г. // Безопасность труда в промышленности № 3, 2015 г. С. 12 – 15.

3. Рябов А.А. Строительство, эксплуатация и ремонт трубопроводных систем // Безопасность труда в промышленности № 1, 2013 г. С.74 – 77.

4. Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2013 г. – М.: ЗАО НТЦ ПБ. – 2014. С. 405.

5. Побережная Е. Охрана труда и социальное страхование № 9 – 2013. С. 44 – 49.

6. Абдрахимов Ю.Р., Закирова З.А., Басирова А.Х. Методы диагностирования магистральных трубопроводов // Безопасность труда в промышленности № 4, 2014. – С. 46 – 49.

7. Голдобина Л.А, Шкрабак В.С., Орлов П.С. Предупреждение аварий и катастроф на катоднозащищенных подземных трубопроводах бесконтактными методами идентификации коррозионного разрушения. / Монография // Санкт – Петербург – Ярославль ЯГСХА. 2012 г. 204 с.

8. Орлов П.С., Голдобина Л.А., Гусев В.П.. Способ определения дефектов гидроизоляционного покрытия и коррозионных повреждений наружных поверхностей подземных и подводных трубопроводов. // Патент РФ № 2319139 от 24.03.2006. G01N 27/26 Бюл. № 7. Опубл. 10.03.2008.

9. Орлов П.С., Голдобина Л.А., Попова Е.С. Способ определения межкристаллитной коррозии и коррозионных повреждений наружных поверхностей подземных и подводных газопроводов // Патент РФ № 2 457 465 G01N 17/02 Бюл. № 21 от 27.07.2012

10. Орлов П.С., Голдобина Л.А., Гусев В.П. Способ ускоренной цементации стали // Патент РФ № 2283893, С.23С 8/66. Бюлл. № 26. Опубл. 20.09.2006.

11. П.С. Орлов П.С., Голдобина Л.А., Гусев В.П., Шкрабак В.С. Способ ускорен-

ной цементации стальных деталей // Патент РФ № 2356816 от 09.01.2007. С23С 8/66. Бюлл. № 14. Опубл. 20.05.2009.

12. Орлов П.С., Голдобина Л.А., Гусев, В.П., Шкрабак В.С. // Способ повышения стойкости стальных трубопроводов к коррозии цементацией // Патент РФ № 2488649 С23F 13/16 от 27.04.2009. Бюл. № 21 Опубл. 27.07.2013.

13. Орлов П.С., Голдобина Л.А., Гусев, В.П., Шкрабак В.С. Способ легирования стали алюминием // Патент РФ № 2431696. С23С 10/22, Бюл. № 29. Опубл. 10.10.2011.

14. Орлов П.С., Голдобина Л.А., Попова Е.С., Королева М.М., Степанов А.С. Способ повышения стойкости стальных трубопроводов к коррозии алитированием// Патент РФ № 259 0738 С23С 10/22 от 10.07.2016 Бюл. № 19.

WARNING BREAKDOWN AND CATASTROPHE IN UNDERTAKING AGRICULTURAL ENTERPRISE COMPLEX

Goldobina L.A., Dr. of Engineering Sciences, Professor,
(Saint-Petersburg mining University,
89043368676, kaf-sgp@mail.ru),
Orlov P.S., Dr. of Engineering Sciences, dozent by physicist,
(Yaroslavl State Agricultural Academy, Yaroslavl,
89159774597, ps2009yasam@mail.ru).
Morozov W.W., kandidat physicist-mathematician science,
(Yaroslavl State Agricultural Academy, Yaroslavl,
89051301229, v,morozov@yarcx,ru),
Popova E.S., engineer
(Yaroslavl State Agricultural Academy, Yaroslavl,
89201189089, pink.slonik@mail.ru)

***Abstract**: the paper discusses the contactless methods of identification of corrosion damage of underground pipelines; measures are proposed to improve corrosion resistance of metal pipes.*

***Keywords**: Corrosion, identification of corrosion processes, phase transfer, increased corrosion resistance steel pipes high-temperature pipes and heating surfaces.*

Reference

1 «Wall of China» of Ministry of Agriculture of Russia. Health and social insurance № 3 - 2014 PP 14 - 23.

2 Piliaev N.A. In Rostekhnadzor summed up work for 2014 and defined plans for 2015 // Safety in the industry № 3, 2015 PP 12 - 15.

3 Ryabov A.A. Construction, operation and maintenance of pipeline systems // Occupational safety in the industry № 1, 2013, P.74 - 77.

4 Annual Report on the activities of Federal Service for Ecological, Technological and Nuclear Supervision in 2013 - M .: ZAO STC. – 2014. S. 405.

5 Poberezhnaia E. Health and social insurance № 9 - 2013. pp 44 - 49.

6 Abdrahimov Y.R., Zakirov Z.A., Basirova AH Methods of diagnosing of pipelines // Occupational safety in the industry № 4, 2014. - pp. 46 - 49.

7 Goldobin LA, Shkrabak VS Orlov PS Preventing accidents and disasters on katodnozaschischennyh underground pipelines contactless methods of identification of corrosion damage. / Monograph // Saint - Petersburg - Yaroslavl YSAA. 2012, 204 P.

8 Orlov P.S., Goldobin L.A, Gusev V.P. A method of determining defects in the waterproofing coating and corrosion damage to the external surfaces of underground

and underwater pipelines. // RF Patent № 2319139 from 24.03.2006. G01N 27/26 Bul. № 7. Publ. 10.03.2008.

9 Orlov P.S., Goldobin L.A., Popova E.S. The method for determining the intergranular corrosion and corrosion damage to the external surfaces of underground and underwater pipelines // RF Patent № 2457465 G01N 17/02 Bul. № 21 from 27.07.2012

10 Orlov P.S., Goldobin L.A. Gusev V.P. The process accelerated carburizing steel // RF Patent № 2283893, S23S 8/66. Bull. № 26. Publ. 20.09.2006.

11 Orlov P.S., Goldobina L.A. Gusev V.P., Shkrabak V.S. The process accelerated carburizing steel components // RF Patent № 2356816 from 09.01.2007. S23S 8/66. Bull. № 14. Publ. 20.05.2009.

12 Orlov P.S., Goldobina L.A. Gusev V.P., Shkrabak V.S. // Method to increase the resistance of steel pipe corrosion cementation // RF Patent № 2488649 S23F 13/16 from 27.04.2009. Bull. № 21 Publ. 07/27/2013.

13 Orlov P.S., Goldobinf L.A. Gusev V.P., Shkrabak V.S. doping method steel aluminum // Patent of Russian Federation № 2431696. S23S 10/22, Bul. № 29. Publ. 10.10.2011.

14 Orlov P.S., Goldobina L.A., Popova E.S., Koroleva M.M., Stepanov A.S. method of increasing the resistance to corrosion of steel pipe aluminizing // Patent of Russian Federation № 259 0738 S23S 10/22 from 10.07.2016 Bull. № 19.

УДК 621.9

ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ ЖИДКОСТНЫХ СМАЗЫВАЮЩЕ-ОХЛАЖДАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕД ЗА СЧЕТ АЭРИРОВАНИЯ ОХЛАЖДЕННЫМ ИОНИЗИРОВАННЫМ ВОЗДУХОМ

Есов В.Б., доцент, к.т.н.
Климочкин К.О., ассистент
Смаль Е.Г., магистрант
(МГТУ имени Н.Э.Баумана, г. Москва)
esov@bmstu.ru

Аннотация. *В данной работе рассматривается метод насыщения охлажденным ионизированным воздухом (ОИВ) смазочно-охлаждающих технологических сред (СОТС). Показана эффективность применения ОИВ для повышения биостойкости смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) и поддержания необходимого уровня кислотности.*

Ключевые слова: *СОТС смазочно-охлаждающая технологическая среда, СОЖ смазочно-охлаждающая жидкость, биостойкость, ионизированный воздух.*

Существует множество видов смазочно-охлаждающих технологических сред, предназначенных для обработки различных групп материалов и сплавов. Основные виды влияния СОТС на обработку резанием заключаются в отводе тепла из зоны резания, влиянии на поверхность обрабатываемого материала поверхностно-активных веществ (ПАВ) (эффект Ребиндера), химическом взаимодействии с поверхностью обрабатываемой детали [1,2,5]. Воздействие СОТС на процесс обработки материалов резанием регулируется, как правило, химическим составом СОТС, а так же способом её подачи в зону резания (под высоким давлением, в виде тумана, свободным поливом и др.) [6]. Другим путем повышения эффективности действия подаваемых СОТС является их активация внешними энергетическими воздействиями [3,4].

В работе рассматривается метод насыщения охлажденым ионизированным воздухом смазочно-охлаждающих технологических сред. Основная задача работы заключается в повышении периода стойкости инструмента и уменьшении сил резания. На основании ряда исследований можно предположить о положительном влиянии ОИВ на процесс обработки материалов [4,5]. Особенно эффективно применение ОИВ должно быть при обработке резанием восстановленных различными методами поверхностей, т.к. эти поверхности, как правило, обладают высокими физико-механическими свойствами, что значительно осложняет их обработку традиционными способами резания.

Согласно [7] совместное применение ОИВ с микродозами масла повышает работоспособность быстрорежущего инструмента до 3-х раз по сравнению с резанием всухую и до 2,5 раз по сравнению с резанием в масле, подаваемом свободным поливом.

Предварительно были проведены опыты по оценке влияния ОИВ на СОТС для подтверждения положительного воздействия.

Для оценки эффективности действия ОИВ на СОТС был проведен эксперимент в соответствии ГОСТ 9.085-78 "Испытания на биостойкость", сущность которого заключается в выдерживании двух образцов водорастворимой СОТС, один из которых продувался охлажденным ионизированным воздухом ОИВ, в условиях наиболее оптимальных для роста бактерий и микроорганизмов (+30ºС). Продувка ОИВ проводилась периодически каждый день в течении 5-6 часов. На основании проведенного эксперимента было выявлено, что стойкость СОТС с использованием разработанной установки повысилась примерно в 2.7 раза (рис.1). Оценка состояния проводилась согласно рекомендациям ГОСТ 9.085-78:

0 балл - При осмотре невооруженным глазом наблюдаются большие чётко выраженные зоны отсутствия роста микроорганизмов. Зона бактериостойкости.

1 балл - При осмотре невооруженным глазом заметны зоны отсутствия роста микроорганизмов. Зона поражения СОТС бактериями.

2 балл - При осмотре невооруженным глазом не наблюдается зон отсутствия роста микроорганизмов.

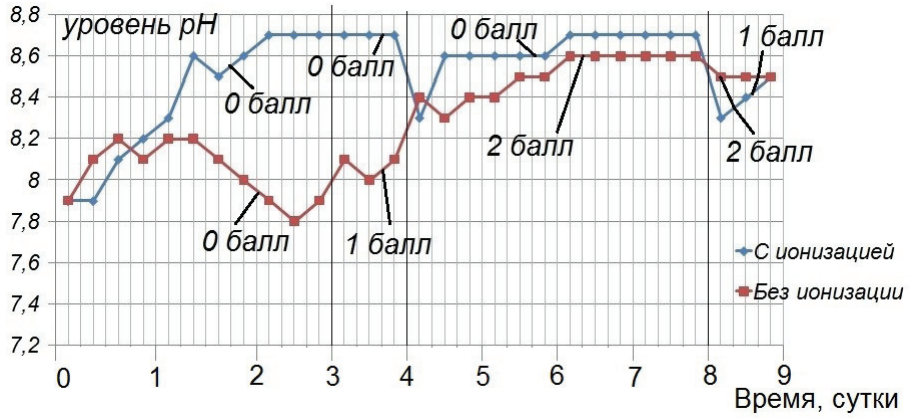


Рисунок 1. Уровень кислотности СОЖ при продувке ОИВ и без продувки.

Другим важным параметром состояния СОТС является её уровень кислотности (pH - уровень). Наиболее важно сохранение уровня кислотности постоянным, что подтверждает неизменность свойств испытуемых жидкостей. Изменение уровня во времени говорит о изменении свойств СОТС. Как видно на графике, свойства водорастворимой СОТС, продуваемой ОИВ, сохраняются постоянными (изменение показателя на 0,1 ед. является погрешностью измерительного прибора), за исключением случаев выделения ОИВ из СОТС в результате простоя в течении нескольких дней.

Полученные результаты эксперимента говорят о положительном воздействии ОИВ на сохранение стабильности СОТС, что позволяет повысить эффективность применения СОТС насыщеннойОИВ при обработке резанием труднообрабатываемых наплавленных поверхностей, применяемых при ремонтном производстве.

Литература

1. Шашин А.Д. Исследование влияния СОЖ на процесс взаимодействия инструмента и заготовки при обработке металлов резанием: Дис. канд. техн. наук: 05.03.01 : Москва 2003 118 с.

2. Павлюкова Н.Л. Повышение эффективности отделочной обработки деталей из медных сплавов свободными абразивами на основе исследования состава технологической среды : Дис. ... канд. техн. наук : 05.03.01 : Иваново, 2004 198 с. РГБ ОД, 61:05-5/78

3. Бахарев П.П., Повышение работоспособности быстрорежущего инструмента путем применения воздушных сред активированных коронным разрядом, Дис. Канд. Техн. Наук: 05.03.01: Иваново, 2005 138 с.

4. Бушуев А.Е., Повышение работоспособности быстрорежущего инструмента при использовании экологически безопасных кислородсодержащих микрокапсулированных смазочно-охлаждающих технологических средств, Дис. Канд. Техн. Наук: 05.03.01: Иваново, 2000 148 с.

5. Латышев В. Н. Повышение эффективности СОЖ. М.: Машиностроение, 1984, 65 с.

6. В.Б.Есов, К.О.Климочкин, А.П.Рыбалко, И.А.Никифоров, Эффективная модернизация крупногабаритных металлорежущих станков с применением отечественной системы ЧПУ FlexNC и системы подачи в зону резания охлажденного ионизированного воздуха// Международная научно-техническая конференция «75 лет на рубеже передовых технологий», сборник трудов. СПб.: ОАО «ЦТСС», 2014.– 429 стр. ISBN 987-5-902241-26-3

7. Комельков В.А., Повышение работоспособности быстрорежущего инструмента путем применения ионизированного воздуха с включением микродоз масла И-20А, Дис. Канд. Техн. Наук: 05.03.01, 05.02.04: Иваново, 2006, 130 с.

INCREASE IN THE LIFE OF LIQUID LUBRICATING AND COOLING TECHNOLOGICAL ENVIRONMENTS THROUGH AERATION BY COOLED IONIZED AIR

Esov Valery, docent, Ph.d.
Klimochkin Kuzma, assistant
Smal Evgeny, undergraduate
(Bauman MSTU, esov@bmstu.ru)

Annotation. *In this paper the method of saturation of lubricating and cooling technological environments with cooled ionized air is shown. The efficiency of the use of cooled ionized air to increase the biological stability of the coolant and maintain the necessary Ph level is discussed and proved .*

Keywords: *cutting fluids, coolants, biostability, ionized air.*

Literature:

1. Shashin A.D. Research the effect of coolant on the process of interaction between tools and workpiece in the metal cutting process: Ph.d. Sciences: 05.03.01: Moscow 2003 118 p.

2. Pavlyukova N.L. Increasing efficiency of finishing processing details from copper alloys by free abrasives on the basis of research of structure of the technological environment: Ph.d.: 05.03.01: Ivanovo, 2004 198 p.

3. Bakharev P.P., Improving the efficiency high-speed tool by using corona discharge activated air, Ph.d.: 05.03.01: Ivanovo, 2005 138 p.

4. Bushuev A.E., Increase of working capacity of the high-speed tool at use of ecologically safe oxygen-containing microencapsulated lubricating-cooling technological means, Ph.d. Sciences: 05.03.01: Ivanovo, 2000 p.

5. Latyshev V.N. Improving the effectiveness of coolant. M .: Mechanical Engineering, 1984, 65 p.

6. Eesov V.B., Klimochkin K.O., Rybalko A.P., Nikiforov I.A., Effective modernization of large-size metal-cutting machine tools with the use of the national CNC FlexNC system and a system for feeding cooled ionized air into the cutting zone // International Science -technical conference "75 years on the edge of advanced technology", a collection of works. St. Petersburg: 2014.- 429 pages ISBN 987-5-902241-26-3

7. Komelkov V.A., Improving the efficiency of a high-speed tool by using ionized air with the inclusion of microdoses of oil I-20A, Ph.d.: 05.03.01, 05.02.04: Ivanovo, 2006, 130 p.

УДК 631.158:658.345

СООТВЕТСТВИЕ СТАНДАРТАМ ОСНОВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ БЕЗОПАСНОСТИ К МАШИНАМ, ПРОШЕДШИМ ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

Казакова В.А., зав.сектором стандартизации,
Шинкевич В.А., вед.инженер,
Филиппова Е.М., ст.науч.сотр.,
Ивлева И.Б., науч.сотр
Буренко Л.А., к.т.н.
ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
(495) 371-64-39, stand-gosniti@mail.ru

Аннотация. *В статье представлены соответствия основных требований безопасности на ремонтных операциях разной сложности, а также требований безопасности к машинам, прошедшим ремонт, государственным стандартам соответствующих направлений.*

Ключевые слова: *требования безопасности, стандарты, ремонт, сельскохозяйственная техника.*

Во многих случаях травмирования или заболеваний работников мастерских хозяйств и предприятий технического сервиса сельхозтехники можно было бы избежать, если бы работающие хорошо знали и строго выполняли требования по технике безопасности, а работодатели и инженерно-технические работники строго руководствовались законами и положениями по охране тру-да.

В настоящее время работы по ремонту или техсервису часто выполняются с нарушением технологических процессов, что повышает уровень травматизма.

Ниже представлены соответствия основных требований безопасности на ремонтных операциях разной сложности, а также требований безопасности к машинам, прошедшим ремонт, государственным стандартам соответствующих направлений.

Требования безопасности при использовании и обслуживании машин:

- машины должны соответствовать требованиям безопасности при их эксплуатации, установленным в нормативной документации на новую машину конкретного вида; органы управления систем должны соответствовать требо-ваниям ГОСТ 12.2.019;
- рабочее давление воздуха в тормозной системе должно соответствовать нормам, установленным в технических условиях на конкретные модели машин;
- схождение и развал передних и задних колес должны соответствовать нормам, установленным в технических условиях на машину конкретного вида;
- двери кабины должны быть оборудованы исправными индивидуальными замками, запирающимися на ключ и стопориться автоматически в крайних положениях;

- ослабление крепления рулевой колонки и рулевой сошки, изгибы, трещины, повреждения резьбы пробок, наконечников, поломка или отсутствие шплинтов не допускаются. Люфт рулевого колеса при работающем дизеле не должен превышать величин, указанных в ГОСТ 12.2.019 и технических условиях на машину конкретного вида. Осевой люфт рулевого колеса не до-пускается;

- двигатель машины должен быть сблокирован с коробкой передач.

Требования к защитным средствам:

- движущиеся, вращающиеся части машин (карданные, цепные, ременные, зубчатые передачи и др.) должны быть защищены исправными защитными ограждениями, обеспечивающими безопасность оператора;

- машины с защитными кабинами или каркасами должны быть снабжены ремнями безопасности по ГОСТ 18524;

- система освещения машин должна соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.019.

Требования пожарной безопасности:

- первичные средства пожаротушения, которыми комплектуются машины, должны быть исправны и окрашены в сигнальные цвета по ГОСТ 12.4.026;

- электропроводки должны быть изолированы друг от друга, повреждение изоляции не допускается. Крепления проводов должны быть затянуты, а скобы сжаты. Обрыв проводов и излом металлической оплетки не допускаются. Допускаются сращивание проводов с обязательным припаиванием их концов и последующая изоляция мест сращивания;

- выпускная система двигателя должна обеспечивать гашение искр в отработавших газах.

Требования безопасности от воздействия загрязняющих и вредных веществ:

- концентрация окиси углерода в кабинах машин должна соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.019;

- содержание вредных веществ в отработавших газах (CO, CH, NOx) не должно превышать величин, указанных в ГОСТ 17.2.2.025, ГОСТ 17.2.2.05.

Экономические и гигиенические требования:

- машины должны быть снабжены исправными устройствами для крепления аптечки с медикаментами, термоса, зеркала заднего вида, первичных средств пожаротушения по ГОСТ 12.2.019;

- защита оператора от неблагоприятных внешних воздействий – шума и вибрации, выбросов вредных веществ с отработавшими газами двигателей, а также обеспечение сил сопротивления перемещению органов управления ма-шин, предусмотренных нормативной документацией на новые машины кон-кретного вида;

- уровень звука внешнего шума машин должен соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.003;

- параметры вибрации в вертикальном и горизонтальном направлениях на полу и на сиденье оператора должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.019;

- параметры вибрации на органах управления машин должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.012;

- кабина и рабочее место оператора машины должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.120;

- концентрация пыли в кабине не должна превышать величин, указанных в ГОСТ 12.2.120;

- силы сопротивления перемещению органов управления машины не должны превышать значений, приведенных в ГОСТ 12.2.120;

- в системах охлаждения, смазки, питания и других не допускаются подтекание и каплеобразование топлива, масла, технологических жидкостей через прокладки, сальники, заливные, контрольные и спускные пробки в соединениях трубопроводов и шлангов по ГОСТ 12.2.002, ГОСТ 12.2.019.

Требования охраны окружающей среды:

- перед снятием с машины деталей и агрегатов, заполненных жидко-стями, должен быть проведен их слив только в специальные закрытые емкости по ГОСТ 12.2.002, ГОСТ 12.2.019, ГОСТ 18523, ГОСТ 18524.

- технические выбросы и выбросы воздуха, удаляемого местными отсосами от оборудования, ядовитые газы, пары, которые выделяются при ремонте машин, должны подвергаться очистке перед выбросом в атмосферу с тем, чтобы их концентрация не превышала норм по ГОСТ 12.1.005, ГОСТ 17.2.2.02, ГОСТ 17.2.2.05;

- отходы производства должны храниться в специальной таре и только в местах, предназначенных, для этой цели по ГОСТ 17.0.0.01;

- хранение и транспортирование материалов и веществ с опасными и вредными выделениями должно осуществляться способами, исключающими возможность травмирования, интоксикации, загрязнения, возгорания, взрыва или других неблагоприятных последствий по ГОСТ 12.1.005.

Для повышения эффективности качества ремонта, технического обслуживания тракторов, самоходных сельскохозяйственных машин и их сборочных единиц с учетом новых марок, а также на основании теоретического обоснования необходимости пересмотра стандартов, входящих в систему технического регулирования, проводится пересмотр основополагающих ГОСТ 20793 «Тракторы и машины сельскохозяйственные. Техническое обслуживание», ГОСТ 18523 «Дизели тракторные и комбайновые. Сдача в ремонт и выпуск из ремонта. Технические условия» и ГОСТ 18524 «Тракторы сельскохозяйственные. Сдача в ремонт и выпуск из ремонта. Технические условия», а также разработан впервые проект ГОСТ «Комбайны самоходные зерноуборочные и их сборочные единицы. Сдача в ремонт и выпуск из ремонта. Технические условия».

В гармонизированных проектах стандартов:

-уточнен перечень контролируемых показателей, технической и информационной совместимости в соответствии с приоритетными направлениями стандартизации;

- разработана система показателей экологической безопасности и их нормирование при производстве и эксплуатации;

- перечень обязательных регламентных работ, направленных на техническую и экологическую безопасность и повышение конкурентоспособности с.-х. техники.

Литература

1 Буренко Л.А. Обеспечение безопасности при техническом сервисе сельскохозяйственной техники: - М.: ГНУ ГОСНИТИ Россельхозакадемии, 2014.- 332с.

2. Соловьев С.А., Казакова В.А., Шинкевич В.А., Паламарчук Я.Е. СТО ГОСНИТИ 1.001-2015 Система стандартизации ФГБНУ ГОСНИТИ. Стандарты ФГБНУ ГОСНИТИ. Порядок разработки, утверждения, учета, изменения и отмены -М.: ФГБНУ ГОСНИТИ, 2015.-63 с.

3. Буренко Л.А., Казакова В.А., Ивлева И.Б., Семенова Т.А. Обеспечение безопасности при техобслуживании зерноуборочных комбайнов // Труды ГОСНИТИ.- М., 2016.- Том 124, часть 1. – С.42-50

4. Буренко Л.А., Филиппова Е.М., Казакова В.А., Ивлева И.Б. Требования безопасности и предупреждение аварий при ремонте техники // Сельский механизатор.- М., 2016.- №4. – С.36-39

5. Костомахин М.Н., Шинкевич В.А., Тенникова Т.Н. Гармонизация государственных стандартов по техническому сервису на основе системы техниче-ского регулирования // Сельский механизатор.-М., 2013.-№10.- С.16-17

6. Соловьев Р.Ю., Лялякин В.П., Фрибус В.К., Силина М.И., Костомахин М.Н. Типовой проект построения эффективности системы менеджмента качества в соответствии со стандартами ИСО 9000 для предприятий технического сервиса АПК// Информагротех, - Москва, - 2009. Сер.Том

STANDARDS THE ESSENTIAL SAFETY REQUIREMENTS OF THE MACHINE PAST MAINTENANCE

V.A. Kazakova, manager of standardization sector,
V.A. Shinkevich, leading engineer,
E.M. Filippova, senior research associate,
I.B. Ivleva, research associate
L.A. Burenko., Cand.Tech.Sci.
FGBNA FNAC VIM, stand-gosniti@mail.ru

***Annotation**. The article mentions the cohersions between main requirements of safety at technical operations of different complexity, requirements for safety of different machines which has been previosly fixed and the state standarts of the respective direction.*

***Keywords**: safety requirements, standards, repair, agricultural machinery.*

References

1. Burenko L.A. Safety at technical service of agricultural machinery. Monograph: - M: SSI GOSNITI RAAS, 2014. – 332p.

2. Solovyov S.A., Kazakova V.A., Shinkevich V.A., Palamarchuk Ya.E. HUNDRED STATE THREADS 1.001-2015 System of standardization to FGBN GOSNITI. FGBNA standards of the STATE THREAD. An order of development, the statement, account, change and cancellation - M.: To FGBN GOSNITI, 2015.-63 pages.

3. Burenko L.A., Kazakova V.A., Ivleva I.B., Semenova T.A. Safety when ser-vicing combine harvesters//Works of the STATE THREAD. - M, 2016. -Volume 124, part 1. – Page 42-50

4. Burenko L.A., Filippova E.M., Kazakova V.A., Ivleva I.B. Safety requirements and the prevention of accidents at repair of equipment//the Rural machine operator. - M, 2016. - No. 4. – Page 36-39

5. Kostomakhin M.N., Shinkevich V.A., Tennikova T.N., Harmonization of state standards on technical service on the basis of system of technical regulation//the Rural machine operator. - M, 2013.-№10. - Page 16-17

6. Solovyev R.Yu., Lialiakin V.P., Fribus V.K., Silina M.I., Kostomakhin M.H. Model project for the organisation of an effective quality management system in accordance with ISO 9000 standards for technical servicing enterprises in the AIC // Informagrotekh, Moscow, 2009. Ser. Vol.

УДК 631.372

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЁТА ДИСПЕРСИИ РАСХОДА ТОПЛИВА ДВИГАТЕЛЯ

Калачин С. В., профессор, доктор технических наук
(ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарёва», г. Саранск, тел. 8(8342)254081, s.v.kalachin@mail.ru)

Аннотация. *В статье приводится обоснование и разработка математической модели расчёта дисперсии расхода топлива двигателя, обусловленной вероятностным характером изменения внешней нагрузки и динамических свойств машинно-тракторного агрегата.*

Ключевые слова: *математическая модель, дисперсия, расход топлива двигателя, спектральная плотность, корреляционная функция.*

Создание новых тракторов, а также комплектация на их базе машинно-тракторных агрегатов (МТА) вызывают необходимость проведения значительного объёма дорогостоящих экспериментальных исследований с применением большого количества приборов и оборудования. При этом огромный объём получаемой измерительной информации существенно усложняет процесс проведения экспериментов и обработку их результатов. Поэтому развитие конструкций тракторов требует дальнейшего развития методов, позволяющих получать достоверную информацию о закономерностях изменения эксплуатационных параметров и тем самым совершенствовать нормативную базу по установлению их количественных характеристик с целью настройки систем контроля и управления без проведения масштабных и дорогостоящих экспериментальных исследований [1-2].

В условиях вероятностного характера изменения внешней нагрузки наибольший интерес представляет определение дисперсии контролируемых экс-плуатационных параметров. Эта вероятностно-статистическая характеристика позволяет оценивать качественную сторону эксплуатационного контроля МТА, так как дисперсия является характеристикой рассеивания, разброса числовых значений эксплуатационного параметра относительно его математического ожидания [3].

Контролируемыми параметрами, прямо или косвенно отражающими режимы работы МТА, являются крутящий момент, частота вращения, расход топлива и эффективная мощность двигателя, частота вращения вала отбора мощности, скорость движения МТА [4]. Наибольшую сложность из представленной классификации контролируемых эксплуатационных параметров представляет, наряду с прямым измерением эффективной мощности, прямое измерение расхода топлива двигателя [5]. Обычно применяемые для этих целей средства контроля [6-7] малопригодны, так как длительная эксплуатация приводит к изменениям их свойств и нарушению показаний приборов. В связи с этим возрастает роль методов математического моделирования, которые в настоящее время получили наиболее широкое распространение и представляют собой необходимую предпосылку повышения

эффективности работ, направленных на повышение уровня использования современной сельскохозяйственной техники [8].

В соответствии с вышеизложенным разработана методика моделирования, позволяющая получить аналитическое выражение для расчёта дисперсии рас-хода топлива двигателя, обусловленной вероятностным характером изменения внешней нагрузки и динамических свойств МТА.

В общем виде дисперсия расхода топлива двигателя $D(G_m)$ определяется по формуле [9]:

$$S_{G_m}(\omega)=\left|\Phi_{G_m}(i\omega)\right|^2 S_M(\omega), \tag{2}$$

где $\Phi_{G_m}(i\omega)$ – частотная функция расхода топлива двигателя по входному воздействию; $S_M(\omega)$ – спектральная плотность входного воздействия:

$$S_M(\omega)=\frac{\alpha_{нк}}{\alpha_{нк}^2+\omega^2}+\frac{\alpha_{нвом}}{\alpha_{нвом}^2+\omega^2}, \tag{3}$$

где $\alpha_{нк}$ и $\alpha_{нвом}$ – коэффициенты, характеризующие интенсивность затухания корреляционной функции соответственно в системах «двигатель - трансмиссия трактора» и «двигатель - ВОМ трактора».

Квадрат модуля частотной характеристики системы по расходу топлива двигателя определяется из выражения:

$$\left|\Phi_{G_m}(i\omega)\right|^2=\left|\Phi_{G_m}(i\omega)\right|_к^2+\left|\Phi_{G_m}(i\omega)\right|_{вом}^2=$$

$$=\left|\frac{k_ц k_м^2[T_p^2(i\omega)^2+2\xi_p T_p(i\omega)+1]}{C_0(i\omega)^5+C_1(i\omega)^4+C_2(i\omega)^3+C_3(i\omega)^2+C_4(i\omega)+C_5}\right|^2+$$

$$+\left|\frac{k_ц k_{мвом}^2[T_p^2(i\omega)^2+2\xi_p T_p(i\omega)+1]}{C_{овом}(i\omega)^5+C_{1вом}(i\omega)^4+C_{2вом}(i\omega)^3+C_{3вом}(i\omega)^2+C_{4вом}(i\omega)+C_{5вом}}\right|^2. \tag{4}$$

Дисперсия расхода топлива двигателя, с учётом выражений (1), (3) и (4), определяется по формуле:

$$D(G_m)=\frac{\sigma_м^2}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\left|\Phi_{G_m}(i\omega)\right|_к^2\times\frac{\alpha_{нк}}{\alpha_{нк}^2+\omega^2}d\omega+$$

$$+\frac{\sigma_{мвом}^2}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\left|\Phi_{G_m}(i\omega)\right|_{вом}^2\times\frac{\alpha_{нвом}}{\alpha_{нвом}^2+\omega^2}d\omega. \tag{5}$$

Интегралы выражения (5) вычисляются по формуле [9]:

$$I=\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\frac{g_n(i\omega)}{h_n(i\omega)}d\omega, \tag{6}$$

где $g_n(i\omega)=B_o(i\omega)^{2n-2}+B_1(i\omega)^{2n-4}+\ldots+B_{n-1}$;

$h_n(i\omega)=A_o(i\omega)^n+A_1(i\omega)^{n-1}+\ldots+A_n$.

Интеграл (6)

$$I=\frac{(-1)^{n-1}N_n}{2A_oD_n}, \tag{7}$$

где D_n – определитель:

$$D_n = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ . & . & . & . \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix}; \; a_{mr} = A_{2m-r}; \; a_{mr} = 0 \, (n < 2m - r < 0); \qquad (8)$$

N_n – определитель, полученный из определителя D_n заменой элементов первого столбца величинами $B_o, B_1, ..., B_{n-1}$.

Числитель подынтегрального выражения (6) с учётом первого слагаемого равенства (5) определяется по формуле:

$$g_{пк}(i\omega) = B_{окg}(i\omega)^8 + B_{1кg}(i\omega)^6 + B_{2кg}(i\omega)^4 + B_{3кg}(i\omega)^2 + B_{4кg}, \qquad (9)$$

где $B_{окg} = 0; B_{1кg} = 0; B_{2кg} = 0; B_{3кg} = (k_ц k_м^2 T_p^2)^2; B_{4кg} = (k_ц k_м^2)^2$,

а первый сомножитель подынтегрального выражения:

$$h_{пк}(i\omega) = A_{окg}(i\omega)^5 + A_{1кg}(i\omega)^4 + A_{2кg}(i\omega)^3 + A_{3кg}(i\omega)^2 + A_{4кg}(i\omega) + A_{5кg},$$

где $A_{окg} = C_o$; $A_{1кg} = C_o \alpha_{нк} + C_1$; $A_{2кg} = C_1 \alpha_{нк} + C_2$; $A_{3кg} = C_2 \alpha_{нк} + C_3$;

$A_{4кg} = C_3 \alpha_{нк} + C_4$; $A_{5кg} = C_4 \alpha_{нк}$.

Определитель $D_{5кg}$ в соответствии с выражением (8)

$$D_{5кg} = A_{1кg} A_{2кg} A_{3кg} A_{4кg} A_{5кg} - A_{окg} A_{3кg}^2 A_{4кg} A_{5кg} + 2 A_{окg} A_{1кg} A_{4кg} A_{5кg}^2 -$$
$$- A_{окg}^2 A_{5кg}^3 - A_{1кg}^2 A_{4кg}^2 A_{5кg} - A_{1кg} A_{2кg}^2 A_{5кg}^2 + A_{окg} A_{2кg} A_{3кg} A_{5кg}^2,$$

а определитель

$$N_{5кg} = A_{окg} A_{1кg} A_{2кg} A_{3кg} B_{4кg} - A_{окg}^2 A_{3кg}^2 B_{4кg} - A_{окg} A_{1кg}^2 A_{4кg} B_{4кg} +$$
$$+ A_{окg}^2 A_{1кg} A_{5кg} B_{4кg} - A_{окg} A_{1кg} A_{2кg} A_{5кg} B_{3кg} + A_{окg}^2 A_{3кg} A_{5кg} B_{3кg}.$$

Числитель подынтегрального выражения (6) с учётом второго слагаемого равенства (5) определяется по формуле:

$$g_{пв}(i\omega) = B_{овg}(i\omega)^8 + B_{1вg}(i\omega)^6 + B_{2вg}(i\omega)^4 + B_{3вg}(i\omega)^2 + B_{4вg}, \qquad (10)$$

где $B_{овg} = 0$; $B_{1вg} = 0$; $B_{2вg} = 0$; $B_{3вg} = (k_ц k_{мвом}^2 T_p^2)^2$; $B_{4вg} = (k_ц k_{мвом}^2)^2$,

а первый сомножитель подынтегрального выражения:

$$h_{пв}(i\omega) = A_{овg}(i\omega)^5 + A_{1вg}(i\omega)^4 + A_{2вg}(i\omega)^3 + A_{3вg}(i\omega)^2 + A_{4вg}(i\omega) + A_{5вg},$$

где $A_{овg} = C_{овом}$; $A_{1вg} = C_{овом} \alpha_{нвом} + C_{1вом}$; $A_{2вg} = C_{1вом} \alpha_{нвом} + C_{2вом}$;

$A_{3вg} = C_{2вом} \alpha_{нвом} + C_{3вом}$; $A_{4вg} = C_{3вом} \alpha_{нвом} + C_{4вом}$; $A_{5вg} = C_{4вом} \alpha_{нвом}$.

Определитель $D_{5вg}$ в соответствии с выражением (8)

$$D_{5вg} = A_{1вg} A_{2вg} A_{3вg} A_{4вg} A_{5вg} - A_{овg} A_{3вg}^2 A_{4вg} A_{5вg} + 2 A_{овg} A_{1вg} A_{4вg} A_{5вg}^2 -$$
$$- A_{овg}^2 A_{5вg}^3 - A_{1вg}^2 A_{4вg}^2 A_{5вg} - A_{1вg} A_{2вg}^2 A_{5вg}^2 + A_{овg} A_{2вg} A_{3вg} A_{5вg}^2,$$

а определитель

$$N_{5вg} = A_{овв} A_{1вg} A_{2вg} A_{3вg} B_{4вg} - A_{овв}^2 A_{3вg}^2 B_{4вg} - A_{овg} A_{1вg}^2 A_{4вg} B_{4вg} +$$
$$+ A_{овg}^2 A_{1вg} A_{5вg} B_{4вg} - A_{овв} A_{1вg} A_{2вg} A_{5вg} B_{3вg} + A_{овв}^2 A_{3вg} A_{5вg} B_{3вg}.$$

С учётом вышеизложенного, дисперсия расхода топлива двигателя, определяется по формуле:

$$D(G_m)=\frac{B_{3кg}A_{5кg}(A_{окg}A_{3кg}-A_{1кg}A_{2кg})+B_{4кg}[(A_{окg}A_{5кg}-A_{1кg}A_{4кg}+}{A_{5кg}[A_{3кg}A_{2кg}(A_{окg}A_{5кg}+A_{4кg}A_{1кg})-A_{4кg}(A_{окg}A_{3кg}^2+}\rightarrow$$

$$\rightarrow\frac{+A_{2кg}A_{3кg})A_{1кg}-A_{окg}A_{3кg}^2]}{+A_{1кg}^2A_{4кg})+A_{5кg}(2A_{окg}A_{1кg}A_{4кg}-A_{окg}^2A_{5кg}-A_{1кg}A_{2кg}^2)]}\alpha_{нк}\sigma_м^2+$$

$$+\frac{B_{3вg}A_{5вg}(A_{овg}A_{3вg}-A_{1вg}A_{2вg})+B_{4вg}[(A_{овg}A_{5вg}-A_{1вg}A_{4вg}+A_{2вg}A_{3вg})A_{1вg}-}{A_{5вg}[A_{3вg}A_{2вg}(A_{овg}A_{5вg}+A_{4вg}A_{1вg})-A_{4вg}(A_{овg}A_{3вg}^2+A_{1вg}^2A_{4вg})+}\rightarrow$$

$$\rightarrow\frac{-A_{овg}A_{3вg}^2]}{+A_{5вg}(2A_{овg}A_{1вg}A_{4вg}-A_{овg}^2A_{5вg}-A_{1вg}A_{2вg}^2)]}\alpha_{нвом}\sigma_{мвом}^2. \qquad (11)$$

Для проверки соответствия значений дисперсии расхода топлива двигателя, полученных расчётом по выражению (11) и экспериментально, было прове-дено их сравнение (максимальное расхождение между расчётными и экспери-ментальными данными не превышает 1,3%). Это подтверждает правомерность принятых допущений при разработке математической модели расчёта диспер-сии расхода топлива двигателя с достаточной для эксплуатационных расчётов точностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калачин С.В. Оптимизация режимов работы машинно-тракторного агрегата на основе непрерывного контроля интенсивности изменения его эксплуатационных параметров: автореф. дис. д-ра техн. наук / С.В. Калачин. – Саранск, 2011. – 34 с.

2. Калачин С.В. Повышение эффективности функционирования машинно-тракторного агрегата за счет установления допускаемых режимов работы (на примере пахотного агрегата с трактором Т-150К): дис. канд. техн. наук / С.В. Калачин. – Саранск, 2000.– 181 с.

3. Калачин С.В. Определение функциональных параметров ДВС при ра-боте на переходных режимах / С.В. Калачин, В.Т. Добряев // Энергоресурсосберегающие технологии и системы в АПК: межвуз. сб. науч. тр. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2004. – С. 49-53.

4. Савельев А.П. Совершенствование способов контроля эксплуатацион-ных параметров МТА / А.П. Савельев, С.В. Калачин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2008. – № 6. – С. 23 - 24.

5. Калачин С.В. Определение состояния контролируемого эксплуатационного параметра МТА в будущие моменты времени / С.В. Калачин // Тракторы и сельхозмашины. – 2010. – № 8. – С. 53-55.

6. Пат. 2247949 Российская Федерация, МПК G01F 9/00. Расходомер топ-лива / А.П. Иншаков, А.П. Савельев, С.В. Калачин, С.В. Глотов, С.В. Крючков; заявитель и патентообладатель Мордов. гос. ун-т. – № 2003103277/28; заявл. 04.02.2003; опубл. 10.03.2005, Бюл. № 7 – 6 с. : ил.

7. Пат. 2273001 Российская Федерация, МПК G01F 9/00, 3/20. Универсальный объемный расходомер топлива / А.П. Савельев, С.В. Глотов, С.В. Калачин, В.Т. Добряев; заявитель и патентообладатель Мордов. гос. ун-т. – № 2004105375/28; заявл. 24.02.2004; опубл. 27.03.2006, Бюл. № 9 – 7 с. : ил.

8. Калачин С.В. Оптимизация параметров и режимов работы МТА / С.В. Калачин // Тракторы и сельхозмашины. – 2009. – № 7. – С. 31-33.

9. Корн Г.К. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г.К. Корн, Т.К. Корн. – М.: Наука, 1984. – 831 с.

MATHEMATICAL MODEL OF CALCULATING THE DISPERSION OF FUEL CONSUMPTION ENGINE

Kalachin S. V., professor, doctor of technical sciences
(State educational institution of higher education «Mordovia State University», Saransk, phone 89271866081, s.v.kalachin@mail.ru)

summary. *The article provides a rationale and consideres the results of the development of method of calculating the dispersion of fuel consumption engine, due to the probabilistic character of changes of external load and dynamic properties of machine-tractor unit*

Keywords: *mathematical model, dispersion, the engine fuel consumption, spectral density, correlation function.*

LITERATURE

1. Kalachin S.V. Optimization of operating modes of the machine and tractor units on the basis of continuous monitoring of changes in the intensity of its operating parameters: Abstract. Dis. Dr. Technical Science / S.V. Kalachin. - Saransk, 2011. - 34 S.

2. Kalachin S.V. Improving the efficiency of functioning of the machine and tractor unit by establishing allowable operating modes (for example, arable unit with a tractor T-150K): Dis. . Cand. Technical Science / S.V. Kalachin. - Saransk, 2000. - 181 S.

3. Kalachin S.V. Determination of functional parameters of the internal combustion engine when operating in transient conditions / S.V. Kalachin, V.T. Dobrev // Energy-resource-saving technologies and systems in the agro-industrial complex: interuniversity collection of scientific works - Saransk, 2004. - S. 49 - 53.

4. Saveliev A.P. Perfection of ways of operating parameters control the machine and tractor unit / A.P. Savelyev, S.V. Kalachin // Tractors and farm machinery. - 2008. - № 6. - S. 23 - 24.

5. Kalachin S.V. Determining the status of the controlled operational parameter the machine and tractor unit in future times / S.V. Kalachin // Tractors and farm machinery. - 2010. - № 8. - S. 53-55.

6. Patent 2247949 Russian Federation, IPC G01F 9/00. Fuel flowmeter / A.P. Inshakov, A.P. Savelyev, S.V. Kalachin, S.V. Glotov, S.V. Kryuchkov; the applicant and the patentee Mordovia University. - № 2003103277/28; appl. 04.02.2003; publ. 10.03.2005, Bull. № 7 – 6 S.

7. Patent 2273001 Russian Federation, IPC G01F 9/00, 3/20. Universal volu-metric flowmeter fuel / A.P. Savelyev, S.V. Glotov, S.V. Kalachin, V.T. Dobryev; the applicant and the patentee Mordovia University. - № 2004105375/28; appl. 24.02.2004; publ. 27.03.2006, Bull. № 9 – 7 S.

8. Kalachin S.V. Optimization of parameters and operating modes of the ma-chine and tractor unit / S.V. Kalachin // Tractors and farm machinery. - 2009. - № 7. - S. 31-33.

9. Korn G.K. Mathematical handbook for scientists and engineers / G.K. Korn, T.K. Korn. - M.: The Science, 1984 - 831 S.

УДК 631.17.001.57

ТЕХНИЧЕСКОЕ ПЕРЕОСНАЩЕНИЕ КОМБАЙНОВОГО ПАРКА АПК НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

А.Е. Немцев, главный науч. сотр., доктор техн. наук, ст. науч. сотр.,
В.В. Коротких, зав. лаб., канд. техн. наук,
С.В. Субочев, инженер - исследователь, канд. техн. наук,
И.В. Деменок, ст. науч. сотр., канд. техн. наук
(Сибирский НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства
СФНЦА РАН, Новосибирск, Россия, тел. 8-383-348-09-17,
e-mail: sibime@ngs.ru)

Аннотация*: Для обеспечения необходимой технической оснащённости предлагается целенаправленная стратегия обновления комбайнового парка АПК Новосибирской области. Для доведения фактического среднего срока службы до нормативного (10 лет), необходимо в год единовременно поставить 354, а до 5 лет – 1417 новых комбайнов.*

Ключевые слова: *техническое переоснащение, комбайновый парк, зерноуборочный комбайн, возраст техники, поставки техники.*

Программа «Техническая и технологическая модернизация, инновационное развитие» Государственной программы развития сельского хозяйства и регулировки рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 -2020 годы [1] предусматривает инновационное развитие сельского хозяйства, что в значительной степени зависит от техники, её надёжности.

Развитие АПК в решающей мере определяет состояние всего народнохозяйственного потенциала, уровня продовольственной безопасности государства и социально-экономическую обстановку в обществе. При устойчивом состоянии экономики один крестьянин обеспечивает работой 7 – 8 рабочих других отраслей. Реализация инновационных проектов в сельском хозяйстве без техники проблематична, однако снижение его технического потенциала, начавшееся с началом реформ, пока не приостановлено, о чём свидетельствуют данные, приведённые в таблице 1 [2].

Таблица 1

Наличие техники в сельскохозяйственных организациях АПК России, тыс. шт.

Виды техники	Годы				
	1990	2011	2012	2013	2014
Тракторы	1365,6	318,9	301,2	283,0	270,0
Зерноуборочные комбайны	407,8	76,6	72,3	67,9	64,6
Картофелеуборочные комбайны	32,3	2,8	2,7	2,6	2,4
Свеклоуборочные комбайны	25,0	3,1	2,8	2,5	2,4
Кормоуборочные комбайны	120,9	18,9	17,6	16,1	15,2

Доля основных видов сельскохозяйственной техники со средним сроком эксплуатации свыше 10 лет составляет по тракторам 62 %, зерноуборочным комбайнам - 45 %, кормоуборочным – 45 %.

Обеспеченность тракторами и уборочными машинами составляет лишь 45 – 60 % от потребности. При требуемой энергообеспеченности 300 – 350 л. с. на 100 га посевной площади в сельском хозяйстве имеется всего 167,01 л. с., и эта тенденция сохраняется на перспективу [3].

По Новосибирской области энергообеспеченность ещё меньше и составляет 132,2 л. с. на 100 га пашни [4].

Средний возраст зерноуборочных комбайнов (ЗК) АПК Новосибирской области также значительно превышает их нормативный срок службы (табл. 2) [5, 6, 7].

Таблица 2

Средний возраст зерноуборочных комбайнов АПК Новосибирской области, лет

Зерноуборочный комбайн	Средний возраст, лет (на 01.01)		Свыше 10 лет, % (на 01.01)	
	2008 г.	2016 г.	2008 г.	2016 г.
СК-5 «Нива»	16,5	14,8	95,0	97,9
СКД-5 «Енисей»	14,6	13,6	71,9	84,8
Дон – 1500	5,1	10,3	19,0	35,0
«Вектор», «Acros», КЗС-1218, «Полесье»		5,7		5,0
Импортные зерноуборочные комбайны	9,0	8,7	38,2	22,9
Все зерноуборочные комбайны	14,9	11,7	79,3	63,7
Все зерноуборочные комбайны	14,9	11,7	79,3	63,7

Для обеспечения необходимой технической оснащённости нужна целенаправленная стратегия обновления комбайнового парка АПК области.

Покажем это на примере зерноуборочных комбайнов, количество которых в области ежедневно убывает и на 01.01.2016 г. составило 2977 единиц.

Их возрастной и количественный состав по состоянию на начало 2016 г. приведён в табл. 3.

Таблица 3

Количественный и возрастной состав зерноуборочных комбайнов в Новосибирской области (на 01.01.2016 г.)

Год приобретения	Срок службы, лет	Кол-во комбайнов, шт.	(2)х(3)
1	2	3	4
2015	1	29	29
2014	2	75	150
2013	3	73	219
2012	4	83	332
2011	5	146	730
2010	6	94	564

2009	7	155	1085
2008	8	177	1416
2007	9	158	1422
2006	10	90	900
2005	11	64	704
2004	12	33	396
2003	13	81	1053
2002	14	60	840
2001	15	1659	24885
Итого		2977	34725

Сделаем допущение, что при списании зерноуборочные комбайны будут заменяться на аналогичные по производительности.

Введём некоторые обозначения:

$T_Н$ - нормативный срок службы ЗК, лет;

$T_Ф$ - фактический средний срок службы ЗК, лет;

$N_Ф$ - количество ЗК в области, шт.;

а - количество списываемых ЗК, отслуживших нормативный срок, шт.:

$$a = \frac{N_Ф}{T_Н}, \quad (1)$$

При условии списания ЗК после истечения их нормативного срока службы 10 лет количество ежегодно списываемых комбайнов в области составит:

2977 : 10 = 298 шт.

Определим фактический средний срок службы ЗК по формуле:

$$T_Ф = \frac{N_1 + N_2 + \ldots N_i T_i}{N_Ф}$$

где N_i - количество ЗК в области i-го возраста, лет;

T_i - возраст ЗК i-го года выпуска, лет;

i – 1, 2, … n – текущие значения возраста ЗК, лет;

n – предельное значение возраста ЗК в области, n = 15.

Фактический средний возраст ЗК в области $T_ф$ = 11,7 лет.

При обновлении комбайнового парка его средний возраст будет уменьшаться и парк будет омолаживаться.

Обозначим через А количество поступивших в АПК области новых ЗК. Сделаем допущение, что количество списанных ЗК будет равно количеству поступивших, а списана будет только самая старая техника. Тогда средний фактический срок службы ЗК АПК области можно будет определить по формуле:

$$T'_Ф = \frac{(N_1 + A_i)T_i + N_2 T_2 + \ldots + (N_i - A) T_i}{N_Ф}$$

В табл. 4 приведена динамика среднего фактического срока службы ЗК в АПК Новосибирской области при различном количестве единовременно приобретённых хозяйствами новых комбайнов.

На основании представленных материалов можно сделать следующие выводы:

- для обеспечения необходимой технической оснащённости хозяйств нужна целенаправленная стратегия обновления комбайнового парка АПК области;

- для того, чтобы довести фактический средний срок службы до нормативного (10 лет), необходимо в год единовременно поставить 354 новых комбайна (почти по 1 комбайну на хозяйство области), а до 5 лет – 1417 комбайнов (по 3 комбайна на хозяйство области);

Таблица 4

Динамика среднего фактического срока службы зерноуборочных комбайнов в зависимости от количества обновляемых машин

Количество поступивших новых зерноуборочных комбайнов за год, шт.	Средний возраст зерноуборочных комбайнов, лет.
0	11,7
100	11,2
200	10,7
300	10,2
400	9,7
500	9,3
600	8,8
700	8,4
800	7,9
900	7,4
1000	7,0
1100	6,5
1200	6,0
1300	5,5
1400	5,1
1500	4,6

- при другой стратегии обновления парк будет продолжать стареть, а остаточный ресурс имеющейся техники, который составляет в настоящее время 15 – 25 %, будет уменьшаться.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы. – М., 2012. – 81с.

2. Сельское хозяйство России. – М., МСХ РФ, 2015. – 60с.

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

4. Шавша Н.А. Темпы основного капитала в сельском хозяйстве Сибири / Перспективные направления устойчивого развития сельских территорий в условиях ВТО и импортозамещения: материалы Междунар. науч.-практ. конф. -Новосибирск, Учреждение образования «Гуманитарно – техническая академия» (Республика Казахстан), 2014. – С. 240 – 245.

5. Немцев А.Е. Обновление парка зерноуборочных комбайнов // Машинно-технологическое, энергетическое и сервисное обеспечение сельхозтоваропроизво-

дителей Сибири: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения акад. ВАСХНИЛ А.И. Селиванова / А.Е. Немцев, С.В. Субочев - (п. Краснообск, 9-11 июня 2008.) / Россельхозакадемия, Сиб. отд-ние ГНУ СибИМЭ. – Новосибирск, 2008. – С. 65-69.

6. Иванов Н.М. Повышение эффективности технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники в условиях Сибири: уч.-метод. пособие / Н.М. Иванов, А.Е. Немцев, В.В. Коротких и др. – Новосибирск, 2012. – 108 с.

7. Коротких В.В. Основные направления обеспечения ра¬ботоспо¬соб¬ности мобильной сель¬скохозяйственной техники в регионе Сибири / В.В. Коротких, А.Е. Немцев, А.М. Криков, М.М. Лившиц, В.А. Симонов, И.В. Деменок//Труды ГОСНИТИ. – М., ГОСНИТИ. – Т. 109, ч. 1.– С. 125–128.

TECHNICAL RE-EQUIPMENT OF PARK OF COMBINE APK NOVOSIBIRSK REGION

A.E. Nemcev, main scientific. officer, dr. techn. Sciences, senior scientific.
V.V. Korotkih, head. lab., cand. techn. Sciences;
S. V. Subochev, research engineer, cand. techn. Sciences;
I.V. Demenok, article scientific. officer, cand. techn. Sciences

***Abstract**. To ensure the necessary technical equipment, a dedicated strategy for reforming the combine park of agricultural complex of Novosibirskya oblast' is suggetsed. To bring the actual average life to the standard (10 years), you need a year at a time to deliver 354 new processors and for 5 years – 1417 harvesters. .*

***Keywords**: technical re-equipment, fleet of harvester combines, combine har-vester, age of equipment, the supply of equipment.*

References:

1. The state program of development of agriculture and regulation of markets of agricultural products, raw materials and food for 2013-2020. – M., 2012. – 81c.

2. Russia's agriculture. – M., Ministry of agriculture of the Russian Federation, 2015. – 60 p.

3. Fedorenko V.F. Increase of resourcemanagertestsetup of agricultural complex: scientific. ed. - M.: FSBSI «Rosinformagrotech», 2014. – 284 p.

4. Shavsha N.A. The rate of fixed capital in agriculture of Siberia / Prospective directions of sustainable development of rural territories in the conditions of WTO and import: materials of Intern. scientific.-pract. conf. -Novosibirsk, educational Establishment «Humanitarian – technical Academy» (Republic of Kazakhstan), 2014. – P. 240 – 245.

5. Nemcev A.E. Updating of park of combine harvesters // Machinery-and-technology, energy and service provision of agricultural producers of Siberia: materials of intern. scientific. – pract. conf. internat the 100th anniversary of the birth of acad. of agricultural Sciences A.I. Selivanov / A.E. Nemcev, S.V. Subochev - (p. Krasnoobsk, June 9-11, 2008.) / Russian Academy of Agricultural Sciences, sib. otd-nie, GNU Sibime. – Novosibirsk, 2008. – P. 65-69.

6. Ivanov N.M. Improving the efficiency of maintenance and repair of agricultural machinery in the conditions of Siberia: uch.- method. aid / N.M. Ivanov, A.E. Nemcev, V.V. Korotkih and etc. – Novosibirsk, 2012. – 108 p.

7. Korotkih V.V. The Basic directions of ensuring the operational activities of mobile agricultural equipment in the region of Siberia / V.V. Korotkih, A.E. Nemcev, A.M. Krikov, V.M. Livshic, V.A. Simonov, I.V. Demenok // Proceedings of GOSNITI. – M., GOSNITI. V. 109, part 1.– P. 125-128.

УДК 656.13.05.001

АНАЛИЗ ДОРОЖНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Никулин В.В., к.т.н., доцент кафедры информационных систем и технологий,
Сакович Н. Е., д.т.н., профессор кафедры математики, физики и информатики, доцент,
Христофоров Е.Н., д.т.н., профессор кафедры безопасности жизнедеятельности и инженерной экологии,
Николаев М.Ю., соискатель
(ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет», 8-953-288-62-15, E-mail: NaSa2610@mail.ru)

Аннотация. *В статье приведены данные о состоянии аварийности на дорогах Брянской области, вносящие определенный вклад в общую, скорбную, статистику аварийности на дорогах страны. Проанализированы причины и факторы дорожно - транспортных происшествий. Исследовано влияние неисправности автотранспортных средств на проблему обеспечения безопасности дорожного движения в Брянской области.*

Ключевые слова: *аварийность, безопасность дорожного движения, дорожно - транспортное происшествие, водитель, автотранспортное средство, пешеход, дорожные условия*

Одной из серьезных проблем, которая стоит перед региональными властями, является проблема аварийности на дорогах страны. За период с 1992 по 2015 год в Брянской области зарегистрировано 36247 дорожно-транспортных происшествий, в которых 6431 человек погибло и 41127 человек, получили травмы различной степени тяжести.

Основные показатели аварийности на дорогах Брянской области за период с 1992 по 2015 год представлены в таблице 1.

Таблица 1

Анализ аварийности в Брянской области

Годы	Количество ДТП, шт.	Погибло, чел	Ранено, чел.	Тяжесть последствий ДТП
1992	1484	340	1488	18,6
1993	1404	326	1483	18,0
1994	1394	312	1482	17,4
1995	1384	264	1503	15,0
1996	1382	264	1521	14,8
1997	1381	264	1561	14,5
1998	1379	262	1560	14,4
1999	1378	260	1600	14,0
2000	1376	258	1630	13,0
2001	1393	253	1650	13,3

2002	1505	259	1834	12,0
2003	1623	261	2003	11,5
2004	1691	284	2139	11,0
2005	1785	305	2299	11,7
2006	1750	250	2279	9,9
2007	1714	274	2202	11,1
2008	1665	247	2072	10,7
2009	1638	224	2056	9,8
2010	1547	234	1923	10,8
2011	1574	269	1964	12,0
2012	1449	238	1823	11,5
2013	1494	261	1860	12,3
2014	1455	278	1748	13,7
2015	1402	244	1726	12,4

Ко многим опасным факторам, определяющим причины высокого уровня аварийности, следует отметить следующие:

– недостатки системы государственного обеспечения безопасности дорожного движения (БДД). Принятая ранее Федеральная программа «Повышение безопасности дорожного движения в 2006 - 2012 годах», кардинально не решила проблемы аварийности на дорогах;

– недостатки логистики в обеспечении БДД, в первую очередь, несоответствие современным требованиям безопасности техническое обеспечение дорожных хозяйств, автотранспортных средств, средств организации дорожного движения, отставание системы связи, что приводит к несвоевременному обнаружению ДТП,

– отсутствие пешеходных переходов; отсутствие дорожных знаков; отсутствие указателей и другие.

– недостаточная медицинская и доврачебная помощь пострадавшим в дорожно-транспортных происшествиях;

– низкое качество подготовки водителей, недостаточное воспитание внутренней дисциплины, уважительного отношения к закону и правам других людей, сознательное нарушение водителями и пешеходами Правил дорожного движения (ПДД), хамство на дорогах, бравада и лихачество, вождение автомобиля в алкогольном и наркотическом опьянении;

– нарастающая диспропорция между увеличением количества автотранспортных средств, протяженностью и состоянием улично-дорожной сети, не рассчитанной на современные транспортные потоки;

Используя данные таблицы 1 методом регрессионного анализа, был определен прогноз динамики дорожно-транспортных происшествий в Брянской области.

Уравнение тренда имеет вид

$$y=4,1725x^3 – 25,532x^2 + 28,395x +1457,4$$

где y – количество ДТП, шт.;

x – периоды.

На рисунке 1 представлен график прогноза динамики дорожно-транспортных происшествий в Брянской области до 2020 года.

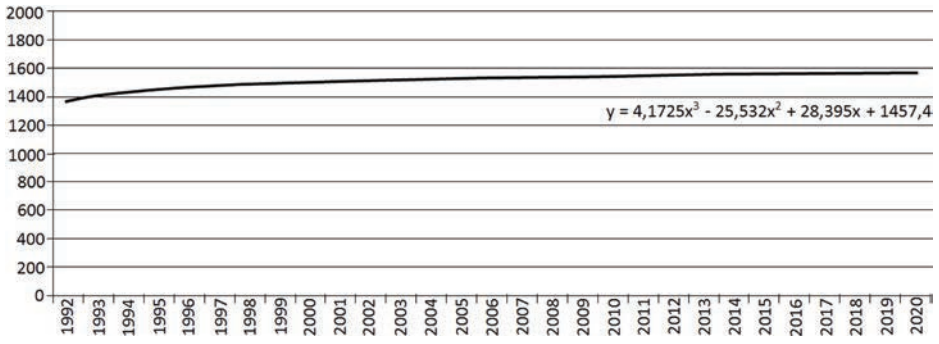


Рисунок 1 – Прогноз динамики дорожно-транспортных происшествий в Брянской области

Как видно из динамики прогноза, число дорожно – транспортных происшествий

Дорожно-транспортные происшествия в регионе произошли:

1. По вине водителя 25185 ДТП (63,9%), при этом погибли 4543 человека, ранены 33120 человек. По вине водителей, употребляющих спиртные напитки, произошло 5297 ДТП, в которых погибло1189 человек и 6989 человек получили травмы различной степени тяжести.

2. По вине пешеходов произошло 7450 ДТП, в которых погибло 1253 человека, ранено 6729 человек.

3. Неудовлетворительные дорожные условия стали причиной 4819 ДТП;

4. По причине неисправностей автотранспортных средств. Данные представлены на рисунке 2.

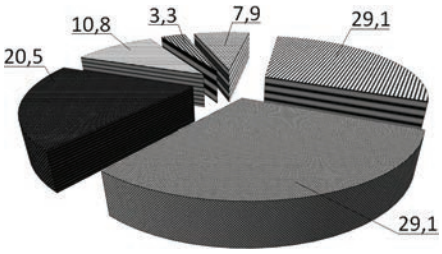


Рисунок 2 – Диаграмма распределения ДТП из – за неисправностей АТС, %: неисправности тормозной системы – 29,1%; неисправности внешних световых приборов – 29,1%; неисправности шин и колес – 20,5%;неисправности рулевого управления – 10,8%; неисправности сцепного устройства – 3.3%; иных неисправностей – 7,9%

Приведенные данные свидетельствуют о том, что неисправности тормозной системы, стали главной причиной совершения ДТП из-за неисправностей АТС.

В настоящее время руководителями автотранспортных предприятий рассматривается перспектива применения прицепных автопоездов на транспортных перевозках, первую очередь трех и четырехзвенных. Все ведущие фирмы по изготовлению и эксплуатации АТС отдают предпочтение тормозным устройствам дискового типа, которые имеют неоспоримые преимущества перед барабанными.

Разработанное на патентном уровне тормозное устройство представленное на рисунке 3.

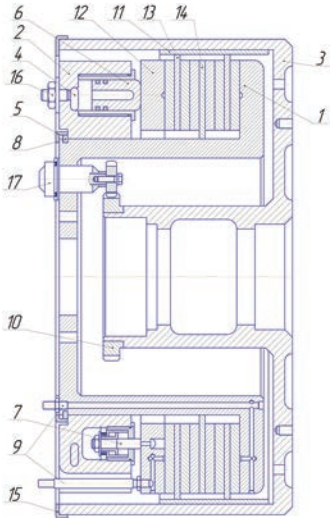


Рисунок 3 – Тормозное устройство: 1 – корпус; 2 – блок цилиндров; 3 – тормозной барабан; 4 – кольцевой канал; 5 – крышка кольца; 6 – поршень; 7 – регулятор зазоров; 8 – стопорное кольцо; 9 – форсунки для жидкостного охлаждения; 10 – зубчатое кольцо для датчика АБС; 11- направляющие барабана; 12 - прижимной диск; 13 - подвижный диск; 14 – неподвижный диск; 15 – крышка: 16 – штуцер для подсоединения тормозного привода; 17 – датчик АБС

Тормоз работает следующим образом. При подаче давления рабочее тело (сжатый воздух, гидравлическая жидкость) через штуцер 16 подается в кольцевой канал 4 к поршням 6, которые начинают двигаться, перемещая прижимной диск 12 в осевом направлении. При этом пакет дисков сжимается, на фрикционных поверхностях возникают силы трения между дисками, с помощью которых создается тормозной момент, который обеспечивает остановку транспортного средства.

Тормозное устройство при небольших температурах охлаждается потоком набегающего воздуха, при увеличении температуры включаются форсунки, подавая жидкость на охлаждение тормоза.

Включаются форсунки в работу электронным устройством, на основе терморезистора и компаратора которое, при превышении допустимого значения температуры, автоматически включает систему охлаждения

Анализ дорожной безопасности транспортных средств на дорогах Брянской области позволяет отметить следующее:

1. Дорожно – транспортные происшествия в регионе произошли по вине водителей, пешеходов, неисправностей автотранспортных средств, неудовлетворительных дорожных условий.

2. Основное количество ДТП произошло из-за нарушений Правил дорожного движения (ПДД) водителями автотранспортных средств. Наиболее распространенными причинами ДТП, из-за нарушений ПДД водителями, стали: несоответствие скорости конкретным дорожным условиям, несоблюдение очередности проезда, несоблюдение дистанции, управление транспортом в состоянии опьянения, выезд на полосу встречного движения, нарушения правил проезда пешеходных переходов.

3. Большое количество дорожно-транспортных происшествий произошло из-за неисправностей автотранспортных средств, наименее надежной является тормозная система.

Разработанное тормозное устройство позволит улучшить тормозные качества автотранспортных средств, уменьшить число ДТП из-за неисправности тормозной системы.

Литература

1. Никулин В.В. Системный анализ и моделирование проблем обеспечения безопасности транспортно-технологических процессов в агропромышленном производстве. Монография//В.В. Никулин, Е.Н. Христофоров, Н.Е. Сакович, А.М. Никитин и др.- Брянск: Изд-во ФЕБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет», 2015. - 504 с. ISBN 978-5- 88517-239-4.

2. Патент на полезную модель №107834. Тормоз механических транспортных средств/ В.В. Никулин, Е.Н. Христофоров, Н.Е. Сакович, В.И. Самусенко и др. - Опубл. БИ №24, 2011.

3. Сакович Н.Е. Теория и практика обеспечения безопасности дорожного движения в агропромышленном производстве. Монография//Н.Е. Сакович, Е.Н. Христофоров, В.С. Шкрабак. - Брянск: Изд-во Брянской ЕСХА, 2008. - 282 с. ISBN 5-88517-146-7.

4. Христофоров Е.Н. Конструктивная безопасность автотранспортных средств. Монография//Е.Н. Христофоров, Н.Е. Сакович, В.И. Лавров. - Брянск: Изд-во Брянской ГСХА, 2011. - 200 с. ISBN 978 58851-719-77.

ANALYSIS OF ROAD SAFETY OF VEHICLES IN THE BRYANSK REGION

Nikulin VV, Associate Professor of Information Systems and Technology, Dr.
Christopher EN, Professor of the Department of Life Safety and Environmental Engineering, Professor ,
Sakovich NE, professor, Department of mathematics, physics and Computer Science, Ph.D., Associate professor,
Nikolaev MY, the applicant
(FSBEI HE «Bryansk State Agrarian University», Bryansk, 8-953-288-62-15, E-mail: NaSa2610@mail.ru)

***Abstract**. The article presents data on the state of accidents on the roads of the Bryansk region, making a contribution in general, to the mournful statistics of accidents on country roads. The causes and factors of road accidents are analyzed. The influence of faults of vehicles on the issue of road safety in the Bryansk region is investigated.*

***Keywords**: accidents, traffic safety, traffic accident, driver, vehicle, pedestrian, road conditions*

Literature

1. Nikulin V.V. System analysis and modeling of problems of safety of transport - technological processes in agricultural production. Monograph//V. V. Nikulin, E. N. Khristoforov, N.E. Sakovich, A. M. Nikitin, etc. - Bryansk: Publishing house FEBO IN Bryansk state agricultural University», 2015. - 504 p. ISBN 978-5 - 88517-239-4.

2. The patent for useful model No. 107834. Brake for power-driven vehicles/ V. V. Nikulin, E. N. Khristoforov, N. E. Sakovich, V. I., Samusenko, etc. - Publ. BI No. 24, 2011.

3. Sakovich N.E. Theory and practice of ensuring of road safety in agricultural production. Monograph//N. E. Sakovich, E. N. Khristoforov, V. S. Shkrabak. - Bryansk: publishing house of Bryansk ECHA, 2008. - 282 S. ISBN 5-88517-146-7.

4. Khristoforov Ye.N. Structural safety of motor vehicles. Monograph/E. N. Khristoforov, N. E. Sakovich, V. I. Lavrov. - Bryansk: publishing house of Bryansk state agricultural Academy, 2011. - 200 p. ISBN 978 58851-719-77.

УДК 621.892.5

ПРИМЕНЕНИЕ ИНГИБИРОВАННЫХ КОНСИСТЕНТНЫХ СМАЗОК ДЛЯ ЗАЩИТЫ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Петровский Д.И., кандидат технических наук, доцент кафедры «Технический сервис машин и оборудования», Петровская Е.А., старший преподаватель кафедры «Технический сервис машин и оборудования»; Посунько И.А, аспирант кафедры «Материаловедение и технология машиностроения» (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, E-mail: dm_petrovsky@mail.ru, 8(499)976-01-70, 8(903)281-29-30).

Аннотация. *Приведён анализ коррозионных процессов в резьбовых соединениях. Предложена рецептура консистентной смазки для предотвращения коррозионного «схватывания».*

Ключевые слова: *Резьбовые соединения, коррозионное «схватывание», консистентные смазки, крутящий момент.*

Известно, что процесс атмосферной и высокотемпературной газовой коррозии приводит к «схватыванию» крепёжных деталей, в результате чего возникают трудности при разборке машин и оборудования при планово-предупредительных ремонтах, выход из строя крепёжных деталей, увеличение трудоёмкости и издержек при обслуживании сельскохозяйственной техники.

Наиболее распространёнными смазками, повышающими стойкость резьбовых соединений к газовой коррозии, являются противозадирные смазки на основе дисульфида молибдена и графита. Основными недостатками их при-менения являются температурные ограничения 400-450°С [1, 2, 3].

Анализ различных классов отечественных и зарубежных смазок и составов, предназначенных для защиты от газовой коррозии и высокотемпературного «схватывания», показывает:

- противозадирные смазки, содержащие антифрикционные материалы (графит, дисульфид молибдена) не могут быть использованы для защиты от термоокислительного «схватывания» при температурах 700…900°С вследствие разложения и выгорания антифрикционных компонентов [3, 4];
- применение эмалевых и стеклоэмалевых покрытий, а также составов, обеспечивающих защиту от «схватывания» при температурах 700…900°С связано со сложной технологией формирования покрытий перед каждым циклом эксплуатации, с использованием дорогостоящих и дефицитных мате-риалов (порошки металлов). Кроме того, в составах подобного типа отсутствуют антифрикционные материалы, что усложняет разборку крепёжных изделий и ремонт оборудования [5, 6].

Защитная высокотемпературная резьбовая смазка [7] была разработана на основе дисульфида молибдена (MoS2), диоксида титана, взятых в массовом соотношении 70:3, в минеральном или индустриальном масле с загустителем, включая смесь коллоидного графита, порошка алюминия и однокомпонентного маслорастворимого ингибитора коррозии (ОМИК), представляющего собой продукт конденсации борной кислоты, диэтаноламина и жирных кислот растительных масел [8], с массовым соотношением компонентов:

- графит коллоидный – 70;
- алюминий пудра – 5;
- ОМИК – 10.

Присутствие диоксида титана в составе обусловлено необходимостью повышения нагрузочной способности состава с тем, чтобы обеспечить возможность применения его для защиты изделий, эксплуатируемых в напряжённом состоянии [9, 10]. Соотношение графита и диоксида титана выбрано по литературным данным.

При отсутствии порошкообразного алюминия и неизменном содержании остальных компонентов в области температур 700…900°С имеет место потеря защитного эффекта вследствие выгорания антифрикционных добавок из соста¬ва композиции.

При содержании алюминия в смеси, вводимой в основу, более 5 массовых долей и неизменном содержании остальных компонентов происходит увеличение абсолютной величины момента при разборке, что обусловлено сплавлением порошкообразного алюминия с образованием жёсткого каркаса.

При отсутствии ОМИК, а также при содержании ОМИК в смеси, вводимой в основу, менее 10 массовых долей и при неизменном массовом соотношении остальных компонентов состав не обеспечивает защиту от термоокислительного «схватывания» вследствие выгорания антифрикционных добавок.

Увеличение содержания ОМИК в смеси более 10 массовых долей не приводит к повышению эксплуатационных характеристик композиции и в связи с этим не является целесообразным.

Минимальная абсолютная величина крутящего момента при разборке крепёжных узлов из углеродистых и легированных сталей достигается при соотношении компонентов в составе: графит : MoS2 равном 1:1. Увеличение, а равно и уменьшение величины данного соотношения, приводит к увеличению абсолютной величины крутящего момента при разборке.

Указанное соотношение компонентов в составе позволяет минимизировать абсолютную величину крутящего момента, необходимого для разборки крепёжных изделий, как из углеродистых, так и из легированных сталей, что подтверждается экспериментальными данными.

В экспериментах на поверхность резьбы крепёжного элемента наносили исследуемый состав, затем резьбовую пару собирали с помощью динамометрического ключа. Крутящий момент при сборке составлял 50 Н·м. Величину крутящего момента при разборке в данном и последующих экспериментах определяли по показаниям шкалы динамометрического ключа. Экспериментальные данные представлены в таблице 1.

Величина момента при разборке рассчитана как среднее арифметическое для трёх деталей.

Таблица 1

Влияние соотношения компонентов состава на величину крутящего момента при разборке крепёжного элемента «болт-гайка» М12 (сталь 20)

Состав смеси, массовые доли			Соотношение графит : MoS_2	Режимы испытания		Момент при разборке, Н·м
Графит	Алюминий	ОМИК		ч	t, °C	
Без смазки			10	700	70	
-	5	10	0	10	700	70
70	-	10	1	10	700	50
70	5	-	1	10	700	50
70	1	10	1	10	700	50
70	5	10	1	10	700	20
70	10	10	1	10	700	40
70	5	5	1	10	700	40
70	5	12	1	10	700	20
70	5	10	0,8	10	700	50
70	5	10	1,2	10	700	40

Минимальная величина крутящего момента имеет место для образца, на который наносили состав с заявляемым соотношением компонентов. При исключении одного из компонентов либо при введении компонентов в количествах, отличающихся от установленных пределов, наблюдалось увеличение крутящего момента и в ряде случаев – повреждение резьбы при разборке.

Таким образом, разработанная смазка обеспечивает защиту от термоокислительного «схватывания» изделий при температуре до 700°С.

Применение разработанного состава позволит существенно снизить трудоёмкость демонтажа оборудования за счёт снижения необходимого для разборки крутящего момента на 30-40%, что обусловлено сохранением в составе антифрикционных компонентов при температуре 700°С.

Литература

1. Карелина М.Ю. Исследование эффективности триботехнических препаратов на основе наноматериалов / М.Ю. Карелина, С.М. Гайдар // Грузовик. – 2015. – № 4. – С. 17-29.

2. Карелина М.Ю. Технология повышения износостойкости поверхностей трибосопряжений физико-химическим методом / М.Ю. Карелина, С.М. Гайдар // Грузовик. – 2015. – № 3. – С. 12-16.

3. Карелина М.Ю. Исследование влияния наноструктурирования поверхностей трибосопряжений на эксплуатационные характеристики двигателей / М.Ю. Карелина, С.М. Гайдар, А.В. Пыдрин // Грузовик. – 2015. – № 2. – С. 29-37.

4. Гайдар С.М. Адсорбция Фтор-ПАВ и её влияние на смазку трибосопряжений в условиях граничного и гидродинамического трения / С.М. Гайдар, А.А. Волков, М.Ю. Карелина // Труды ГОСНИТИ. – 2015. – Т. 118. – С. 113-124.

5. Гайдар, С.М. Повышение износостойкости узлов трения / С.М. Гайдар, М.Ю. Карелина, Е.А. Петровская, Э.А. Зиятдинов // Труды ГОСНИТИ. 2016. – Т. 122. – С. 40-47.

6. Гайдар, С.М. Применение полифункциональных ингибиторов для повышения коррозионной стойкости низкоуглеродистых сталей оборудования животноводческих ферм / С.М. Гайдар, Е.А. Петровская // В сборнике: Инновационные направления развития технологий и технических средств механизации сельского хозяйства материалы международной научно-практической конференции, посвящённой 100-летию кафедры сельскохозяйственных машин агроинженерного факультета Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I. Министерство сельского хозяйства РФ; Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I. – 2015. – С. 140-143.

7. Состав для защиты от коррозионного и термоокислительного схватывания сопряженных поверхностей: Пат. 2306329 Россия / С.М. Гайдар - № 2006120990/04. Заявл. 15.06.06. Опубл. 20.09.07. - Бюл. № 26.

8. Ингибитор коррозии металлов: Пат. 2263160 Россия / С.М. Гайдар, А.С. Тарасов, В.А. Лазарев - № 2004130182/02. Заявл. 12.10.04. Опубл. 27.10.05. - Бюл. № 30.

9. Гайдар С.М. Полифункциональные ингибиторы биокоррозии – эффективное средство повышения сохраняемости машин в животноводстве / С.М. Гайдар, Л.Ю. Дёмина, А.Л. Дмитревский, Е.А. Петровская // Техника и оборудование для села. – 2014. – № 4 (202). – С. 26-29.

10. Гайдар С.М. Использование наноматериалов в качестве присадок к маслам для уменьшения трения в трибосопряжениях / С.М. Гайдар, В.Н. Свечников, А.Ю. Усманов, М.И. Иванов // Техника и оборудование для села. – 2013. – № 1 (187). – С. 35-37.

11. Дунаев А.В., Ляпкин В.П., Соловьев Р.Ю. Технологические рекомендации по повышению ресурса агрегатов тракторов ремонтно-восстановительными добавками к смазочным маслам. // // Информагротех, - Москва – 2013

THE USE OF INHIBITED GREASE FOR PROTECTION OF THREADED CONNECTIONS

Petrovsky D. I., associate Professor, candidate of technical Sciences,
Petrovskaya E. A., senior teacher;
Posunko I. A., postgraduate student
(Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy)
dm_petrovsky@mail.ru, ea-petrovskaya@rambler.ru,
8(499)976-01-70, 8(499)977-24-10 доб. 284, 8(903)281-29-30

***Annotation**. Was given the analysis of corrosion processes in screwed connections. The formula of thickened lubricant for corrosive "gripping" prevention was offered.*

***Keywords**: screwed connections, corrosive "gripping", thickened lubricant, torque moment.*

Literature

1. Karelina M.YU. Issledovaniye effektivnosti tribotekhnicheskikh preparatov na osnove nanomaterialov / M.YU. Karelina, S.M. Gaydar // Gruzovik. - 2015. - № 4. - P. 17-29.

2. Karelina M.YU. Tekhnologiya povysheniya iznosostoykosti poverkhnostey tribosopryazheniy fiziko-khimicheskim metodom / M.YU. Karelina, S.M. Gaydar // Gruzovik. - 2015. - № 3. - P. 12-16.

3. Karelina M.YU. Issledovaniye vliyaniya nanostrukturirovaniya poverkhnostey tribosopryazheniy na ekspluatatsionnyye kharakteristiki dvigateley / M.YU. Karelina, S.M. Gaydar, A.V. Pydrin // Gruzovik. - 2015. - № 2. - P. 29-37.

4. Gaydar S.M. Adsorbtsiya Ftor-PAV i yeyo vliyaniye na smazku tribosopryazheniy v usloviyakh granichnogo i gidrodinamicheskogo treniya / S.M. Gaydar, A.A. Volkov, M.YU. Karelina // Trudy GOSNITI. - 2015. - T. 118. - P. 113-124.

5. Gaydar S.M. Povysheniye iznosostoykosti uzlov treniya / S.M. Gaydar, M.YU. Karelina, Ye.A. Petrovskaya, E.A. Ziyatdinov // Trudy GOSNITI. 2016 g. - T. 122. - P. 40-47.

6. Gaydar S.M. Primeneniye polifunktsional'nykh ingibitorov dlya povysheniya korrozionnoy stoykosti nizkouglerodistykh staley oborudovaniya zhivotnovodcheskikh ferm / S.M. Gaydar, Ye.A. Petrovskaya // V sbornike: Innovatsionnyye napravleniya razvitiya tekhnologiy i tekhnicheskikh sredstv mekhanizatsii sel'skogo khozyaystva materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchonnoy 100-letiyu kafedry sel'skokhozyaystvennykh mashin agroinzhenernogo fakul'teta Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta imeni imperatora Petra I. Ministerstvo sel'skogo khozyaystva RF; Voronezhskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet im. Imperatora Petra I. - 2015. - S. 140-143.

7. Sostav dlya zashchity ot korrozionnogo i termookislitel'nogo skhvatyvaniya sopryazhennykh poverkhnostey: Pat. 2306329 Rossiya / S.M. Gaydar - № 2006120990/04. Zayavl. 15.06.06. Opubl. 20.09.07. - Byul. № 26.

8. Ingibitor korrozii metallov: Pat. 2263160 Rossiya / S.M. Gaydar, A.S. Tarasov, V.A. Lazarev - № 2004130182/02. Zayavl. 12.10.04. Opubl. 27.10.05. - Byul. № 30.

9. Gaydar S.M. Polifunktsional'nyye ingibitory biokorrozii - effektivnoye sredstvo povysheniya sokhranyayemosti mashin v zhivotnovodstve / S.M. Gaydar, L.YU. Domina, A.L. Dmitrevskiy, Ye.A. Petrovskaya // Tekhnika i oborudovaniye dlya sela. - 2014. - № 4 (202). - P. 26-29.

10. Gaydar S.M. Ispol'zovaniye nanomaterialov v kachestve prisadok k maslam dlya umen'sheniya treniya v tribosopryazheniyakh / S.M. Gaydar, V.N. Svechnikov, A.YU. Usmanov, M.I. Ivanov // Tekhnika i oborudovaniye dlya sela. - 2013. - № 1 (187). - P. 35-37.

11. Dunaev A.V., Lialiakin V.P., Solovyev R.Yu. Technological recommendations on increasing the working life of tractor units using repair and reconstruction additives to lubricating oils. // Informagrotekh. Moscow. 2013.

УДК 621.436

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ И СРЕДСТВ ОБКАТКИ ДВИГАТЕЛЕЙ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

Тимохин С.В. д-р техн. наук, профессор кафедры «Тракторы, автомобили и теплоэнергетика», Спицын И.А. профессор кафедры «Основы конструирования механизмов и машин» (ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет»), г. Пенза, тел. 8412-628464, E-mail: spicn@mail.ru

Голубев И.Г., д-р техн. наук, профессор, зав. отделом анализа и обобщения информации по инженерно-технологическому обеспечению АПК, (ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса), Московская обл., тел. 495-9935583, E-mail: golubev@rosinformagrotech.ru;

Аннотация. *В статье рассмотрены технологии обкатки двигателей внутреннего сгорания с применением присадок в смазочные масла, вопросы модернизации обкаточных стендов, энерго и ресурсосбережения, динамического нагружения деталей сопряжений двигателя, совершенствования технических средств для холодной обкатки.*

Ключевые слова. *Обкатка, технология, двигатель внутреннего сгорания, смазочное масло, присадка, износ, приработка, нагружение, обкаточные стенды.*

Анализ современных технологий обкатки автотракторных двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и средств для их реализации (в том числе разработанных в ФГБНУ ГОСНИТИ, ныне Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ), позволил выявить ряд новых тенденций, таких как использование обкаточных масел с присадками в виде наночастиц, активное решение вопросов энерго и ресурсосбережения, совершенствование конструкции обкаточных стендов, использование новых способов обкатки ДВС, автоматизация процессов обкатки, использование компьютерной техники для регистрации и архивирования информации о режимах обкатки и результатах после обкаточных испытаний ДВС [1–7].

В МГАУ им. В.П. Горячкина (РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева) разработано обкаточное масло содержащее противоизносный антфрикционный состав (ПИАФ) [1–4]. Продолжительность обкатки на масле с разработанным составом сократилась в 1,8 раза. Применение технологии обкатки отремонтированных дизелей на приработочном масле с наночастицами серпентина, по сравнению с обкаткой на обычном масле, сокращает расход дизельного топлива на обкатку в два раза, электроэнергии в 1,6 раза, повышает ресурс дизелей на 10%. Технология обкатки дизелей Д-180 на масле с нанодобавками внедрена в ООО «Промтрак». За время обкатки по новой технологии суммарный износ деталей цилиндро-поршневой группы снизился на 56% .

После окончания процесса обкатки во время приемо-сдаточных испытаний эффективная мощность у дизелей, обкатанных по новой технологии, была на 5,3% выше, чем у дизелей, обкатанных на стандартном обкаточном масле М-10ДМ, а удельный расход топлива на 6,4% меньше.

В настоящее время в ООО "Лаборатория триботехнологии" разработаны следующие составы: RENOM GREEN — приработочный состав для безабразивной приработки двигателей со снижением начального износа деталей; GREEN RUNFOR FUEL — приработочная присадка к топливу для ускоренной послеремонтной, "малоабразивной" приработки двигателей. Приработочные составы типа GREEN RUN реализуют трибохимический, безабразивный механизм приработки металлических поверхностей трения деталей новой или отремонтированной техники. Препараты способствуют снятию в приповерхностном слое металла механических напряжений, снижают приработочные износы, ускоряют приработку, образуют равновесную шероховатость поверхностей. Результатом является повышение износостойкости, снижение механических потерь, улучшение эксплуатационных качеств агрегатов техники. Входящие в состав присадки NANODIAMOND GREEN RUN "наноалмазы" структурируют масляную пленку, увеличивают ее динамическую прочность, формируют новые поверхности трения, уменьшая граничное трение и износ (особенно при больших нагрузках и дефиците смазки) [1].

Заслуживает внимания смазочная композиция, содержащая минеральное масло и олеиновую кислоту, октадецилсульфонат натрия и тетраборат этилендиаммония [5]. Уникальность данной композиции − внепрерывный и постоянно усиливающийся эффект комплексного действия поверхностно-активных (ПАВ) и химически-активных (ХАВ) веществ. Особое влияние оказывает тетраборат этилендиаммония в виде дисперсного нанопорошка, равномерно распределенного в масле. В результате стендовых испытаний установлено, что при обкатке на предлагаемой композиции время обкатки двигателей сокращается в 3,8 раза; площадь приработки коренных и шатунных вкладышей увеличивается на 78 %; шероховатость поверхности вкладышей и расход топлива уменьшаются в 1,5 раза.

Модернизация серийных обкаточно – тормозных стендов для обкатки ДВС проводится по различным направлениям. Например в ГОСНИТИ разработан аппаратно-программный комплекс для автоматизации процесса обкатки, имеющий десять входов (два аналоговых и восемь универсальных) для подключения различных датчиков и шесть выходов для управления исполнительными устройствами (рис.1).

Датчики и исполнительные устройства подбираются в соответствии с требованиями заказчика. Контроллер обеспечивает сопряжение ПЭВМ с датчиками и исполнительными устройствами и позволяет проводить до 300 тыс. измерений в секунду. Контролируются следующие параметры: давление в системе смазки, температура масла и охлаждающей жидкости, частота вращения коленчатого вала, нагрузочный момент, развиваемая мощность и расход топлива. Программа и интерфейс для компьютера, управляющего комплексом, разрабатываются индивидуально, исходя из целей и задач, которые предполагается решать на модернизированном стенде. Процесс обкатки на нем автоматизирован. Нагрузка регулируется электронным блоком системы автоматического управления. Управление режимами обкатки,

измерение и контроль параметров ведутся с помощью ПЭВМ, что обеспечивает оперативный контроль процесса с удаленного рабочего места и распечатку протокола обкатки ДВС.

Рис.1. Структурная схема модернизированного обкаточно-тормозного стенда

Система автоматизации обеспечивает также непрерывный контроль всех измеряемых величин, производит мгновенную и аварийную остановки испытания при превышении заданного критерия измеряемых величин и не допускает повреждения испытываемого двигателя. Использование разработанного аппаратно-программного комплекса для модернизации обкаточно-тормозных стендов автотракторных двигателей позволяет расширить их функционально-потребительские характеристики до уровня современных стендов зарубежных производителей при значительно меньших затратах [6].

ГУП «Гомельский радиозавод имени 60-летия СССР» Республики Беларусь выпускается обкаточный стенд на базе асинхронного электродвигателя, оснащённого системой управления с блоком тормозных резисторов для мощностей до 10 кВт и рекуператором энергии для мощностей свыше 10 кВт. Система управления обеспечивает полуторократный пусковой момент, начиная с нулевой частоты вращения, что позволяет произвести предварительную притирку деталей механизма при обкатке его на небольших оборотах и выгодно отличается от использования более мощного привода (например, с использованием синхронного электродвигателя с фазным ротором). Использование обычного асинхронного электродвигателя в качестве управляемой нагрузки в сочетании с рекуператором (устройством возврата) электроэнергии с высоким КПД значительно упрощает эксплуатацию стенда и позволяет сократить энергопотребление. Стенд изготавливается на базе импортной комплектации фирм “Mitsubisi” и “Hitachi” и позволяет возвратить в сеть в режиме торможения более 90 % электрической энергии. Стенд может использоваться как в ручном, так и в автоматизированном режиме управления. Измерение момента ДВС производится с помощью тензометрического датчика [7].

ГОСНИТИ, совместно с Пензенским ГАУ, разработали способ и стенд обкатки ДВС с динамическим нагружением КИ-28263[8,9]. Технические решения способа обкатки с динамическим нагружением защищены 8 патентами на изобретения. Основные преимущества стенда перед ранее выпускаемыми моделями: высокое качество обкатки и точность результатов испытаний при сокращении до 2 раз расхода электроэнергии и топлива. Он может использоваться для обкатки и испытаний как новых, так и отремонтированных автотракторных двигателей с номинальной мощностью до 800

л.с. Стенд имеет автоматизированную систему динамического нагружения (АСУ) и оснащен компьютерной системой для регистрации и архивирования результатов испытаний: эффективной мощности, крутящего момента, момента механических потерь, максимальной и минимальной частот вращения холостого хода, давления в системе смазки, температуры охлаждающей жидкости (рис. 2).

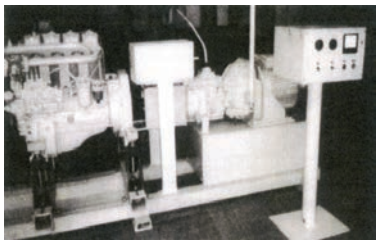


Рис. 2. Стенд для обкатки и испытаний двигателей КИ-28263

Используемая в составе стенде малогабаритная АСУ динамическим нагружением может использоваться, как самостоятельное устройство, для горячей обкатки под нагрузкой и испытаний автотракторных ДВС установленных на машинах.

Для проведения холодной обкатки в этом случае могут быть использованы малогабаритные автономные стенды разработанные в Пензенском ГАУ [10]. Высокочастотный электропривод такого стенда имеет высокую удельную мощность, устанавливается на время обкатки вместо штатного электростартера ДВС и запитывается от сети через преобразователь частоты. Стенд обеспечивает прокрутку вала ДВС с рекомендованными частотами вращения (500-1500мин-1) и в течении требуемого времени ступеней. В результате использования указанных стендов обеспечивается реализация эффективной технологии обкатки ДВС с использованием навесного, малогабаритного и недорогого оборудования, при этом резко снижаются трудоемкость и затраты на ее проведение.

Принципиально новой является разработанная в Пензенском ГАУ, совместно с ГОСНИТИ технология обкатки ДВС со статико – динамическим, гидроимпульсным нагружением сопряжений и деталей кривошипно-шатунного механизма. [10 - 13]. Ее сущность заключается в том, что коленчатый вал ДВС, с отключенным приводом клапанов газораспределительного механизма, через торсион, прокручивается со сверхнизкой частотой вращения (0,2…0,5мин -1) приводной станцией с червячным редуктором на выходе, при этом в цилиндры, через отверстия форсунок или свечей зажигания, импульсно, с высокой частотой подается моторное или обкаточное масло. На тактах увеличения давления масло воздействует на поршень, который перемещаясь к нижней мертвой точке закручивает торсион и нагружает все детали кривошипно-шатунного механизма (КШМ) данного цилиндра. На такте сброса давления торсион раскручивается и перемещает поршень к верхней мертвой точке. В результате переносного, в пределах одного оборота коленчатого вала, и относительного колебательного движения деталей КШМ, воздействия расчетных гидравлических, упругих и инерционных нагрузок, а также эффективной смазки сопряжений обеспечивается качественная приработка сопряжений ДВС, позволяющая исключить этап горячей обкатки под нагрузкой.

Автоматизированный стенд для такой обкатки содержит приводную станцию, торсион, системы подачи масла низкого и высокого давления, электронный блок управления, электромагнитный гидроклапан, штуцеры для подачи масла в цилиндры и соединительные шланги.

Сравнительные исследования предлагаемой и типовой технологий холодной обкатки, проведенные на дизеле Д-144 после капитального ремонта, подтвердили работоспособность разработанных средств для ее реализации и эффективность ее использования [12].

Литература

1. *Федоренко В.Ф., Буклагин Д.С., Голубев И.Г. Инженерные нанотехнологии в АПК. - М.:ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 144 с.*
2. *Нанотехнологии и наноматериалы в агроинженерии. Учебное пособие / под общ. ред. Академика Россельхозакадемии М.Н. Ерохина. – М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2008. – 300 с.*
3. *Дунаев А.В., Ладиков В.В., Пустовой И.Ф., Голубев И.Г. Эффективность применения минеральных модификаторов при техническом сервисе в АПК. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 161 с.*
4. *Ципцын Е.А. Повышение качества приработки деталей дизелей за счёт применения масла, содержащего наночастицы серпентина: Автореф. канд. дисс. −МГАУ. − 2007. − 16 с.*
5. *Варнаков В.В. Применение нанотехнологий при разработке тетрабората этилендиаммония в смазочной композиции моторных масел / В.В Варнаков, В.В. Артемов // Ремонт, восстановление, модернизация. − 2007. − №10. − С.6−9.*
6. *Ежевский А.А. Тенденции машинно-технологической модернизации сельского хозяйства / А.А. Ежевский, В.И. Черноиванов, В.Ф. Федоренко // Научн. аналит. обзор. − М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. − 292 с.*
7. *www.radiozavod.com/?prd=78 Стенд для обкатки двигателей внутреннего сгорания.*
8. *Обкатка дизелей с динамическим нагружением/ К.Л. Моисеев // Сельский механизатор №12, 2011- с.32-33*
9. *Тимохин С.В. Современные технологии обкатки автотракторных двигателей: монограф. / С.В. Тимохин, Ю.В. Родионов, - Пенза: ПГУАС, 2013. – 284 с.*
10. *Тимохин С.В. Совершенствование технологии и средств холодной обкатки автотракторных ДВС / С.В. Тимохин И.С. Королёв // Нива Поволжья. – 2015. - №1(34). – с. 61-66*
11. *Патент 87017 РФ на полезную модель G01M15/00. Устройство для холодной приработки цилиндро-поршневой группы и кривошипно-шатунного механизма двигателя внутреннего сгорания / С.В. Тимохин, Р.Ю. Соловьев, О.А. Царев, К.Л. Моисеев (РФ); Заявлено 30.06.09; № 2009125173; Опубл. 20.09.09; Бюл. № 26.*
12. *Тимохин С.В. Методы повышения эффективности холодной обкатки дизелей: моногр. / С.В. Тимохин, Ю.В. Родионов, А.Н. Морунков. – Пенза: ПГУАС, 2012. – 152 с.*
13. *Тимохин С.В. Расчетно-теоретическое обоснование процесса холодной обкатки автотракторных двигателей со статико-динамическим нагружением / С.В. Тимохин, О.А. Царев, Ю.В. Гуськов // Труды ГОСНИТИ. – 2011. - №108. – с. 53-57.*

TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF TECHNOLOGIES AND MEANS FOR RUNNING IN ENGINES OF TRACTOR MACHINERY

Golubev I.G., Dr. Tech. Sci., Professor Head. Department of analysis and synthesis of information on engineering support of the agro-industrial complex

(F.S.B.S. Institution «Russian Research Institute of Information and Technical and Economic Research for Engineering and Technical Support of the Agro-Industrial Complex), Moscow Region, tel. 495-9935583, E-mail: golubev@rosinformagrotech.ru; Timokhin S.V. Professor of the department «Tractors, cars and heat power engineering», Dr. Tech. Sci., Spitsyn IA Professor of the department «Fundamentals of designing mechanisms and machines» (federal state budget educational institution of higher education «Penza State Agrarian University»), Penza, tel. 8412-628464, E-mail: spicn@mail.ru

Annotation. *In the article technologies of running-in of internal combustion engines with the use of additives in lubricating oils, the issues of modernization of run-in stands, energy and resource saving, dynamic loading of engine interface parts, improvement of technical means for cold running-in are considered.*

Keywords. *Run-in, technology, internal combustion engine, lubricating oil, additive, wear, run-in, loading, run-in stands.*

Literature

1. Fedorenko V.F., Buklagin D.S., Golubev I.G. Engineering nanotechnologies in agribusiness. - M.: FGNU «Rosinformagrotekh», 2009. – 144 p.

2. Nanotechnologies and nanomaterials in agroengineering. Textbook / under the general. Ed. Academician of the Rosselkhozakademii M.N. Erokhin. - Moscow: FGOU VPO MGAU, 2008. - 300 p.

3. Dunaev A.V, Ladikov V.V, Pustovoi I.F, Golubev I.G. Efficiency of application of mineral modifiers at technical service in the agroindustrial complex. - Moscow: FGBICU «Rosinformagrotekh», 2014. - 161 p.

4. Tsiptsyn E.A. Improving the quality of running-in of parts of diesel engines due to the use of oil containing nanoparticles of serpentine: Author's abstract. Cand. Diss ... -MGAU. - 2007. - 16 p.

5. Varnakov V.V. Application of nanotechnology in the development of ethylenediammonium tetraborate in the lubricating composition of motor oils / V.Varnakov, V.V. Artemov // Repair, restoration, modernization. - 2007. - №10. - p.6-9.

6. Ezhevsky A.A. Tendencies of machine-technological modernization of agriculture / A.A. Ezhevsky, V.I. Chernoivanov, V.F. Fedorenko // Nauch. Analyte. overview. - Moscow: FGNU «Rosinformagrotekh», 2010. - 292 p.

7. www.radiozavod.com/?prd=78 Stand for running in internal combustion engines.

8. Running diesels with dynamic loading / K.L. Moiseev // Rural mechanizer №12, 2011- p.32-33.

9. Timokhin S.V. Modern technologies of running-in of automotive tractor engines: monograph. / S.V. Timokhin, Yu.V. Rodionov, - Penza: PGUAS, 2013. – 284 p.

10. Timokhin S.V. Perfection of technology and means of cold running of autotractor ICE / S.V. Timokhin IS Korolev // Niva of the Volga Region. - 2015. - No. 1 (34). – p. 61-66

11. Patent 87017 of the Russian Federation for utility model G01M15 / 00. Device for cold running of the cylinder-piston group and crank-connecting mechanism of the internal combustion engine / S.V. Timokhin, R.Yu. Soloviev, OA Tsarev, K.L. Moiseev (Russian Federation); Declared on 30.06.09; No. 2009125173; Opubl. 20.09.09; Bul. No. 26.

12. Timokhin S.V. Methods of increasing the efficiency of cold running-in of diesel engines: monogr. / S.V. Timokhin, Yu.V. Rodionov, A.N. Morunkov. - Penza: PGUAS, 2012. - 152 p.

13. Timokhin S.V. The theoretical and theoretical justification of the process of cold running of autotractor engines with static-dynamic loading / S.V. Timokhin, O.A Tsarev, Yu.V. Guskov // Proceedings of GOSNITI. - 2011. - № 108. - p. 53-57.

ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РЕЦИКЛИНГА МАШИН

УДК 631.3:658.567.1

СТРАТЕГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНОГО ФОНДА ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ

Н.В. Алдошин, доктор технических наук
Российский государственный аграрный университет
- МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва
E-mail: naldoshin@yandex.ru

STRATEGY USE OF SECONDARY FUND OF SPARE PARTS

N. Aldoshin, DSc
Russian State Agrarian University
– Moscow Timiryazev Agricultural Academy

Ключевые слова: *утилизация, вторичные запасные части, матрица, биматричные игры, вышедшая из эксплуатации техника.*

Keywords*: disposal, secondary spare parts, matrix, bimatrix games, technique of retired.*

Реферат*. Вся произведенная и находящаяся в эксплуатации техника со временем поступает на утилизацию. При этом осуществляется демонтаж и переработка ее компонентов для получения вторичного сырья, которое в свою очередь необходимо для производства новых деталей. Однако в случае, когда некоторые детали или узлы обладают остаточным ресурсом, то есть могут эксплуатироваться далее, целесообразно их демонтировать с утилизируемой техники и использовать в качестве запасных частей. Демонтажем и реализацией агрегатов, узлов и деталей могут заниматься структуры, действующие совместно как в рамках одного, так и нескольких предприятий. В статье рассматриваются вопросы взаимодействия двух независимых предприятий (демонтажер с одной стороны и магазин запасных частей с другой) при реализации вторичных запасных частей на примере разборки тракторного двигателя Д-240. Степень демонтажа может различаться – техника может быть разобрана на агрегаты или полностью до деталей. При этом различной будет как трудоемкость работ, так и финансовый результат. Для того чтобы определить ситуацию взаимной выгодности партнеров (равновесия) целесообразно использовать математический аппарат биматричных игр. В нашем случае два партнера – «А» демонтажер и «В» продавец – имеют по две стратегии поведения. Все возможные случаи получения прибыли при их выборе характеризуются платежными матрицами. Для определения ситуации равновесия осуществляется расчет вспомогательных параметров на основании платежных матриц. Ситуация равновесия определяется графическим методом при решении неравенств. В итоге установлены три точки равновесия. Две показывают чистые стратегии партнеров (это возможно в случае определенной договоренности между ними), третья – равновесие в смешанной стратегии поведения партнеров. В этом случае оба партнера получают прибыль, независимо от поведения каждого из них. В такой*

ситуации часть агрегатов реализуют в сборе, другую – разбирают полностью и реализуют по деталям.

***Abstract**. All manufactured and in operation equipment needs to be disposed overtime. During recycling the dismantling of equipment's components and their procession is performed in order to produce secondary raw materials, which in turn are necessary for the production of new parts. However, in case when some parts or assemblies have residual value, i.e. can be further used, it is advisable to remove them from the disposable equipment and use them as spare parts. Organizations, which act together in either one or several enterprises, can be engaged in dismantling and implementation of units, components and parts. The article considers the interaction of two independent companies, a dismantling business on one side and a spare parts store on the other, during the sales of secondary spare parts. The degree of dismantling can vary: the equipment can be disassembled into apparatus or fully to the details. In these cases both the complexity of operations and financial results will be different. To determine the situation of mutual expedience of partners (equilibrium situation) it is reasonable to use the mathematical apparatus of bimatrix games. In our case, the two partners – partner "A" the dismantling business, partner "B" the seller – have two strategies of behavior. All possible cases of a profit with their selection on the example of the disassembly of the tractor engine D-240 are described by payment matrices. To determine the equilibrium situation the auxiliary parameters on the basis of the payment matrices are calculated. The equilibrium situation is determined by the graphical method by solving inequalities. In the end three equilibrium points are determined. Two equilibrium points show a pure strategy of partners (this is possible in the case of a certain agreement between them). The third point shows the equilibrium in mixed behavioral strategies of partners. In this case, both partners make a profit, regardless of the behavior of each of them. In this situation, the part of the units are sold without disassembling, the other part is fully dismantled and implemented.*

После окончания этапа эксплуатации технические средства подлежат утилизации. В этот момент наступает процесс демонтажа и дальнейшего использования вторичных ресурсов. Источниками пополнения вторичного фонда запасных частей и ремонтного фонда являются детали со списанной техники, имеющие остаточный ресурс. Во всем мире существует рынок вторичного фонда запасных частей. [1, 2]

Для утилизации списанной техники, демонтажа агрегатов и узлов, их разборки, мойки, дефектования деталей создаются специализированные участки. Организация работ по сбору, выявлению и реализации деталей с остаточным ресурсом позволяет полностью использовать заложенный в деталях ресурс. Таким образом, удается получить существенную экономическую выгоду, а также частично решить проблемы, связанные с охраной окружающей среды. Запасные части вторичного фонда имеют значительно более низкую цену, по сравнению с новыми. [3]

Извлечение компонентов предназначенных для демонтажа связана с поиском деталей, узлов и агрегатов, наиболее ценных с точки зрения их реализации. Определяется, какие компоненты могут быть демонтированы без нарушения целостности (они имеют более высокую стоимость) и далее использованы на вторичном рынке. Степень разборки может быть разной. В

этом случае затраты труда на разборку и дефектование будут различными, как и финансовые средства полученные при дальнейшей их реализации. [2]

Из полученных при разборке утилизируемой техники компонентов на складском подразделении формируется фонд вторичных запасных частей. При этом оба подразделения разборочное и складское могут быть как на одном предприятии, так и на разных, принадлежащих разным владельцам. Понятно, что эффективность работы обоих подразделений связано единым технологическим процессом получения и реализации запасных частей. В данном случае эффективность совместной работы партнеров будет зависеть во многом от правильности выбора стратегии их поведения.

Рассмотрим ситуацию, в которой интересы сторон хотя и не совпадают, но не являются противоположными. Например, два партнера договариваются о совместной реализации одного из двух возможных действий. В нашем случае это бригада обеспечивающая разборку техники подлежащей утилизации, дефектование демонтированных изделий и принимающая решение об использовании получаемых деталей, узлов и агрегатов в качестве вторичного фонда запасных частей – партнер «А». Вторым партнером является складское подразделение, формирующее вторичный фонд запасных и занимающееся его реализацией – партнер «В». Стратегия взаимодействия двух таких партнеров будет разной в зависимости от их собственнической принадлежности. [4]

Рассмотрим случай, когда партнеры относятся к разным организациям. Для выбора стратегий формирования вторичного фонда запасных частей, может быть использован математический аппарат биматричных игр. Решением таких игр является одновременный выбор двумя партнерами совместной стратегии действий, при которой в том или ином, но одинаковом смысле удовлетворяло обоих. Необходимо найти такую равновесную ситуацию, отклонение от которой одного из партнеров уменьшало бы его выигрыш.

Одной из содержательных форм воплощения представления об оптимальности можно считать понятие равновесия, при котором складывается такая равновесная ситуация, в нарушении которой не заинтересован ни один из партнеров. Именно ситуация равновесия может быть предметом устойчивых договоров между партнерами (ни у одного не будет мотивов к нарушению договора). Кроме того, ситуации равновесия являются выгодными для каждого партнера.

Каждый из двух участников имеет следующие возможности для выбора своей линии поведения – партнер «А» может выбрать любую из стратегий $A_1, \ldots, A_m$, партнер «В» может выбрать любую из стратегий $B_1, \ldots, B_n$. При этом всякий раз их совместный выбор оценивается вполне определенно: если партнер «А» выбрал i-ю стратегию A_i, а партнер «В» – k-ю стратегию B_k, то выигрыш «А» равен некоторому значению a_{ik}, а выигрыш «В» некоторому другому значению b_{ik}.

Последовательно перебирая все стратегии партнера «А» и все стратегии партнера «В», формируем две матрицы соответствующие их выигрышам – платежные матрицы.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1k} & \cdots & a_{1n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{i1} & \cdots & a_{ik} & \cdots & a_{in} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{m1} & \cdots & a_{mk} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & \cdots & b_{1k} & \cdots & b_{1n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ b_{i1} & \cdots & b_{ik} & \cdots & b_{in} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ b_{m1} & \cdots & b_{mk} & \cdots & b_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

где A – платежная матрица партнера «A»;

B – платежная матрица партнера «B».

При выборе партнером «A» i-й стратегии, а партнером «B» – k-й стратегии их выигрыши находятся в платежных матрицах на пересечении i-х строк и k-х столбцов: в матрице A элемент a_{ik}, а в матрице B – элемент b_{ik}.

Если в игре ситуации равновесия нет, то, оставаясь в условиях стратегий, имеющихся у партнеров, мы сталкиваемся с неразрешимой задачей. Поэтому при возникновении подобных случаев естественно ставить вопрос о таком расширении первоначального понятия стратегии, чтобы среди ситуаций, составленных из новых, обобщенных стратегий. Находились в том или ином смысле равновесные. Если такие обобщенные стратегии существуют, то их часто удается представить в виде определенных комбинаций исходных стратегий. А чтобы отличать прежние стратегии от новых, первые называют чистыми, а вторые – смешанными стратегиями.

Весьма плодотворным является представление смешанной стратегии как случайного выбора партнером его чистых стратегий, при котором случайные выборы различных партнеров независимы в совокупности, а выигрыш каждого из них определяется как математическое ожидание случайного выигрыша.

В чистых биматричных играх ситуация равновесия существует далеко не всегда. В таких случаях можно воспользоваться переходом к смешанному расширению игры. При этом партнеры могут чередовать свои (чистые) стратегии с определенными частотами: партнер «A» стратегии A1, …, Am, с частотами p_1, …, pm, где $p_1 \geq 0$, …, $p_m \geq 0$, $\sum_{i=1}^{m} p = 1$, а партнер «B» стратегии B1, …, Bn с частотами q_1, …, qn, где $q_1 \geq 0$, …, $q_n \geq 0$, где $\sum_{i=1}^{n} q = 1$. В смешанных стратегиях равновесная ситуация существует всегда.

При смешанных стратегиях в биматричных играх возникают средние выигрыши партнеров «A» и «B», вычисляемые по следующим правилам:

$$H_A = \sum_{i,k} a_{ik} p_i q_k$$
$$H_B = \sum_{i,k} b_{ik} p_i q_k \quad (2)$$

Стратегия {P*, Q*} называется ситуацией равновесия в смешанных стратегиях биматричной игры, если для любых P и Q выполняются неравенства

$$H_A(P, Q^*) \le H_A(P^*, Q^*), \qquad H_B(P^*, Q) \le H_B(P^*, Q^*). \tag{3}$$

Выражения (3) можно прояснить так: стратегия {P*, Q*} является равновесной, если отклонение от нее одного из партнеров при условии, что другой сохраняет свой выбор, приводит к тому, что выигрыш отклонившегося игрока не может увеличиться (а скорее только уменьшится). Тем самым, получается, что при равновесной ситуации отклонение от нее невыгодно самим обоим партнерам.

Рассмотрим ситуацию, когда у каждого из партнеров имеется ровно две стратегии, m=n=2. В 2x2 – биматричной игре платежные матрицы имеют вид:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix}$$

вероятности:

$$p_1 = p, \qquad p_2 = 1 - p, \qquad q_1 = q, \qquad q_2 = 1 - q, \tag{5}$$

а средние выигрыши вычисляются по формулам

$$H_A(p, q) = a_{11}pq + a_{12}p(1 - q) + a_{21}(1 - p)q + a_{22}(1 - p)(1 - q),$$
$$H_B(p, q) = b_{11}pq + b_{12}p(1 - q) + b_{21}(1 - p)q + b_{22}(1 - p)(1 - q), \tag{6}$$

где $0 \le p \le 1$, $0 \le q \le 1$.

В биматричной игре, чтобы пара (p, q) определяла равновесную стратегию, необходимо и достаточно одновременное выполнение следующих неравенств

$$\begin{aligned} &(p - 1)(Cq - \alpha) \ge 0, \\ &p(Cq - \alpha) \ge 0, \\ &(q - 1)(Dp - \beta) \ge 0, \\ &q(Dp - \beta) \ge 0, \\ &0 \le p \le 1, \\ &0 \le q \le 1, \end{aligned} \tag{7}$$

где $C = a_{11} - a_{12} - a_{21} + a_{22}$, $\alpha = a_{22} - a_{12}$,
$D = b_{11} - b_{12} - b_{21} + b_{22}$, $\beta = b_{22} - b_{21}$.

Числа C и D могут быть как положительными, так и отрицательными. При условии, что C и D не равны нулю, то есть $C \cdot D \ne 0$. Тогда точка равновесия определяется парой $p=\beta/D$, $q= \alpha/C$.

Эти формулы являются весьма примечательными: в равновесной ситуации выбор партнера «А» полностью определяется элементами платежной матрицы партнера «В»,

$p= (b_{22} - b_{21}) / (b_{11} - b_{12} - b_{21} + b_{22})$,

и не зависит от элементов его собственной платежной матрицы, а выбор партнера «В» в равновесной ситуации полностью определяется элементами платежной матрицы партнера «А»,

$q = (a_{22} – a_{12}) / (a_{11} – a_{12} – a_{21} + a_{22})$,

и также не зависит от элементов его собственной платежной матрицы.

Равновесная ситуация для каждого из партнеров определяется не столько стремлением увеличить собственный выигрыш, сколько желанием держать под контролем выигрыш другого партнера. Если заменить в биматричной игре партнеру «А» матрицу выплат, а партнеру «В» матрицу выплат оставить прежней, то игрок «А» никак не изменит своего равновесного поведения, в то время как партнер «В» изменит свою стратегию на новую. В биматричной игре мы встречаемся с антагонизмом поведения, а не антагонизмом интересов.

Для того, чтобы определить равновесную ситуацию необходимо, прежде всего, рассчитать платежные матрицы обоих партнеров «А» и «В». То есть определить сумму прибыли, которую получит каждый из партнеров. Прибыль партнера «А», будет формироваться от продажи агрегатов, узлов и деталей, годных для дальнейшего использования и от реализации материалов переработки техники (черные и цветные металлы, пластмассы и т.д.). Прибыль партнера «В» будет формироваться от реализации агрегатов и деталей конечным потребителям – владельцам техники. При взаимодействии партнеров «А» и «В» возникает ситуация, когда партнер «А» может сделать выбор одной из двух стратегий: демонтировать агрегат и передать его целиком на реализацию партнеру «В» или демонтировать агрегат, разобрать его на детали, выполнить дефектовку и уже по частям передать на реализацию партнеру «В». В свою очередь партнер «В» также может сделать выбор одной из двух стратегий поведения: брать агрегаты на реализацию в сборе или брать запасные части после разборки и дефектовки агрегата. Оценим платежные матрицы партнеров «А» и «В» на примере. В качестве утилизируемого агрегата рассмотрим двигатель Д-240 одного из самых распространенных тракторов на территории РФ МТЗ-80 (с заводского конвейера сошли более трех миллионов тракторов). [5-7].

Стоимость нового двигателя составляет в среднем 180000 руб. Перечень основных деталей и цены на них представлены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование и цены деталей двигателя Д-240 новых оригинальных запасных частей

Наименование детали	Стоимость, руб
Блок двигателя	33500
Головка блока цилиндров в сборе	19000
Коленчатый вал	10000
Цилиндро-поршневая группа (гильзы цилиндров, поршни, компрессионные и маслосъемные кольца)	6400
Комплект шатунов	5600
Масляный картер	5200
Компрессор	5900

Клапанная крышка	2500
Крышка шестерен	3100
Блок шестерен	4900
Маховик	13700
Водяной насос	2400
Масляный насос	3600
Центрифуга масляная	3600
Генератор	2800
Масляный насос гидросистемы	2800
Топливный насос высокого давления	27900
Комплект форсунок	3600
Пусковой двигатель	9700
Опора двигателя	1300
Шкив коленчатого вала	1300
Впускной коллектор	1000

Цена на агрегат, демонтированный с утилизируемой техники, существенно ниже цены нового агрегата, зависит это, прежде всего, от износа деталей. Для упрощения расчетов принимаем цену бывшего в употреблении двигателя на уровне 30% от стоимости нового двигателя. Что касается запасных частей, то после дефектовки и определения остаточного ресурса цены на них могут быть сопоставимы с ценами на новые неоригинальные детали. Примем допущение, что после разборки и дефектовки агрегата цена на детали составит половину от цены на новые оригинальные запасные части.

Если исходить из условия, что партнер «В» делает наценку на реализуемые агрегаты и детали на уровне 25%, платежная матрица партнера «В» примет вид

$$B=\begin{bmatrix} 13500 & 0 \\ 0 & 21225 \end{bmatrix}$$

Чтобы оценить платежную матрицу партнера «А» необходимо оценить уровень затрат на демонтаж агрегата с утилизируемой техники, а также затраты в случае проведения разборки и дефектовки агрегата. Во многих случаях операции разборки и дефектовки при утилизации совпадают с соответствующими работами ремонтного производства. В частности для демонтажа двигателя Д-240 с трактора МТЗ-80 разработаны нормативы времени (таблица 2). Нормы времени рассчитаны на исправное оборудование и подъемно-транспортные механизмы, наличие на рабочих местах необходимой оснастки, инструмента и приспособлений, предусмотренных технологическим процессом, обеспеченность расходными материалами [8, 9, 10].

Операции по разборке двигателя на узлы и детали также нормированы. В таблице 3 приведены укрупненные нормативы трудоемкости на выполнение операций по снятию, разборке и проверке (дефектовке, испытанию, регулировке) узлов и деталей двигателя Д-240. [11, 12]

Таблица 2

Укрупненные нормы времени на замену сборочных единиц

Наименование работ, сборочных единиц, составных частей	Снятие	
	Разряд	Норма времени, чел.-ч
Наружная очистка и мойка трактора, доставка трактора на место текущего ремонта	2	0,90
Слив масла, воды из дизеля, масло из гидроусилителя рулевого управления	2	0,15
Фильтр грубой очистки, кронштейны с фарами и указателями поворота, боковины облицовки радиатора и решетку облицовки радиатора в сборе с капотом, электрические провода, патрубки радиатора, гибкий вал тахоспидометра, ресивер и трубопроводы, шланги блока отопителя кабины, водяного насоса, топливные трубки	3	0,63
Трос аварийного останова двигателя, левая боковина юбочной части щитка приборов, шнур управления шторкой радиатора, тяга управления подачей топлива	3	0,37
Растяжки радиатора, всасывающие и нагнетательные маслопроводы ГУР, трубки масляного фильтра, маслопровод датчика блокировки, рулевой вал; установка (снятие) клиньев задних колес, передняя опора; установка (снятие) подставки под корпус муфты сцепления, корпус муфты сцепления, полурама, дизель	3	0,73
ИТОГО	3	2,78

Как видно из представленных материалов трудоемкость процесса разборки двигателя более чем в 3 раза превышает трудоемкость демонтажа двигателя с трактора. В итоге суммарная трудоемкость работ демонтажа и разборки составляет около 12 чел.-ч. [13]

Таблица 3

- Укрупненные нормы времени на разборку двигателя Д-240

Наименование узла или вид работы	Время в минутах			Всего, мин
	Снятие	Разборка	Проверка, дефектовка, регулировка и др. работы	
1	2	3	4	5
Доставка двигателя в разборочно-моечное отделение, установка на подставку	-	-	6	6
Воздухоочиститель и поддон воздухоочистителя	2	-	-	2
Кожух и патрубок выхлопного коллектора	2	-	-	2
Всасывающий коллектор	6	6	-	12
Стартер	3	-	-	3
Электрофакельный подогреватель	1	-	-	1
Генератор с планкой и ремень вентилятора	3	-	-	3
Колпак крышки головки цилиндров	1	-	-	1

Крышка маслозаливной горловины	1	-	-	1
Наружная мойка	-	-	24	24
Счетчик моточасов, фильтр-отстойник, топливные трубки, спускной краник	3	5	-	8
Насос гидроусилителя рулевого управления и крышка распределителя	3	-	-	3
Центробежный масляный фильтр	3	12	20	35
Муфта сцепления	3	7	-	10
Топливный фильтры тонкой и грубой очистки и трубки низкого давления	6	-	-	6
Кронштейны генератора, шланг термостата и термостат	3	-	-	3
Водяной насос, вентилятор, крышка головки цилиндров и выхлопной коллектор	6	19	-	25
Топливные трубки высокого давления и форсунки	4	-	-	6
Механизм коромысел и штанги толкателей	3	14	11	28
Головка цилиндров	6	18	10	34
Маховик	3	10	8	21
Шкив коленчатого вала, передняя опора двигателя и крышка люка	2	1	-	3
Топливный насос и фланец шестерни топливного насоса	3	-	-	3
Масляный картер	6	3	-	9
Корпус сальника заднего уплотнения коленчатого вала, задний лист и опора масляного картера	4	-	-	4
Масляный насос и отводящий патрубок	3	15	20	38
Крышка распределения, шестерня привода топливного насоса и сапун	4	3	-	7
Передний маслоотражатель и шестерня привода масляного насоса	2	-	-	2
Распределительный вал, толкатели, промежуточная шестерня и щит распределения	5	5	-	10
Шатунно-поршневая группа	8	16	-	24
Коленчатый вал	8	23		31
Мойка деталей и узлов двигателя в моечной машине	-	-	60	60
Гидравлическое испытание блока цилиндров головки блока цилиндров	-	-	2515	40
Всего время в часах	1,83	2,62	4,82	9,27

Таким образом платежная матрица партнера «А» будет состоять из положительных элементов – прибыль демонтажера за вычетом наценки магазина, и отрицательных элементов – затрат на проведение работ по демонтажу двигателя и его разборки. Платежная матрица партнера «А» имеет вид

$$A = \begin{bmatrix} 22300 & -31600 \\ -14200 & 28150 \end{bmatrix}$$

По представленной ранее методике сделаем расчет показателей

$C = a_{11} – a_{12} – a_{21} + a_{22} = 22300 – (-31600) – (-14200)+28300=96400$

$D = b_{11} – b_{12} – b_{21} + b_{22} = 13500 + 0 + 0 + 21225 = 34725$

$\alpha = a_{22} – a_{12} = 28150 – (-31600) = 59750$

$\beta = b_{22} – b_{21} = 21225 – 0 = 21225$

Исходя из полученных результатов вероятности выбора стратегий p и q соответственно партнеров «А» и «В» будут определяться неравенствами

$(p-1)(96400q-59750)\geq 0$

$p(96400q-59750)\geq 0$

$(q-1)(34725p-21225)\geq 0$

$q(34725p-21225)\geq 0$

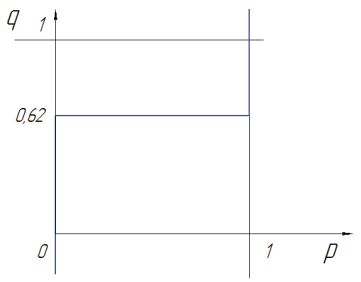
Отсюда при

$p=0$	$q\leq 0,62$
$p=1$	$q\geq 0,62$
$0<p<1$	$q=0,62$
$q=0$	$p\leq 0,61$
$q=1$	$p\geq 0,61$
$0<q<1$	$p=0,61$

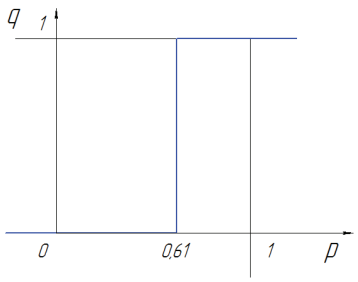
Теперь перенесем полученные сведения на чертеж. Введем на плоскости прямоугольную систему координат (p, q) и выделим на ней единичный квадрат, соответствующий неравенствам

$0 \leq p \leq 1, \qquad 0 \leq q \leq 1$

Нанесем на этот чертеж то множество точек, которое описывается условиями 4 (рис. 1а). Это множество состоит из трех прямоугольных участков – двух вертикальных лучей и одного горизонтального отрезка – и представляет собой зигзаг. Нас будет интересовать только та его часть, которая попала в единичный квадрат. Перенеся на чертеж множество точек, соответствующих неравенствам (5), получим второй зигзаг, но уже горизонтальный (рис. 1б).



а



б

Рис. 1 Единичный квадрат в координатах p и q.

Объединив полученные чертежи находим точки пересечения зигзагов (рис 2). В нашем случае таких точек три. Две из них отвечают чистым стратегиям игроков «А» и «В», а одна смешанным.

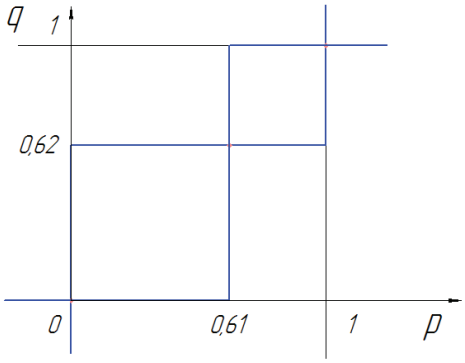


Рис. 2 Геометрический результат определения ситуаций равновесия

Ситуации (1, 1) и (0, 0) соответствуют одновременному выбору игроками своих первых или, соответственно, вторых стратегий, то есть определенной договоренности о совместных действиях.

Но в данном случае есть еще одна ситуация равновесия, состоящая в выборе игроками вполне определенных смешанных стратегий. В ней оба игрока также получают выигрыши, правда, меньше тех которые дают две другие равновесные ситуации.

При выборе чистых стратегий игроками их выигрыши будут равны соответствующим элементам платежных матриц, а при равновесной ситуации смешанной стратегии их выигрыши составят:

$H_A(p, q) = a_{11}pq + a_{12}p(1 - q) + a_{21}(1 - p)q + a_{22}(1 - p)(1 - q)=$

$=22300\cdot0{,}61\cdot0{,}62 - 31600\cdot0{,}61\cdot0{,}38 - 14200\cdot0{,}39\cdot0{,}62 + 28150\cdot0{,}39\cdot0{,}38 =$

$8434 - 7325 - 3435 + 4172 = 1846$

$HB(p, q) = b_{11}pq + b_{12}p(1 - q) + b_{21}(1 - p)q + b_{22}(1 - p)(1 - q) =$

$= 13500\cdot0{,}61\cdot0{,}62 + 21225\cdot0{,}38\cdot0{,}39 = 5105 + 3145 = 8250$

Таким образом, в ситуации, когда между игроками на рынке подержанных запасных частей нет договоренности и они действуют независимо друг от друга (сбыт запчастей может быть налажен в различные магазины, или магазин может осуществлять закупки у различных поставщиков) целесообразно порядка 2/3 агрегатов, на примере тракторного двигателя Д-240, демонтировать и реализовывать целиком, а 1/3 разбирать, дефектовать и реализовывать по деталям. При этом стоит отметить еще одно важное обстоятельство. Если слегка «пошевелить» элементы платежной матрицы, например ситуация изменения цен на запасные части, то слегка «пошевелятся» и зигзаги, не меняя ни своей общей формы, ни взаимного расположения, вероятности p и q также будут меняться незначительно. В подобных случаях принято говорить, что это число устойчиво относительно малых шевелений.

Содержательные представления о выгодности и справедливости ситуации многообразны. Мы рассмотрели их проявление через равновесие. Такой

подход был обоснован в том случае, когда разборкой техники подлежащей утилизации занималась одна организация, а формированием и реализацией вторичного фонда запасных частей другая. Каждый из них ставил задачу получения выгоды по отдельности, хотя были связаны при этом решением одной задачи.

Существует и иной вариант справедливости, в большей степени, чем равновесие отражающий черты ее выгодности. Это оптимальность по Парето. Ситуация (p*, q*) в 2x2 биматричной игре называется оптимальной по Парето, если из неравенств

$$H_A(p^*, q^*) \le H_A(p, q), \qquad H_B(p^*, q^*) \le H_B(p, q) \qquad (8)$$

вытекают равенства $p = p^*$, $q = q^*$.

Смысл выражений (3) в том, что оптимальность по Парето обеспечивает не возможность совместными усилиями увеличить выигрыш одного из партнеров, не уменьшив при этом выигрыш другого. В данной ситуации партнеры, действуя совместно, не могут увеличить выигрыш каждого [4]. Такую оптимальность рационально использовать, когда разборкой техники подлежащей утилизации и формированием вторичного фонда запасных частей занимается одна организация, а различные ее подразделения действуют совместно, реализуя общую стратегию.

Литература.

1. Алдошин Н.В. Вторичное использование изделий утилизируемой техники / Н.В. Алдошин // Международный научный журнал. – ISSN 1995-4638.- 2010, №5, с. 92-97.

2. Алдошин Н.В. Утилизация техники в системе АПК: монография / Н.В. Алдошин, А.А. Ивлев, Ю.А. Лесконог, Н.А. Лылин. – ISBN 978-5-9546-0089-6. - М.: ООО «УМЦ «Триада», 2014. – 222 с.

3. Алдошин Н.В. Формирование рынка вторичных запасных частей / Н.В. Алдошин, Н.А. Лылин, Ю.А. Лесконог, А.А. Ивлев //Вестник ФГОУ ВПО Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина. - №3(67) / 2015, с.33-38. –ISSN 1728-7936.

4. Шикин Е.В. Исследование операций: учеб. / Е.В. Шикин, Г.Е. Шикина – ISBN 5-482-00521-6. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2006. – 280 с.

5. Алдошин Н.В. Стратегии сбора и транспортировки техники на утилизацию / Н.В. Алдошин // Международный научный журнал. – ISSN 1995-4638.- 2010, №1, с. 64-69.

6. Алдошин Н.В. Выбор стратегий создания вторичного фонда запасных частей / Н.В. Алдошин // Вестник ФГОУ ВПО Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина. –ISSN 1728-7936. - №1(65)/2015, с. 7-10.

7. Алдошин Н.В. Показатели эффективности транспортирования техники на утилизацию / Н.В. Алдошин, В.В. Кулдошина, Л.М. Джабраилов // Механизация и электрификация сельского хозяйства, №5, 2008, с. 34-35. - ISSN 0206-572X.

8. Алдошин Н.В. Создание фонда вторичных запасных частей /Н.В. Алдошин, Н.А. Лылин, Ю.А. Лесконог, А.А. Ивлев // Достижения науки и техники АПК, – ISSN 0235-2451. – 2015, №11, Т. 29, с. 102-104.

9. Алдошин Н.В. Исследование стабильности транспортного обеспечения технологических процессов сбора техники на утилизацию / Н.В. Алдошин // Международный технико-экономический журнал. – ISSN 1995-4646. - 2010, №1,с. 70-75.

10. Алдошин Н.В. Порядок проведения контроля состояния узлов и деталей утилизируемой техники / Н.В. Алдошин // Международный технико-экономический журнал, – ISSN 1995-4646. -2009, №5, с. 46-48.

11. Алдошин Н.В. Обоснование вместимости площадки-накопителя при сборе

техники на утилизацию / Н.В. Алдошин // Международный научный журнал. – ISSN 1995-4638. - 2009, №4, с. 46-49.

12. Алдошин Н.В. Выбраковка узлов и деталей утилизируемой техники Достижения науки и техники АПК. / Н.В. Алдошин // – ISSN 0235-2451. - 2010, №8, с. 69-71.

13. Алдошин Н.В. Контроль качества изделий выбывшей из эксплуатации техники / Н.В. Алдошин // Техника в сельском хозяйстве. – ISSN 0131-7105. - 2010, №4, с. 30-33.

14. Соловьев Р.Ю., Лялякин В.П., Фрибус В.К., Силина М.И., Костомахин М.Н. Типовой проект построения эффективности системы менеджмента качества в соответствии со стандартами ИСО 9000 для предприятий технического сервиса АПК// Информагротех, - Москва, - 2009. Сер.Том

References:

1. Aldoshin N.In. Reuse of recyclable products machinery / N.In. Aldoshin // international scientific journal. – ISSN 1995-4638.- 2010, №5, p. 92-97.

2. Aldoshin N.In. Utilization of technology in the agricultural sector: monograph / N.In. Aldoshin, A.A. Ivlev, Yu.A. Leskonog, N. Lilin. – ISBN 978-5-9546-0089-6. - M.: LLC «EMC Triada, 2014. – 222 p.

3. Aldoshin N.In. The formation of the secondary market of spare parts / GN.In. Aldoshin, N. Lyon, J.A. Leskonog, Ivlev A.A. // Vestnik of FGOU VPO Moscow state Agroengineering University named after V.P. Goryachkin. - №3(67)/2015, p. 33-38. – ISSN 1728-7936.

4. Shikin E.V. operations Research: proc. / E.V. Shikin, Shikin G.E. – ISBN 5-482-00521-6. – M.: TK velbi, Publishing house the Prospectus, 2006. – 280 p.

5. Aldoshin N.In. Strategy for the collection and transportation of recycled machinery / N.In. Aldoshin // international scientific journal. – ISSN 1995-4638.- 2010, №1, p. 64...69.

6. Aldoshin N.In. The choice of strategies of creating a secondary Fund of spare parts / GN.In. Aldoshin // Vestnik of FGOU VPO Moscow state Agroengineering University named after V.P. Goryachkin. –ISSN 1728-7936. - №1(65)/2015, p. 7-10.

7. Aldoshin N.In. Performance indicators transportation of recycled machinery / N.In. Aldoshin, V.V. Kuldoshina, L.M. Dzhabrailov // Mechanization and electrification of agriculture, No. 5, 2008, pp. 34-35. - ISSN 0206-572X.

8. Aldoshin N.In. The creation of a Fund for secondary spare parts / N.In. Aldoshin, N. Lyon, J.A. Lescano, A.A. Ivlev // Achievements of science and technology, agriculture, ISSN 0235-2451. In 2015, No. 11, vol. 29, p. 102-104.

9. Aldoshin N.In. Stability study of transport technological processes of gathering equipment for disposal / N.In. Aldoshin // the international technical-economic journal. – ISSN 1995-4646. - 2010, №1, p. 70-75.

10. Aldoshin N.In. The order of carrying out condition monitoring of components and parts of decommissioned equipment / N.In. Aldoshin // the international technical-economic journal – ISSN 1995-4646. -2009, №5, p. 46-48.

11. Aldoshin N.In. Justification of the capacity of the site-drive the collection of equipment for disposal / N.In. Aldoshin // international scientific journal. – ISSN 1995-4638. - 2009, №4, p. 46-49.

12. Aldoshin N.In. Culling of parts and equipment utilized science and technology of APC. / N.In. Aldoshin // ISSN 0235-2451. - 2010, №8, p. 69-71.

13. Aldoshin N.In. Quality control of products withdrawn from the operation of machinery / N.In. Aldoshin // Technique in agriculture. – ISSN 0131-7105. - 2010, №4, p. 30-33

14. Solovyev R.Yu., Lialiakin V.P., Fribus V.K., Silina M.I., Kostomakhin M.H. Model project for the organisation of an effective quality management system in accordance with ISO 9000 standards for technical servicing enterprises in the AIC // Informagrotekh, Moscow, 2009. Ser. Vol.

УДК 621.791.03: 621.791.9

СПОСОБ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ИЗ УГЛЕРОДИСТЫХ, ЛЕГИРОВАННЫХ И БЫСТРОРЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ ПРИВАРКОЙ

Серов А.В., доцент, канд. техн. наук1
Серов Н.В., ассистент1
Бурак П.И., профессор, докт. техн. наук1
Латыпов Р.А., профессор, докт. техн. наук2
(ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет –МСХА имени К.А. Тимирязева», факультет технического сервиса в АПК, Москва, rezonans_demo@mail.ru , +7(499) 976-46-18)
(ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет» факультет машиностроения latipov46@mail.ru, +7 (495) 223-05-23)

Аннотация. *В статье рассмотрены способы утилизации отходов машиностроительного и инструментального производства. Показано что перспективным способом утилизации с точки зрения свойств полученных покрытий, экономичности и экологичности может быть электроконтактная приварка.*

Ключевые слова: Утилизация, упрочнение, восстановление, функциональные покрытия, электроконтактная приварка.

Для повышения эффективности производства, требуется использование технологий позволяющих получать высокую надёжность машин (деталей), при минимально возможных материальных затратах на изготовление, что возможно за счёт использования функциональных покрытий [1].

Функциональное покрытие – это слой, созданный на поверхности детали являющийся её неотъемлемой частью, отличающийся от неё по химическому составу и имеющий меньшую толщину, обладающий строго определёнными (заданными) свойствами, чередованием или градиентом свойств, необходимыми для работы детали и (или) обеспечивающими более высокие технико-экономические показатели эксплуатации изделия, чем без наличия такового [1].

Перспективным способом получения функциональных покрытий на поверхностях деталей машин является электроконтактная приварка дополнительного материала. Данный способ позволяет наносить широкий спектр материалов [1-6], обладает высокой экологичностью и экономичностью, позволяет использовать в качестве присадочных материалов отходы других производств [7-9].

Существуют различные способы утилизации отходов машиностроительного производства.

Авторы [9] предлагают способ электроконтактной наплавки, заключающиеся в том, что упрочнению подвергается стальной диск сошника сеялки, присадочным материалом являются отходы шлифования шарикоподшипников (ШХ 15). Шлам прессуют до состояния ленты. Из полученной прессова-

нием ленты, состоящей из деполяризованных частиц отходов шлифования шарикоподшипников, вырезают присадочный материал. После размещения присадочного материала на упрочняемой поверхности осуществляли его приварку.

Известен способ [10] получения нанодисперсных порошков из любых токопроводящих материалов, в том числе и их отходов, методом электроэрозионного диспергирования (ЭЭД) для последующего их использования в технологических процессах изготовления, восстановления и упрочнения деталей машин, ЭЭД представляет собой разрушение токопроводящего материала в результате локального воздействия кратковременных электрических разрядов между электродами.

Известен способ [11] переработки тонколистового металлического лома. Установка для переработки металлического лома содержит основание, плиты, установленные с зазором. Плиты связаны с основанием посредством шарниров. Гидроцилиндры осями закреплены на основании и соединены с плитами. Под одной плитой к основанию закреплен горизонтальный режущий элемент - неподвижный нож, имеющий вертикальные режущие элементы. Под другой плитой установлен ползун с возможностью перемещения в сторону ножа от гидроцилиндров. К ползуну закреплен горизонтальный режущий элемент - нож и вертикальные режущие элементы - пуансоны. В нижней части основания закреплены упоры и установлена платформа с тарой. Рабочие поверхности плит выполнены в виде двух сопряженных между собой участков. Данная конструкция установки обеспечивает, после переработки негабаритного металлического лома, получение как измельченного, так и габаритного, в виде брикетов требуемых размеров, металлического лома.

Недостатком рассмотренных способов [9-11] является высокая трудоемкость процессов утилизации, равно как и то, что последующее использование продуктов утилизации при упрочнении и восстановлении осуществляется с применением других технологий и оборудования.

Авторы [12] доказали возможность приварки проволоки из быстрорежущей стали Р18 и Р6М5 диаметром до 2 мм, на основу из стали 45, что даёт предпосылки использования электроконтактной приварки для утилизации отходов инструментального и машиностроительного производства из быстрорежущих сталей.

В связи с этим, предлагается способ утилизации, позволяющий снизить себестоимость, повысить технологичность, экологичность процесса восстановления и (или) упрочнения деталей, а также расширить номенклатуру используемых присадочных материалов, за счёт использования отходов машиностроительного и инструментального производства.

Метод упрочнения деталей электроконтактной приваркой материалов, полученных из отходов машиностроительного и инструментального производства подлежащих утилизации заключается в том, что на восстанавливаемую и (или) упрочняемую поверхность укладывается присадочный материал в виде лент или проволок из инструментальной углеродистой, инструментальной легированной или быстрорежущей стали, которые привариваются к детали импульсами электрического тока величиной 6…10 кА при напряжении 3…6 В с одновременным приложением давления и охлаждением зоны соединения.

Под действием приложенного усилия сжатия и пропускания электрического тока образуется неразъемное соединение. Подача охлаждающей жидкости приводит к одновременной закалки привариваемого слоя до твёрдости 62…65 HRC.

При перемещении детали во время электроконтактной приварки, на ее поверхности образуются ряд точек, причем каждая следующая точка перекрывает предыдущую, тем самым образуется неразъемное сварное соединение.

В экспериментальных исследованиях осуществлялась электроконтактная приварка машинных металлорежущих ножовочных полотен из стали марки Р6М5 с исходной твёрдостью 63 HRC толщиной 2 мм, на основу из стали 65Г толщиной 15 мм, При этом твёрдость покрытий после электроконтактной приварки составила 62 HRC.

Получение функциональных покрытий при утилизации отходов машиностроительного и инструментального производства электроконтактной приваркой, может быть альтернативой дорогостоящим операциям химикотермической обработки.

Литература

1. Серов А.В. Функциональные покрытия в сельскохозяйственном машиностроении / А.В. Серов, П.И. Бурак, Р.А. Латыпов, Н.В. Серов // Международный научный журнал. М.: ООО «Спектр», 2014. Вып. 6. С. 71–77.

2. Бурак П.И. Материалы, рекомендованные для электроконтактной приварки / П.И. Бурак, А.В. Серов // Труды ГОСНИТИ. – М : ГНУ ГОСНИТИ Россельхозакадемии, 2010. – Т. 105. – С. 176–180.

3. Бурак П.И. Восстановление деталей электроконтактной приваркой разнородных материалов / П.И. Бурак, А.В. Серов // Ремонт, восстановление, модернизация. – М : ООО «Наука и технологии», 2012. ISSN 1684-2561. – №8. – с. 15-20.

4. Бурак П.И. Особенности получения восстанавливаемых покрытий электроконтактной приваркой металлической ленты / П.И. Бурак, Р.А. Латыпов, А.В. Серов, А.М. Бугаёв // Упрочняющие технологии и покрытия. – М : Машиностроение, 2013. – №3. – С. 23-28.

5. Серов А.В. Совершенствование технологии восстановления деталей сельскохозяйственной техники электроконтактной приваркой металлической ленты: Автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.20.03 / А.В. Серов / Моск. гос. агроинженер. ун-т имени В.П. Горячкина. Москва, 2011. 16 с

6. Латыпов, Р.А. Выбор компактных и порошковых металлических материалов и управление качеством покрытий при упрочнении и восстановлении деталей электроконтактной приваркой : автореферат дис. ... доктора технических наук : 05.02.01 / Моск. гос. вечер. металлург. ин-т. - Москва, 2007. - 48 с.

7. Латыпов, Р.А. Получение порошков из отходов вольфрамсодержащих твердых сплавов и их применение в технологиях восстановления и упрочнения деталей / Р.А. Латыпов, П.И Бурак, Е. В. Агеев, Г.Р. Латыпова // Труды ГОСНИТИ. – 2014. – Т. 114.

8. Латыпов Р.А. Исследование твердосплавных порошков, полученных электроэрозионным диспергированием вольфрамсодержащих отходов / Р.А. Латыпов, Г.Р. Латыпова, Е. В. Агеев, П.И Бурак // Международный научный журнал. - 2013. - №5. с. 80-85.

9. Способ наплавки для упрочнения режущей кромки изделия: пат. 2112634 Рос. Федерация: МПК 6В 23К 9/04 А. Р.А. Латыпов, А.В. Поляченко., Н.Д. Бахмудкадиев, Б.А. Молчанов. - №97107594/02;; заявл. 28.04.1997; опубл. 10.06.1998

10. Установка для получения нанодисперсных порошков из токопроводящих материаловпатент: пат. 2449859 Рос. Федерайия: МПК B22F9/14, B23H1/02,

B82Y40/00. Е.В. Агеев, Б.А. Семенихин, Р.А. Латыпов, В.И. Аниканов; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО ЮЗГУ. - №2010104316/02;; заявл. 08.02.2010; опубл. 10.05.2012. Бюл. № 13

11. Установка для переработки металлолома: пат. 2164473 Рос. Федерация: МПК B30B9/32. В.А. Шатских; заявитель и патентообладатель ОАО «Втормет». - 99101545/02;; заявл. 25.01.1999; опубл. 27.03.2001

12. Клименко Ю.В. Электроконтактная наплавка быстрорежущей стали Р18 и Р6М5 на сталь 45 / Ю.В. Клименко, Р.А. Латыпов // Сварочное производство. 1979. № 6. С. 36.

13. Черноиванов В.И., Герасимов В.С., Соловьев Р.Ю., Черноиванов А.Г., Буряков С.А., Русаков А.Н, Голубев И.Г. Утилизация в системе обновления сельскохозяйственной техники в АПК // Информагротех, - Москва – 2013

A METHOD OF RECYCLING OF CARBON, ALLOYED AND HIGH-SPEED TOOL STEELS BY ELECTROCONTACT WELDING

A. V. SEROV, Ph.D., associate professor
N. V. SEROV, graduate student
R.A. LATYPOV, Ph.D (Eng), professor
P.I. BURAK, Ph.D (Eng), professor

***Abstract**. The article describes methods of disposal of the machine-building and tool-making production waste. It is shown that a promising method of disposal in terms of the properties of the resulting coatings, economy and ecology can be electric-welding.*

***Keywords**: Recycling, strengthening, recovery, functional coatings, electric welding.*

References

1. Serov V.A. Functional coating in agricultural engineering / A.V. Serov, P.I. Burak, A.R. Latypov, N.V. Serov // international scientific journal. M.: OOO «Spektr», 2014. Vol. 6. P. 71-77.

2. Burak P.I. The Materials recommended for electrocontact welding / P.I. Burak, A.V. Serov // Proceedings of GOSNITI. – M : GNU GOSNITI Rosselkhozakademii, 2010. – Vol 105. – P. 176-180.

3. Burak P.I. Restoration of details electrocontact welding of dissimilar materials / P.I. Burak, A.V. Serov // Repair, restoration, modernization. – M : OOO «Science and technology», 2012. ISSN 1684-2561. – No. 8. – p. 15-20.

4. Burak P.I. Peculiarities of obtaining recoverable coatings electrocontact welding metal strip / P.I. Burak, R.A. Latypov, A.V. Serov, A.M. Bugaev // Hardening technology and coatings. – M : Mechanical Engineering, 2013. – No. 3. – P. 23-28.

5. Serov A.V. Improvement of technology of restoration of details of agricultural machinery electrocontact welding metal belt: abstract. dis. kand. tech. Sciences: 05.20.03 / A.V. Serov / Mosk. state agroinzhener. University named after V.P. Goryachkin. Moscow, 2011. 16 P.

6. Latypov R.A. Selection of compact and powder metal materials and quality control of coatings for hardening and restoration of parts by electric contact welding : abstract dis. doctor of technical Sciences : 05.02.01 / Mosk. state night. metallurg. inst. - Moscow, 2007. - 48 p.

7. Latypov R.A. production of tungsten-containing powders from waste solid alloys and their applications in technologies for the recovery and reinforcement details, R.A. Latypov, P.I. Burak, E.V. Ageev, G.R. Latypova // Proceedings of GOSNITI. – 2014. – T. 114.

8. Latypov R.A. Research of carbide powders produced by electroerosion dispersion of tungsten-containing wastes / R.A. Latypov, G.R. Latypova, E.V. Ageev, P.I. Burak // International scientific journal. - 2013. - No. 5. P. 80-85.

9. Method of surfacing to harden the cutting edge: Pat. 2112634 ROS. Federation: IPC 6B 23K 9/04 A., R.A. Latypov, A.V. Polyachenko., N.D. Bahmudkadiev, B.A. Molchanov. No 97107594/02;; Appl. 28.04.1997; publ. 10.06.1998

10. The installation for obtaining of nanodispersed powders of conductive materialitat: Pat. 2449859 ROS. Federation: IPC B22F9/14, B23H1/02, B82Y40/00. E.V. Ageev, B.A. Semenikhin, R.A. Latypov, V.I. Anikanov; applicant and patent holder FGBOU VPO SWSU. No 2010104316/02;; Appl. 08.02.2010; publ. 10.05.2012. Bull. No. 13

11. Installation for processing metal: Pat. 2164473 ROS. Federation: IPC B30B9/32. Shatskikh V.A.; applicant and patentee of JSC «Vtormet». - 99101545/02; Appl. 25.01.1999; publ. 27.03.2001

12. Klimenko Y.V. Electrocontact surfacing of high speed steels R18 and R6M5 to steel 45 / Y.V. Klimenko, R.A. Latypov // Welding production. 1979. No. 6. P. 36.

13. Chernoivanov V.I., Gerasimov V.S., Solovyev R.Yu., Chernoivanov A.G., Buriakov S.A., Rusakov A.N., Golubev I.G. Utilisation in the system of agricultural machinery renewal within the AIC // Informagrotekh, Moscow, 2013.

УДК 504.064.45

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА В КАЧЕСТВЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

В.А. Дронченко, 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 температуры 293 К, а при использовании пластичной смазки ЛЗ-ЦНИИ – до 363 К;

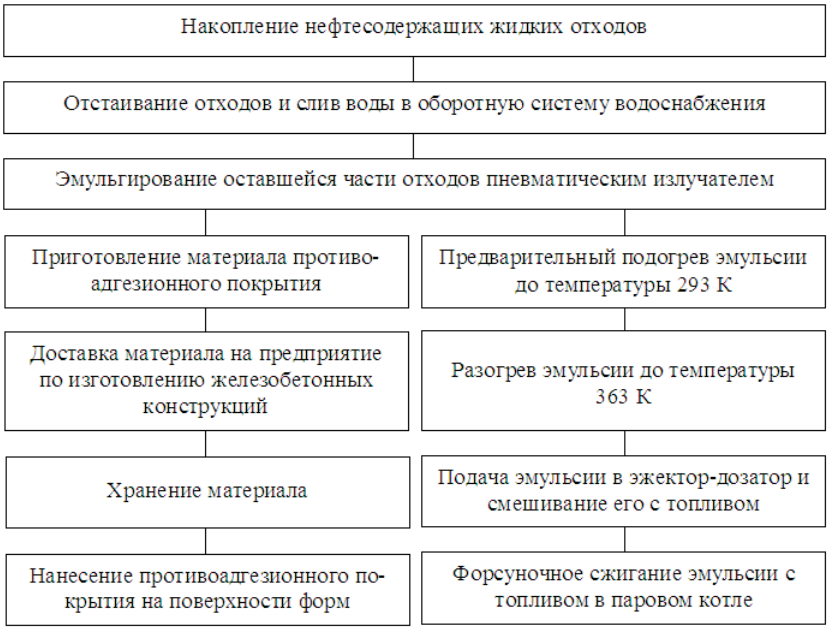


Рисунок 1. – Схема процессов приготовления эмульсии из нефтесодержащих отходов и ее последующего использования

– 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 не эмульгированного 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.

3. Черноиванов В.И., Герасимов В.С., Соловьев Р.Ю., Черноиванов А.Г., Буряков С.А., Русаков А.Н, Голубев И.Г. Утилизация в системе обновления сельскохозяйственной техники в АПК // Информагротех, - Москва – 2013

JUSTIFICATION OF TECHNICAL SOLUTIONS IN THE PREPARATION REPAIR PRODUCTION USE REPAIR PRODUCTION WASTE AS TECHNOLOGICAL MATERIALS

V. A. Dronchenko, senior lecturer
Polotsk state University, Novopolotsk, Belarus
E-mail: v.dronchenko@psu.by, phone: +375-29-2109520

***Abstract**. Technological processes for preparation of aqueous emulsions from 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 is developed.*

***Keywords**: oily waste, recycling, emulsion.*

Literature

1. Telnov N.F. Purification technology of agricultural machinery / N.F. Telnov. – 2nd ed. Rev. and extra – M.: Kolos, 1983. – 256 p.

2. Ivanov V.P. Utilization of waste water from waste oils by emulsification and combustion / V.P. Ivanov, V.A., Dronchenko // Vestnik Belorus state agricultural Acad. – 2015. № 4. – P. 141-146.

3. Chernoivanov V.I., Gerasimov V.S., Solovyev R.Yu., Chernoivanov A.G., Buriakov S.A., Rusakov A.N., Golubev I.G. Utilisation in the system of agricultural machinery renewal within the AIC // Informagrotekh, Moscow, 2013.

УДК 631.173

ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ УТИЛИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Кравченко И.Н., доктор технических наук, профессор,
kravchenko-in71@yandex.ru, тел.: 8-985-994-02-20;
Алдошин Н.В., доктор технических наук, профессор,
naldoshin@yandex.ru, тел.: 8-903-971-73-27;
Лесконог Ю.А., аспирант,
y.leskonog@bk.ru, тел.: 8-925-873-78-88
(РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева)

Аннотация. *Исходя из анализа современного состояния проблемы, в статье показана необходимость осуществления процесса утилизации высвобождаемых образцов сельскохозяйственной техники в рамках единой плановой системы, функционирующей на базе программно-целевого метода планирования и управления. Определено, что одним из основных направлений повышения уровня обоснованности принимаемых решений является проведение комплексных исследований, базирующихся на разработанном методологическом обеспечении. Особое внимание уделено совершенствованию экономической базы для создания системы утилизации сельскохозяйственной техники, а также выработаны рекомендации по ее формированию и реализации, позволяющие в условиях крайне недостаточной информации обосновать предложения в проекты программных документов, определяющих перспективы утилизации.*

Ключевые слова: *программно-целевой метод, промышленная утилизация, рециклинг, программный документ, база данных, целевая программа утилизации (ЦПУ), нормативно-техническое обеспечение, продукт утилизации, динамический процесс, ассигнования.*

Проблема утилизации самоходной техники в агропромышленном комплексе (АПК) России, включая сельскохозяйственные машины, возникла как следствие влияния ряда технических и социально-экономических факторов [1, 2, 3, 4], сопровождающих реформы, происходящие в нашей стране.

Кардинальным моментом в решении проблемы утилизации является разработка единой плановой системы утилизации федерального уровня, что обеспечит эффективный, сбалансированный по объемам и срокам возврат ресурсов в хозяйственную сферу [5, 6, 7, 8]. Решение этой задачи наиболее эффективно может быть осуществлено на базе программно-целевого метода планирования и управления, который реализуется посредством разработки системы целевых программ утилизации.

Формирование и анализ исходных данных предусматривает проведение исследований по разработке и пополнению базы данных по рассматриваемой проблеме и анализу результатов прогнозирования условий проведения утилизации, состоянию существующей системы утилизации и ее финансового и нормативно-технического обеспечения, а также анализу рынков сбыта

продуктов утилизации. При этом завершающим этапом является этап практического формирования проектов программных документов [9, 10], определяющих перспективы утилизации техники на рассматриваемый период.

Целевая программа утилизации сельскохозяйственной техники в виде самостоятельного раздела Федеральной целевой программы представляет собой достаточно сложный динамический процесс, учитывающий совокупность факторов экономического и технического характера. При этом предполагается, что на основе определенной структуры и основных показателей к утилизации сельскохозяйственной техники в системе АПК привлекается определенная совокупность специализированных предприятий с соответствующими производственными мощностями [11, 12, 13]. Кроме того, известен состав и основные технические характеристики и технико-экономические показатели образцов сельскохозяйственной техники, а также динамика ее замены в планируемом периоде и объемы заказов на серийное производство.

На проведение работ по утилизации (НИОКР, практические работы, капитальное строительство и т.д.) выделяются некоторые ограниченные суммы ассигнований (финансирование). При этом требуется распределить их так, чтобы на каждом интервале планирования достигался максимально возможный эффект от утилизации высвобождаемых образцов.

По опыту программного планирования [14, 15, 16] в рамках набора разрозненных методик и методических положений невозможно отразить многие существенные факторы формирования долгосрочных программ. Поэтому декомпозиция сложной системы мероприятий, направленных на обос-нование Программы утилизации сельскохозяйственной техники (отдельные подсистемы и описание их с помощью системы взаимосвязанных модельных блоков) лежит в основе системного подхода к решению поставленной задачи. Логическая схема и научно-методическое сопровождение процесса формирования предложений в проект ЦПУ представлена на рис. 1.

Процесс обоснования проекта утилизации состоит из четырех взаимосвязанных (по входным и выходным параметрам) этапов, направленных на эффек-тивное достижение целевой установки заказчика с использованием соответству-ющих исходных данных, методик и ресурсных ограничений.

На первых двух этапах решается статическая задача по формированию рациональных альтернативных вариантов планов утилизации. Вначале (блок 1) с помощью соответствующих методик решаются следующие задачи:

- формирование исходного перечня образцов, их возможных объемов и сроков проведения работ по утилизации по годам рассматриваемого периода;
- определение вариантов целесообразных направлений утилизации;
- обоснование перечня и сроков проведения практических работ.

Далее (блок 2) осуществляется технико-экономическая оценка выбранных вариантов направлений утилизации с использованием методики оценки эффек-тивности и стоимостных показателей [17], по результатам которой оп-ределяются потенциально возможные альтернативные планы утилизации. Выходными параметрами этого этапа являются: перечень утилизируемых об-разцов, их объемы и сроки проведения утилизации; состав НИОКР и практических работ по альтернативным вариантам направлений утилизации, а также сводные технико-экономические показатели.

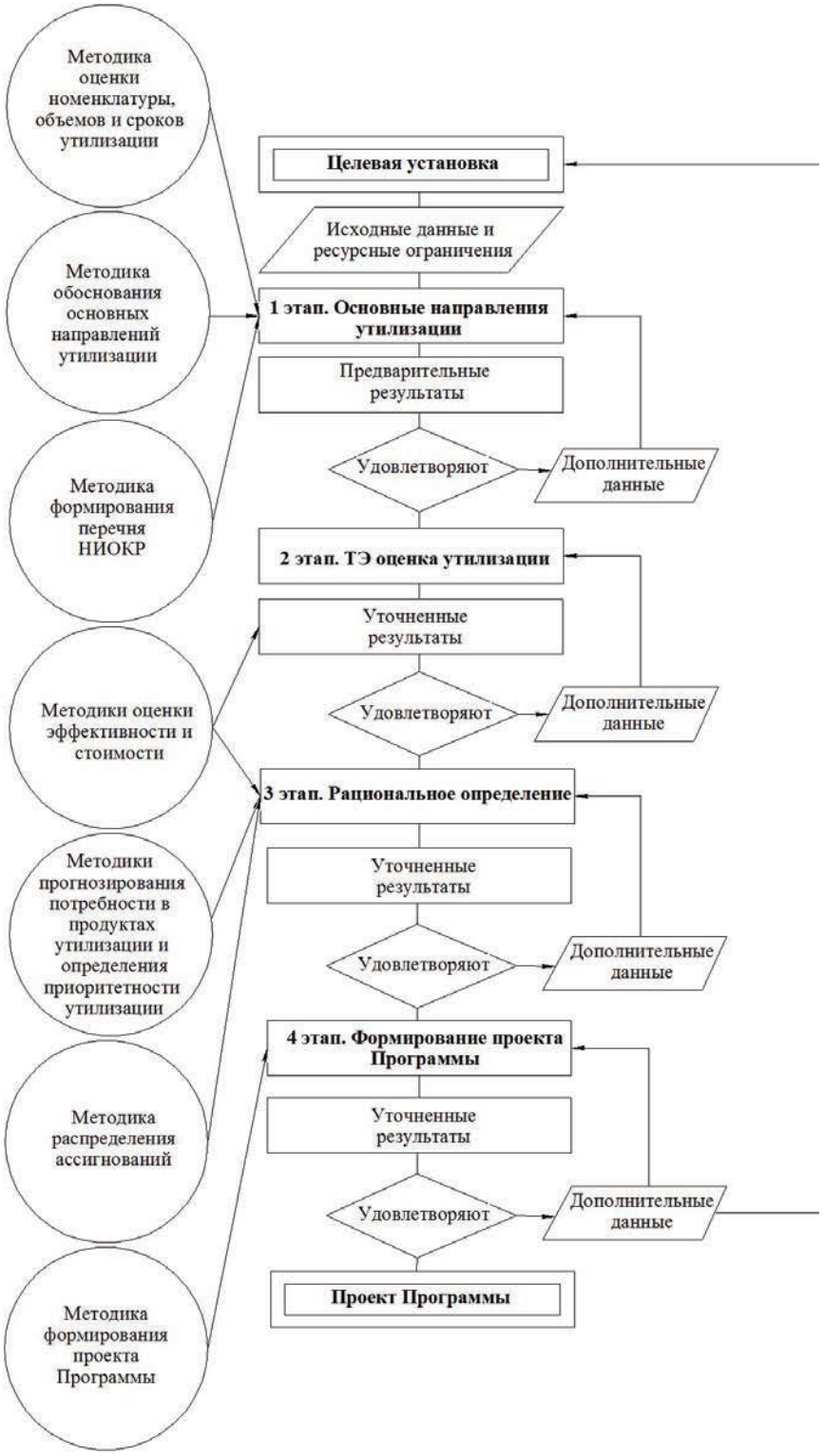


Рис. 1. Структурная схема научно-методического сопровождения разработки проекта утилизации сельскохозяйственной техники в системе АПК

На третьем этапе (блок 3) с учетом ограничений по возможностям промышленности, спроса народного хозяйства и Минсельхоза РФ на товары и материалы, получаемые в результате утилизации, выделяемых ассигнований и приоритетности работ на текущий момент времени решается динамическая задача по сбалансированию альтернативных планов утилизации по интервалам программного периода по критерию достижения максимального эффекта от утилизации. Расчеты проводятся с использованием методики распределения ассигнований на основе результатов, полученных на предыдущих этапах исследований. Выходными параметрами этапа являются варианты сбалансированных объемно-календарных перспективных планов выполнения комплексов работ по утилизации сельскохозяйственной техники, варианты технико-экономических показателей утилизации, как по интервалам планирования, так и за весь период. На заключительном четвертом этапе проводится обобщение и анализ полученных результатов и непосредственное формирование проекта ЦПУ.

В основе такой декомпозиции системных мероприятий обоснования ЦПУ техники лежит общесистемный принцип постоянного внешнего дополнения определенными исходными данными, характерными для каждого из рассматриваемых этапов. Отправным моментом решения задачи по формированию рациональных вариантов планов утилизации высвобождаемых образцов является предварительная оценка их номенклатуры и возможных сроков утилизации. Кроме того, необходимо установить динамику накопления образцов, подлежащих утилизации, по годам планируемого периода. Исходными данными для решения поставленной задачи, по предварительной оценке номенклатуры, объемов и сроков утилизации могут быть: виды и марки машин, предлагаемых к включению в ЦПУ на планируемый период; начало и окончание серийного производства техники; объемы заказов на серийное производство рассматриваемых образцов; предельные сроки хранения и эксплуатации техники; данные о наличии техники, непригодной для дальнейшего использования по прямому назначению.

Объемы i-х образцов Ny_{it}, подлежащих утилизации, рассчитываются на каждый год t планируемого периода T, исходя из накопленных объемов образцов Nyito на начало планируемого периода t_0, предельных сроков их хранения Tx_i, начала Gni и окончания Gкi серийного производства, а также сведений по объемам реально выпущенных образцов и планируемых объемов производства по годам программного периода Nv_{it}.

При выполнении рассмотренных условий объемы образцов, подлежащих утилизации, рассчитываются на каждый год планируемого периода по зависимости

$$Ny_{it} = \begin{cases} 0, & \text{если } t \le Gн_i + Tx_i \\ Ny_{it_0}, & \text{если } t = t_0 \\ Nv_{it'}, & \text{если } Gн_i + Tx_i < t < Gк_i + Tx_i \\ 0, & \text{если } t > Gк_i + Tx_i \end{cases}, \qquad (1)$$

где $Nvit'$ – объем i-х образцов, выпущенных в год t' ($t' = t - Tx_i$).

В первом году планирования объемы образцов, подлежащих утилизации, определяются реальными данными о их наличии на складах и базах. Для последующих интервалов планирования расчет объемов производится в за-висимости от следующих условий. Если текущий год планирования не превышает величины, равной сумме года начала производства образца и предельного срока его хранения (величина, определяющая год, когда образец попадает в категорию «утилизируемый»), то в этом году планирования объем утилизации будет равным нулю. В противном случае, расчет объемов производится в зависимости от положения текущего года планирования по отношению ко времени окончания производства образца в сумме с его предельным сроком хранения и года, когда образец попадает в категорию «утилизируемый». Если текущий год меньше величины, равной сумме года окончания производства и предельного срока хранения, но больше года попадания образца в категорию «утилизируемый», то объем образцов, подлежащих утилизации, равен объему выпуска образца в год $t^{/}$. Если текущий год больше суммы года окончания производства и предельного срока хранения, то в этом случае рассчитываемый объем принимается равным нулю.

Блок-схема алгоритма выбора номенклатуры и прогнозирования объе-мов и сроков накопления техники, подлежащей утилизации, представлена на рис. 2. Расчет проводится по каждому i-му образцу рассматриваемой номенклатуры 1 (блоки 1, 10, 11), начиная с первого года t_0, последовательно по годам t планируемого периода T (блоки 2, 8, 9). Величина объема образца, подлежащего утилизации, зависит от положения текущего года планирования по отношению к временным показателям его жизненного цикла ($Gк_i$, $Тх_i$, $Тэ_i$) (блок 3). Если текущий год больше либо равен сумме $Gк_i$ и $Тх_i$ (для образцов, находившихся на хранении) или $Gк_i$ и $Тэ_i$ (для образцов, находившихся в эксплуатации), то объемы образцов, подлежащих утилизации $Nун_i$, рассчитываются соответственно по формулам блока 4, в противном случае – по формулам блока 5 (см. рис. 2). Получение отрицательных значений (блок 6) свидетельствует о том, что в рассматриваемый год i-е образцы не подлежат утилизации. Следовательно, их объем приравнивается к нулю (блок 7).

На следующем этапе исследований необходимо определить перечень НИОКР, которые следует провести для реализации основных направлений утилизации соответствующих образцов техники.

Задачу выбора (прогнозирования) тематики в условиях отсутствия проектно-конструкторских и проектно-технологических проработок предлагается формулировать в вероятностной постановке. В качестве критерия возможности решения научно-технической задачи к намеченному сроку принимается показатель – вероятность достижения цели. В зависимости от того, достигает эта вероятность уровня доверительной или нет, будет решаться вопрос о включении темы в проект Программы утилизации.

Вероятность P(t) достижения цели к моменту времени t может быть определена из выражения

$$P(t)=1 - \exp(-\alpha(t)), \qquad (2)$$

где $\alpha(t)$ – технико-экономический потенциал.

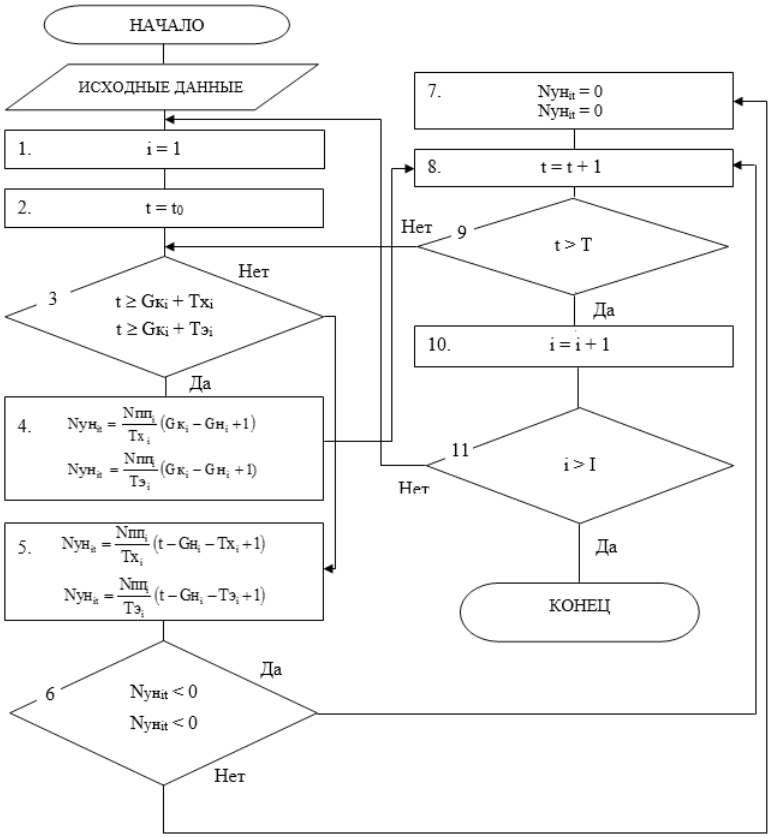


Рис. 2. Алгоритм выбора номенклатуры и прогнозирования накопления объемов и сроков утилизации образцов сельскохозяйственной техники

Применительно к проблеме утилизации сельскохозяйственной техники $\alpha(t)$ предлагается выразить в виде произведения индексов материального обеспечения $\alpha(t)$ и научно-технического потенциала $w(t)$, которые сложатся к моменту времени t:

$$\alpha(t) = \alpha(t) \cdot w(t). \qquad (3)$$

Определение индекса $\alpha(t)$ в денежном выражении связано с принципиальными трудностями, так как на данном этапе исследований невозможно заранее определить уровни допустимых затрат. Поэтому применяется индикаторный подход, позволяющий исчислять не затраты, а степень экономической обеспеченности предполагаемых исследований.

В развернутом виде, в качестве примера, категории экономической обеспеченности можно представить в виде списка:

1. Специалисты высшей категории.
2. Инженерно-технические кадры и обслуживающий персонал.
3. Лабораторное оборудование, приборы и материалы для проведения исследований.
4. Информационное обеспечение (базы для изготовления опытных и промышленных образцов).
5. Обеспечение экологической безопасности.

Предположим, что все эти категории по значимости равны. Тогда при полном отсутствии обеспечения индексу $\alpha(t)$ присваивается нулевое значение, а при полном обеспечении значение индекса $\alpha(t)$ будет равняться 1.

Таким образом, индекс $\alpha(t)$ изменяется в пределах от 0 до 1. Для удобства проведения расчетов весь диапазон изменения индекса разбиваем на десять интервалов с шагом (приращением), равным 0,1. Тогда возникает однозначное соответствие между предполагаемой экономической обеспеченностью исследований и индексом $\alpha(t)$.

В настоящее время информационная база не позволяет использовать традиционные методы прогнозирования стоимостных показателей утилизации отдельных моделей сельскохозяйственной техники. В связи с этим, оценку стоимости утилизации предлагается проводить на основе экспертно-аналитических методов [18, 19], которые применительно к рассматриваемой проблеме, основаны на оценке степени подобия технических и экономических параметров производства продуктов утилизации. Таким образом, оценку стоимости промышленной утилизации образцов предлагается проводить путем аналитического сопоставления размеров основных статей калькуляции при производстве с затратами по этим же статьям калькуляции при утилизации по формуле:

$$C_{пр} = \sum_{i}^{N} k_i C_i, \tag{4}$$

где C_i – размер стоимости i-й статьи калькуляции при серийном производстве образцов;

k_i – коэффициент зависимости i-й статьи калькуляции при утилизации от размера этой статьи при серийном производстве образцов;

N – число статей калькуляции.

Изучение спроса и выявление его закономерностей возможно лишь в условиях достаточно развитого производства продуктов утилизации, когда у потребителя имеется свобода выбора, а также при достаточно большой номенклатуре изделий, когда между спросом и предложением может быть установлена достаточно жесткая корреляция.

Одним из основных этапов исследований является распределение ассигнований (средств) между типами утилизируемой техники и элементами программной структуры, определяющими перспективы развития ее утилиза-ции. Эта часть работы по своему целевому предназначению является направляющей и координирующей исследования всей кооперации исполнителей при обосновании сбалансированных предложений по формированию проектов программных документов по утилизации сельскохозяйственной техники.

Укрупненный алгоритм решения задачи распределения ассигнований на проведение практических работ по утилизации сельскохозяйственной техники представлен на рис. 3.

ники представлен на рис. 3.

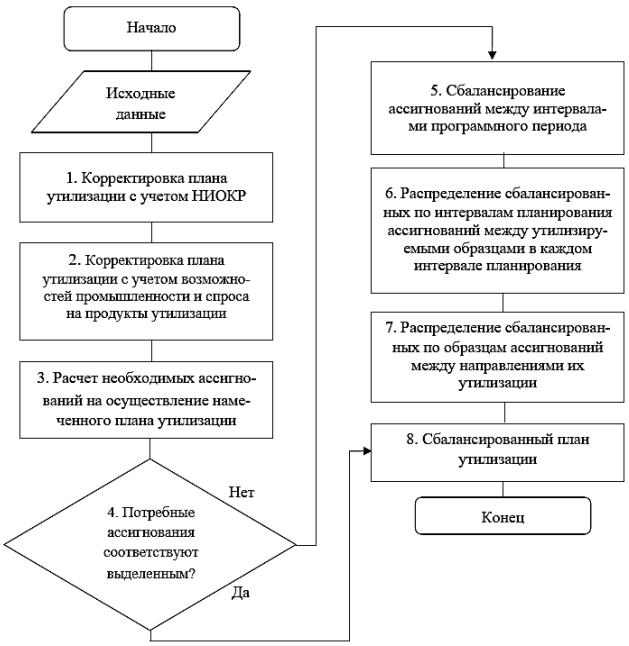


Рис. 3. Укрупненный алгоритм распределения ассигнований на проведение практических работ по утилизации сельскохозяйственной техники

На первой стадии расчетов (блок 1) проводится корректировка плана утилизации техники в зависимости от сроков проведения НИОКР. Далее (блок 2) выполняются расчеты по уточнению (корректировке) значений объемов утилизации образцов Ny_{jit} по интервалам планируемого периода с учетом возможностей промышленности $Nвп_{jit}$ и спросу на продукты утилизации $Nсп_{jit}$ по следующей зависимости:

$$Ny_{jit} = \min (Nвп_{jit}, Nсп_{jit}), \text{ если } Ny_{jit} > Nвп_{jit} \text{ или } Ny_{jit} > Nсп_{jit}. \quad (5)$$

Естественно, что если в t-й интервал запланированные объемы i-х образцов не превышают возможностей промышленности и спроса, получаемые в результате их утилизации, то уточнений не производится. В противном случае, уточненные значения объемов утилизации должны быть равны минимальному из значений возможностей промышленности и спроса на продукты утилизации.

Затем выполняется расчет необходимых (потребных) затрат на осуществление намеченного плана утилизации по интервалам планируемого периода и за весь период в целом (блок 3) по зависимости:

$$C_{ун} = \sum_{t=1}^{T}\sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J} Cy_{ji} N_{jit}. \quad (6)$$

В случае, если необходимые суммарные затраты будут меньше, либо равны выделенным ассигнованиям, то задача считается решенной. В противном случае проводится сбалансирование ассигнований по интервалам плани-руемого периода с учетом суммарного показателя эффективности утилизации образцов (блок 5), используя следующую зависимость:

$$C^{/}ун_{t} = Сун_{t} - \frac{\sum_{t=1}^{T}\sum_{i=1}^{I} Wy_{it}}{\sum_{i=1}^{I} Wy_{it} \sum_{t=1}^{T} \frac{\sum_{t=1}^{T}\sum_{i=1}^{I} Wy_{it}}{\sum_{i=1}^{I} Wy_{it}}} (Сун - Св), \quad (7)$$

где $C^{/}у_{нt}$ – сбалансированные ассигнования в t-м интервале программного периода;

$Су_{нt}$ – необходимые ассигнования на утилизацию в t-м интервале программного периода.

Суммарные ассигнования, необходимые на проведение утилизации по каждому интервалу программного периода, корректируются с учетом дефицита средств (Сун – Св) путем вычитания взвешенной доли дефицита от первоначальной суммы необходимых ассигнований.

На следующем этапе (блок 6) проводится распределение сбалансированных по интервалам планируемого периода ассигнований между образцами, подлежащими утилизации:

$$C^{/}ун_{it} = Сун_{it} - \frac{\sum_{i=1}^{I} Wy_{it}}{Wy_{it} \sum_{i=1}^{I} \frac{\sum_{i=1}^{I} Wy_{it}}{Wy_{it}}} (Сун_{t} - C^{/}ун_{t}), \quad (8)$$

где $C^{/}ун_{it}$ – сбалансированные ассигнования на утилизацию i-х образцов в t-м интервале программного периода;

$Сун_{it}$ – необходимые ассигнования на утилизацию i-х образцов в t-м интервале программного периода.

Механизм распределения происходит аналогичным образом, но в этом случае суммарные затраты на утилизацию корректируются с учетом дефицита средств интервала периода планирования, путем вычитания его из первоначальной суммы необходимых затрат на утилизацию данного образца в текущем году.

Далее (блок 7) проводится распределение сбалансированных по образцам ассигнований между основными направлениями их утилизации:

$$C^{/}ун_{ji} = Сун_{ji} - \frac{\sum_{j=1}^{J} Wy_{ji}}{Wy_{ij} \sum_{j=1}^{J} \frac{\sum_{j=1}^{J} Wy_{ji}}{Wy_{ji}}} (Сун_{i} - C^{/}ун_{it}), \quad (9)$$

где $C/ун_{ji}$ – сбалансированные ассигнования на утилизацию i-х образцов по j-му направлению;

$Сун_{ji}$ – необходимые ассигнования на утилизацию i-х образцов по j-му направлению.

В результате перераспределения средств может оказаться, что на утилизацию некоторых образцов техники в каком-то интервале планирования будут выделены "отрицательные" ассигнования. Такие образцы исключаются из

плана утилизации. В этом случае расчеты приобретают итерационный характер.

Процесс завершается в том случае, когда у всех выбранных для утилизации образцов по каждому направлению на каждом интервале планирования будет положительный показатель эффективности и необходимые затраты на осуществление намеченного плана утилизации не будут превышать выделен-ных средств, то есть будут выполнены все условия и ограничения поставленной задачи.

По результатам расчетов (блок 8) формируется сбалансированный план утилизации, на основании которого даются предложения в проект ЦПУ на планируемый период по номенклатуре образцов, их объемам, основным направлениям утилизации и срокам проведения работ.

Заключение

Для управления процессами утилизации разработанная методика позволяет в условиях недостатка исходных данных рационально распределять ассигнования между элементами программной структуры с использованием несложных логико-математических расчетов. При этом полученные результаты позволяют планировать приоритетность вложения средств в формирование комплексной системы управления процессами утилизации сельскохозяйственной техники.

Список литературы.

1. Черноиванов В.И. Утилизация в системе обновления сельскохозяйственной техники в АПК / В.И. Черноиванов, В.С. Герасимов, Р.Ю. Соловьев [и др.]. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. – 124 с.

2. Герасимов В.С. Утилизация как механизм обновления машинно-тракторного парка АПК России / В.С. Герасимов, Р.Ю. Соловьев, В.И. Игнатов // Труды ГОСНИТИ. – 2014. – Т. 115. – С. 19-24.

3. Соловьев С.А. Утилизация сельскохозяйственной техники: проблемы и решения / С.А. Соловьев, В.Ф. Федоренко, В.И. Игнатов, И.Г. Голубев [и др.]. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. – 172 с.

4. Кравченко И.Н. Утилизация сельскохозяйственной техники / И.Н. Крав-ченко, В.М. Корнеев, Ю.В. Катаев, А.В. Чепурин. – М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2016. – 170 с.

5. Кравченко И.Н. Комплексная система утилизации техники двойного назначения – источник создания промышленного сектора вторичной металлургии / И.Н. Кравченко, И.Т. Севрюков, В.В. Кочуров // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2011. – №9. – С. 42-46.

6. Герасимов В.С. Обоснование необходимости разработки системы утилизации сельскохозяйственной и лесной техники / В.С. Герасимов, Р.Ю. Соловьев, В.И. Игнатов // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2014. – №2(101). – С. 28-34.

7. Герасимов В.С. Исследование условий и возможностей формирования системы утилизации сельскохозяйственной техники на примере предприятий АПК Краснодарского края / В.С. Герасимов, А.Г. Черноиванов, Р.Ю. Соловьев // Труды ГОСНИТИ. – 2015. – Т. 121. – С. 61-68.

8. Кравченко И.Н. Утилизация и рециклинг техники в агропромышленном комплексе / И.Н. Кравченко, А.В. Коломейченко, В.М. Корнеев [и др.]; под ред. И.Н. Кравченко. – М.: БИБКОМ, ТРАНСЛОГ, 2016. – 240 с.

9. Кравченко И.Н. Диалоговая информационная система поддержки принятия решения по утилизации технических средств / И.Н. Кравченко, В.В. Кочуров, М.Н.

Ерофеев [и др.] // Свидетельство о гос. рег. программы для ЭВМ №2013610484. – Заявка №2012660240 от 27.11.2012; Зарег. 09.01.2013.

10. Кравченко И.Н. Утилизация автотракторной техники и вторичное использование ресурсов в агропромышленном комплексе / И.Н. Кравченко, В.М. Корнеев, С.М. Гайдар, Ю.В. Катаев // Свидетельство о гос. рег. базы данных №2016620335. – Заявка №2015621522 от 04.12.2015; Зарег. 14.03.2016; Опубл. 20.04.2016.

11. Алдошин Н.В. Утилизация техники в системе АПК / Н.В. Алдошин, А.А. Ивлев, Ю.А. Лесконог, Н.А. Лылин. – М.: Изд-во ООО «Триада», 2014. – 222 с.

12. Алдошин Н.В. Методика оптимизации зоны обслуживания предприятий по утилизации техники / Н.В. Алдошин, И.Н. Кравченко, Н.А. Лылин // Строительные и дорожные машины. – 2016. – №4. – С. 32-40.

13. Алдошин Н.В. Методика оптимизации зоны обслуживания предприятий по утилизации техники / Н.В. Алдошин, И.Н. Кравченко, Н.А. Лылин // Строительные и дорожные машины. – 2016. – №5.– С. 44-50.

14. Поспелов Г.С. Процедуры и алгоритмы формирования комплексных программ / Г.С. Поспелов, В.А. Ириков, А.Е. Курилов. – М.: Наука, 1985. – 424 с.

15. Голубков Е.П. Проблемы планирования и управления. Опыт системных исследований / Под ред. Е.П. Голубкова, А.М. Жандарова. – М.: Экономика, 1987. – 208 с.

16. Голубков Е.П. Технология принятия управленческих решений / Е.П. Голубков. – М.: Дело и Сервис, 2005. – 543 с.

17. Кравченко И.Н. Методика определения объема выборки при контроле качества техники, высвобождаемой для утилизации / И.Н. Кравченко, И.А. Золотов, И.В. Лучин // Электронный научный журнал: Междисциплинарные исследования в науке и образовании. – 2012. – №1К. – С. 56-64.

18. Демидова А.В. Исследование систем управления / А.В. Демидова. – М.: Приориздат, 2005. – 96 с.

19. Ползунова Н.Н. Исследование систем управления / Н.Н. Ползунова, В.Н. Краев. – М.: Академический проект; Трикста, 2006. – 240 с.

20. Черноиванов В.И., Герасимов В.С., Соловьев Р.Ю., Черноиванов А.Г., Буряков С.А., Русаков А.Н, Голубев И.Г. Утилизация в системе обновления сельскохозяйственной техники в АПК // Информагротех, - Москва – 2013

FORMATION OF MANAGEMENT PROCESSES UTILIZATION OF AGRICULTURAL MACHINERY

Kravchenko Igor Nikolaevich, doctor of technical sciences, professor,
kravchenko-in71@yandex.ru, tel .: 8-985-994-02-20;
Aldoshin Nikolai Vasilyevich, doctor of technical sciences, professor,
naldoshin@yandex.ru, tel .: 8-903-971-73-27;
Leskonog Yuri Alexandrovich, a graduate student,
y.leskonog@bk.ru, tel .: 8-925-873-78-88.
(Russian Timiryazev State Agrarian University)

Annotation. *Based on the analysis of the current state of the problem,the article shows the need to implement the process of disposing of redundant samples of agricultural machinery under a single planning system, functioning on the basis of program-target method of planning and management. It was determined that one of the main directions of wasps improve informed is to improve decision-making by carrying out comprehensive research-based methodology using developed software. Particular attention is paid to the improvement of the economic base to create a system of utilization of agricultural*

machinery, as well as recommendations for its formation and implementation, allowing extremely insufficient information to justify the proposal in the draft program documents, defining the prospects of recovery.

***Keywords**: program and target method, industrial utilization, recycling, program document, database, target program of utilization (TPU), normative and technical providing, utilization product, dynamic process, assignments.*

References

1. Chernoivanov V.I. Utilization of the system renovation of agricultural machinery in the AIC / V.I. Chernoivanov, V.S. Gerasimov, R.Y. Solovyov [et al.]. - M .: FGBNU «Rosinformagroteh», 2013. - 124 p.

2. Gerasimov V.S. Recycling as a mechanism to update the machine and tractor APK Russia / V.S. Gerasimov, R.Y. Solovyev, V.I. Ignatov // Proceedings GOSNITI. - 2014. - T. 115. - S. 19-24.

3. Solovyov SA Utilization of Agricultural Technology: Challenges and Solutions / S.A. Solovyov, V.F. Fedorenko, V.I. Ignatov, I.G. Golubev [et al.]. - M .: FGBNU «Rosinformagroteh», 2015. - 172 p.

4. Kravchenko I.N. Utilization of agricultural machinery / IN Kravchenko, V.M. Korneev, Y.V. Kataev, A.V. Chepurin. - M .: Publisher RGAU-ICCA, 2016. - 170 p.

5. Kravchenko I.N. A comprehensive system of utilization of dual-use technology - the source of creation of the industrial sector of the secondary metallurgy / I.N. Kravchenko, I..T Sevryukov, V.V. Kochurov // Repair. Recovery. Modernization. - 2011. - №9. - S. 42-46.

6. Gerasimov V.S. The rationale for the development of system utilization of agricultural and forest machinery / V.S. Gerasimov, R.Y. Solovyev, V.I. Ignatov // Bulletin of Moscow State Forest University - Forest Gazette. - 2014. - №2 (101). - S. 28-34.

7. Gerasimov V.S. Investigation of the conditions and possibilities of formation of system utilization on the example of agricultural machinery agricultural enterprises of Krasnodar Krai / V.S. Gerasimov, A.G. Chernoivanov, R.Y. Solovyov // Proceedings GOSNITI. - 2015. - T. 121. - S. 61-68.

8. Kravchenko I.N .Disposal and recycling technology in the agricultural sector / I.N. Kravchenko, A.V. Kolomeychenko, V.M. Korneev [et al.]; ed. I.N. Kravchenko. - M .: BIBKOM, translog, 2016. - 240 p.

9. Kravchenko I.N. An interactive information system decision support for utili-zation of hardware / I.N. Kravchenko, V.V. Kochurov, M.N. Yerofeyev [et al.] // Certificate of state. reg. a computer program №2013610484. - Application №2012660240 from 27.11.2012; EV. 09/01/2013.

10. Kravchenko I.N. Disposal of automotive vehicles and reuse of resources in the agricultural sector / I.N. Kravchenko, V.M. Korneev, S.M. Gaidar, Y.V. Kataev // Certificate of state. reg. database №2016620335. - Application №2015621522 from 04.12.2015; EV. 03/14/2016; Publ. 04/20/2016.

11. Aldoshin N.V. Utilization of technology in agribusiness / NV System Aldoshin, A.A. Ivlev, Y.A. Leskonog, N.A. Lylin. - M .: Publishing House of «Triad», 2014. - 222 p.

12. Aldoshin N.V. Methods of optimizing the service area pre-acceptance for waste technology / N.V. Aldoshin, I.N. Kravchenko N.A. Lylin // Building and road ma-chines. - 2016. - №4. - S. 32-40.

13. Aldoshin N.V. Methods of optimizing the service area pre-acceptance for waste technology / N.V. Aldoshin, I.N. Kravchenko N.A. Lylin // Building and road ma-chines. - 2016. - №5.- pp 44-50.

14. Pospelov G.S. The procedures and algorithms of formation of complex pro-grams / G.S. Pospelov, V.A. Irikov, A.E. Smoked. - M .: Nauka, 1985 - 424 p.

15. Golubkov E.P .planning and management problems. Experience in B-tem studies / Ed. E.P. Golubkov, A.M. Zhandarova. - M .: Economics, 1987. - 208 p.

16. Golubkov E.P. The technology of making management decisions / E.P. Golubkov. - M .: Business and Services, 2005. - 543 p.

17. Kravchenko I.N. Method for determining the sample size for quality control technology, released for disposal / I.N. Kravchenko I.A. Zolotov, I.V. Lucin // Electronic Scientific Journal: Interdisciplinary Research in Science and Education. - 2012. - №1K. - S. 56-64.

18. A.V. Demidov Research of management systems / A.V. Demidov. - M .: Prior-izdat, 2005. - 96 p.

19. N.N. Polzunova Research of management systems / N.N. Polzunova, V.N. Brinks. - M .: Academic Project; Triksta, 2006. - 240 p.

20. Chernoivanov V.I., Gerasimov V.S., Solovyev R.Yu., Chernoivanov A.G., Bur-iakov S.A., Rusakov A.N., Golubev I.G. Utilisation in the system of agricultural machinery renewal within the AIC // Informagrotekh, Moscow, 2013.

УДК 631.3:658.567.1

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПРЕДПРИЯТИЙ, УТИЛИЗИРУЮЩИХ ТЕХНИКУ

Лылин Н.А., к.т.н.
Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва
Тел. (499) 977-24-10; e-mail: naldoshin@yandex.ru

Аннотация. *В статье приведены результаты исследований по определению основных параметров предприятий по утилизации вышедшей из эксплуатации техники. Представлены результаты расчета радиуса и размера зоны обслуживания предприятий по утилизации, произведено разграничение их зон обслуживания на примере Московской области, показано месторасположение такого предприятия. В зависимости от объемов собираемых материалов утилизируемой техники произведен расчет типоразмерного ряда утилизирующий предприятий.*

Ключевые слова: *утилизация техники, вышедшая из эксплуатации техника, предприятие по утилизации*

Утилизация вышедшей из эксплуатации техники связана с разработкой инфраструктуры системы утилизирующих предприятий. Возникает необходимость построения сети предприятий на территории субъектов РФ. Специфика предприятий по утилизации техники показывает, что реализация технологий по переработке техники возможна не только в условиях ломозаготовительных предприятий, но и на производственных площадях станций технического обслуживания и ремонта техники, машинно-технологических станциях, ремонтных заводах. При наличии необходимых площадей и стандартного технологического оборудования для таких предприятий, без больших материальных затрат можно провести диверсификацию их деятельности.

Для предприятия по утилизации техники одной из основных задач является сбор и транспортирование вышедшей из эксплуатации техники. Каждое предприятие по утилизации техники характеризуется определенной зоной обслуживания и, соответственно, радиусом обслуживания. Размер зоны обслуживания предприятия, утилизирующего технику, ограничивается рентабельностью перевозки техники. При расширении зоны обслуживания увеличиваются затраты на перевозку техники до приемного пункта предприятия. При этом транспортные расходы не должны превышать дохода от реализации материалов, получаемых в результате переработки вышедшей из эксплуатации техники, с учетом нормы прибыли для устойчивого функционирования предприятия технического сервиса. С другой стороны экологические требования диктуют необходимость сбора всей техники выходящей из эксплуатации с территории региона. При этом условии предельный радиус обслуживания равен доходу от реализации материалов, получаемых в результате переработки вышедшей из эксплуатации техники, без учета нормы прибыли предприятия, при этом перевозка не должна быть убыточной.

Для того чтобы количественно оценить максимальный радиус доставки техники нужно сопоставить затраты на перевозку утилизируемой техники с доходом от реализации компонентов этой техники. Удобнее провести расчет удельных показателей затрат и дохода на одну единицу массы утилизируемой техники в зависимости от расстояния перевозки (рис. 1). При помощи методики, представленной в работе [1], были получены результаты расчета удельных показателей затрат на перевозку техники и дохода от реализации ее составных компонентов, которые представлены в работе [2]. Было определено значение оптимального радиуса доставки техники на утилизацию, которое составляет порядка 30 км, соответствующая площадь зоны обслуживания составляет 2800 км^2.

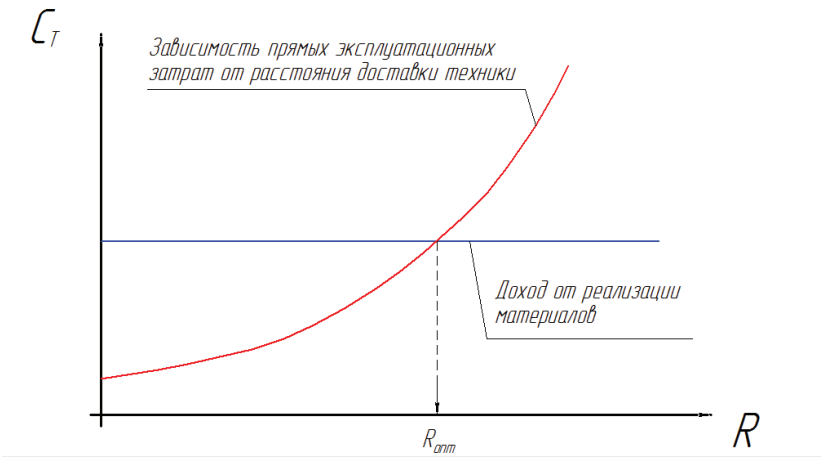


Рисунок 1. Определение оптимального радиуса обслуживания предприятия по утилизации техники

Во многих регионах центральной части России такая площадь сопоставима с площадью территории муниципального района. В работе [3] на примере Московской области был произведен расчет и составлена схема зон обслуживания предприятий по утилизации вышедшей из эксплуатации техники.На рисунке 2 представлен пример размещения утилизирующих предприятий.

Как видно из схемы на территории Московской области необходимо создать 23 предприятия, занимающихся сбором и подготовкой к утилизации вышедшей из эксплуатации техники.

Определив предельный радиус обслуживания, необходимо вычислить месторасположение самого предприятия с учетом административно-территориального деления региона при условии минимизации прямых эксплуатационных затрат на доставку техники. Для решения задачи об оптимизации передвижения транспортных средств, осуществляющих доставку утилизируемой техники, нужно использовать реальную карту месторасположения населенных пунктов и автомобильных дорог в исследуемом субъекте. Подробная методика расчета точки базирования предприятия

Рисунок 2. Схема зон обслуживания предприятий по утилизации техники на территории Московской области

по утилизации техники представлена в статье [4]. Расчет местоположения предприятия выполнен по методике изложенной в трудах Е.В. Пухова [5, 6].

В качестве примера был рассмотрен Егорьевский район Московской области. В Егорьевском районе оказались 56 населенных пункта (в принятой модели населенные пункты с числом жителей менее 70 не рассматривались). В результате расчета точка базирования предприятия находится в 1 км от города Егорьевск в непосредственной близости от села Бережки (рис. 3).

В настоящее время в районе точки базирования расположено несколько промышленных предприятий, в том числе ООО «Егорьевская ПМК-Водстрой» и ЗАО «Дорпрогресс-Егорьевск». На территории этих предприятий имеются мастерские по ремонту и техническому обслуживанию дорожной и строительной техники, площадки хранения техники. Из-за недостатка финансирования за последние десятилетия парк автотракторной техники значительно сократился, и часть площадей в настоящее время пустует. Целесообразно создать на части территории этих предприятий пункт сбора и демонтажа вышедшей из эксплуатации техники.

При проектировании предприятий по утилизации техники необходимо учитывать, что они должны быть универсальными с точки зрения видов перерабатываемых технических средств. Нецелесообразно создавать малые узкопрофильные предприятия по переработке, например, только сель-

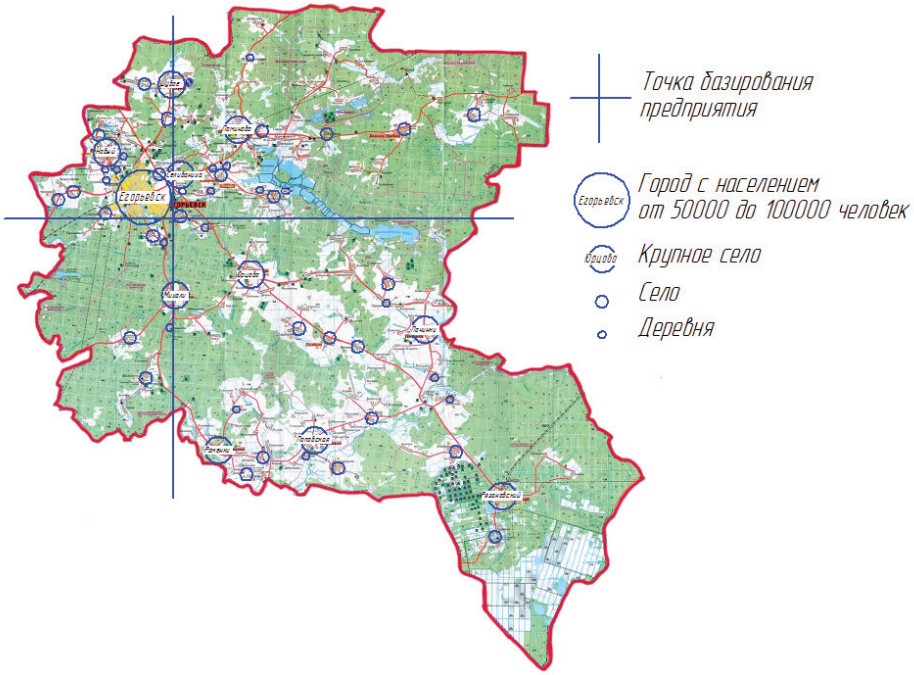


Рис. 3 Месторасположение точки базирования предприятия по утилизации техники в Егорьевском районе

скохозяйственной техники или легковых автомобилей. Материальный состав утилизируемых технических средств, как правило, идентичный. Для определения типоразмеров таких предприятий необходимо знать ежегодные количества материалов, которые будут поступать на эти предприятия. Для обоснования мощности или годовой загрузки предприятия необходимо оценить количество единиц техники, ежегодно выходящей из эксплуатации в зоне обслуживания каждого предприятия по утилизации на территории Московской области. В результате расчета, представленного в [7], была построена гистограмма годового сбора металлолома на предприятиях по утилизации техники в Московской области (рис. 4).

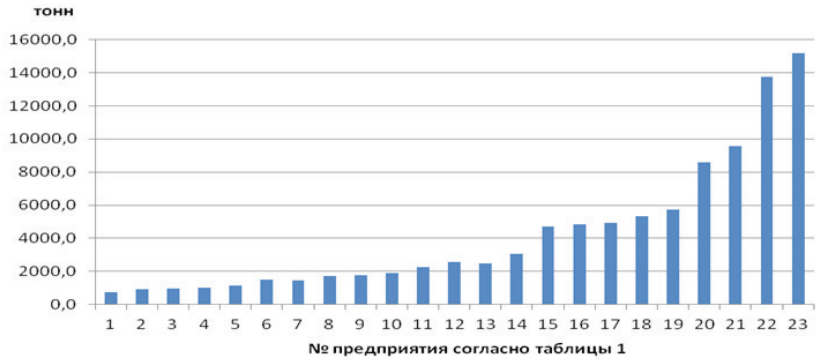


Рис. 4 Годовой сбор металлолома на предприятиях по утилизации техники в Московской области

Таблица 1

Перечень районов и городских округов, входящих в зоны предприятий по утилизации техники

№ п/п	Зона обслуживания предприятия по утилизации техники
1	Лотошинский район, Шаховской район
2	Волоколамский район
3	Луховицкий
4	Рузский район, п.г.т. Восход
5	Можайский район
6	Шатурский район, г. Рошаль
7	Егорьевский район
8	Талдомский район, г. Дубна
9	Ступинский район
10	Клинский район
11	Дмитровский район
12	Озерский район, Каширский район, Зарайский район, Серебряно-Прудский район
13	Наро-Фоминский район, п.г.т. Молодежный
14	Сергиево-Посадский район
15	Серпуховский район, Чеховский район, г. Серпухов, г. Протвино, г.Пущино
16	Коломенский район, Воскресенский район, г. Коломна
17	Орехово-Зуевский район, Павлово-Посадский район, г. Орехово-Зуево, г. Электрогорск
18	Одинцовский район, г. Звенигород, г. Краснознаменск, п.г.т. Власиха
19	Истринский район, Солнечногорский район, Красногорский район
20	Подольский район, Ленинский район, городской округ Домодедово, г. Подольск, г. Климовск, г. Щербинка
21	Раменский район, Люберецкий район, г. Бронницы, г. Жуковский, г. Котельники, г. Джержинский, г. Лыткарино
22	Пушкинский район, Мытищинский район, г. Ивантеевка, г. Королев, г. Лобня, г. Долгопрудный, г. Химки, г. Юбилейный
23	Ногинский район, Щелковский район, городской округ Балашиха, г. Электросталь, г. Железнодорожный, г. Звездный городок, городской округ Черноголовка, г. Фрязино, г. Лосино-Петровский, г. Красноармейск, г. Реутов

Из приведенных даных видно, что объем сбора металлолома по зонам обслуживания предприятий по утилизации техники неравномерный. Наибольшие объемы сбора материалов приходятся на районы, примыкающие к Москве, что объясняется большим количеством проживающего там населения. Следовательно, мощность предприятий по переработке для различных зон обслуживания должна быть неодинаковой. Для упрощения расчетов структуры и параметров предприятия по утилизации техники необходимо раз-

бить на типы зоны обслуживания в зависимости от годового объема сбора материалов с территории.

Целесообразно выделить четыре типоразмера предприятия по переработке на территории Московской области в зависимости от годового объема сбора металлолома:

- до 4000 тонн
- от 4000 до 8000 тонн
- от 8000 до 12000 тонн
- свыше 12000 тонн.

Такая разбивка позволяет проектировать типовые предприятия по переработке техники с выбором стандартного технологического оборудования, позволяет рассчитать число рабочих и количество постов демонтажа компонентов вышедшей из эксплуатации техники.

Определив основные параметры предприятий по утилизации вышедшей из эксплуатации техники, такие как радиус доставки техники, размер зоны обслуживания, точку базирования предприятия, годовую загрузку и типоразмерный ряд, можно составить типовые проекты предприятий, выполнить подбор стандартного оборудования и оснастки, рассчитать оптимальный состав транспортных средств, количество персонала и других показателей.

Литература

1. *Лылин Н.А. Методика определения зоны обслуживания предприятия по утилизации техники [Текст] / Н.В. Алдошин, Н.А. Лылин // Сборник докладов 1-й международной научно-практической конференции «Горячкинские чтения». – ISBN-978-5-9546-0086-5 М.: ООО «УМЦ «Триада», 2013. –с. 179-184*
2. *Лылин Н.А. Определение радиуса обслуживания предприятия по утилизации техники [Текст] / Н.В. Алдошин, Н.А. Лылин // Тракторы и сельхозмашины, – ISSN. 0235-8573. – 2014, №4, с. 45-47*
3. *Лылин Н.А. Определение зон обслуживания предприятий по утилизации техники в Московской области [Текст] / Н.В. Алдошин, Н.А. Лылин // Сборник докладов 1-й международной научно-практической конференции «Горячкинские чтения». – ISBN-978-5-9546-0086-5 М.: ООО «УМЦ «Триада», 2013. – с. 179-184.*
4. *Лылин Н.А. Определение месторасположения предприятия по утилизации техники [Текст] / Н.В. Алдошин, Н.А. Лылин // Тракторы и сельхозмашины, – ISSN. 0235-8573. – 2014, №3, с. 51-52*
5. *Пухов Е.В. Моделирование транспортных процессов в многоуровневой системе утилизации отработанных материалов технического сервиса транспортно-технологических машин / Е.В. Пухов // Международный научный журнал. – 2013. – №2 – с.118-123*
6. *Пухов Е.В. Технология занесения карты населенных пунктов и автодорог исследуемого региона в имитационные модели при решении задач сбора и транспортировки грузов / Е.В. Пухов // Мир транспорта и технологических машин. – 2013. - №1 (40). – с. 93-98*
7. *Лылин Н.А. Определение типоразмерного ряда предприятий по утилизации техники [Текст] / Н.В. Алдошин, С.П. Казанцев, Н.А. Лылин // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса*

в АПК: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию Белорусского государственного аграрного технического университета и памяти первого ректора БИМСХ (БГАТУ), доктора технических наук, профессора В.П. Суслова. - Минск: БГАТУ, 2014. - с. 97-105 – ISBN 978-985-519-573-4 (ч. 1)

8. Черноиванов В.И., Герасимов В.С., Соловьев Р.Ю., Черноиванов А.Г., Буряков С.А., Русаков А.Н, Голубев И.Г. Утилизация в системе обновления сельскохозяйственной техники в АПК // Информагротех, - Москва – 2013

CALCULATION OF PARAMETERS OF THE ENTERPRISES RECYCLING EQUIPMENT

Lilin N. A. Ph. D.
Russian state agrarian University –
MTAA named after K. A. Timiryazev, Moscow

***Abstract**. The article demostrates the results of investigations intended to define the main parameters of enterprises which dispose wornout machinery. It presents the radius and size of the service area of waste disposal, the demarcation of service areas of reclamation on the example of Moscow region, shows the location of such enterprise. Engineering calculation of variants of utilizing enterprises is calculated depending on the volume of collected recyclable materials.*

***Keywords**: recycling equipment, of retired equipment, recycling enterprise.*

References:

1. Lilin N.N. The method of determining the service area of recycling technology [text] / N.V. Aldoshin, N. Lilin // Collection of articles of the 1st International scientific-practical conference "Goryachkin reading." – ISBN-978-5-9546-0086-5 M.: LLC "EMC Triada, 2013. –p. 179-184.

2. Lilin H. determination of radius of processing technology [text] / N.V. Aldoshin, N. Lilin // tractors and agricultural machines – ISSN. 0235-8573. In 2014, №4, p. 45-47.

3. Lilin H. determination of the service area, technology of waste disposal in the Moscow region [text] / N.V. Aldoshin, N. Lilin // Collection of articles of the 1st International scientific-practical conference "Goryachkin reading." – ISBN-978-5-9546-0086-5 M.: LLC "EMC Triada, 2013. – p. 179-184.

4. Lilin H.. determination of the location processing [text] / N.V. Aldoshin, N. Lilin // tractors and agricultural machines – ISSN. 0235-8573. In 2014, №3, p. 51-52.

5. Pukhov E.V. Modelling of transport processes in a multilevel system of waste disposal, maintenance of transport and technological machines / Y.V. Pukhov // international scientific journal. – 2013. – Case No. 2 – p. 118-123.

6. Pukhov E.V. Technology report card settlements and roads of the studied area in the simulation model when solving problems of collection and transportation of cargo / Pukhov E. V. // world of transport and technological machines. – 2013. - №1 (40). – p. 93-98.

7. Lilin H. determination of standard waste disposal technologies [text] / N.V. Aldoshin, S.P. Kazantsev, N.N. Lilin // Modern problems of development of new techniques, technologies, organization of technical service in agroindustrial complex: Materials of

international scientific-practical conference dedicated to the 60th anniversary of the Belarusian state agrarian technical University and the memory of the first rector of the bish (bhatu), doctor of technical Sciences, Professor V.P. Suslov. - Minsk: bhatu, 2014. - S. 97-105 – ISBN 978-985-519-573-4 (part 1).

8. Chernoivanov V.I., Gerasimov V.S., Solovyev R.Yu., Chernoivanov A.G., Buriakov S.A., Rusakov A.N., Golubev I.G. Utilisation in the system of agricultural machinery renewal within the AIC // Informagrotekh, Moscow, 2013.

УДК 544.723.212:662.7

ПРИМЕНЕНИЕ МЕМБРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОРГАНОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ АПК

Федотов А. В., 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,
Сороковиков А.И., научный сотрудник,
(ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Москва) 109428, Российская Федерация, (495) 989-18-07, 1117731@mail.ru

Аннотация*: Проведена оценка эффективности мембранной технологии, в том числе с использованием твердых отходов АПК, для концентрирования органосодержащих веществ из разбавленных сточных вод. Показано, что введение твердых отходов позволяет проводить эффективное концентрирование органических веществ без снижения производительности мембран. Последующая обработка при сверхкритических параметрах воды уменьшает содержание загрязнений до значений ХПК допускающих их сброс в канализационную сеть.*

Ключевые слова: *органосодержащие вещества, твердые отходы, деструкция, мембранная технология, сверхкритические параметры.*

Введение. По данным Росстата за 12 лет (с 2003 по 2014 гг.) общие темпы роста образования отходов производства и потребления 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. Отдельной проблемой является переработка сточных вод муниципальных, промышленных и сельскохозяйственных предприятий [2,3] в которых концентрация органических веществ по ХПК составляет от 1 до 100 г О2/л. Для их экономически выгодной переработки требуется концентрирование органических веществ, что возможно эффективно осуществить с применением мембранных технологий.

Целью работы является оценка эффективности мембранной технологии, в том числе с использованием твердых отходов АПК для последующей очистки органосодержащих сточных вод при сверхкритических параметрах воды.

Методика исследования. Экспериментальная проверка мембранного концентрирования проводилась на сточных водах производства картофельного крахмала (ХПК общий – 5600 мгО2/л, сухой остаток исходного раствора – 3,0 г/л, pH – 5,9).

Для эффективного концентрирования растворенных органических компонентов использовали измельченные отходы сельскохозяйственного производства (гречневая и подсолнечная лузга, размер частиц 50- 200 мкм). После смешения сточных вод с твердыми отходами концентрирование образовав-

шихся комплексов проводили на микрофильтрационной установке, схема которой представлена на рисунке 1.

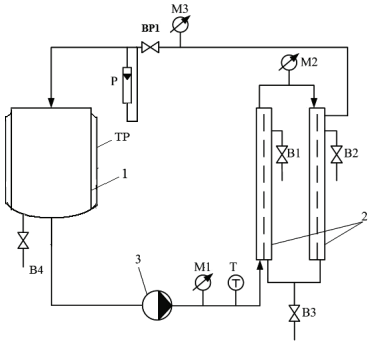


Рисунок 1– Схема микрофильтрационной установки

Мембранное разделение осуществляется следующим образом. Разделяемый раствор, находящийся в емкости 1 объемом около 10 л, насосом 3 последовательно прокачивается через два мембранных аппарата 2, оснащенных трубчатыми керамическими мембранами. Пермеат обоих аппаратов выводится из установки. Концентрат возвращается в емкость 1, что обеспечивает циркуляцию исходной смеси в установке с постепенным повышением концентрации задерживаемых компонентов за счет добавления исходной суспензии. Насос 3 шнекового типа обеспечивает перекачивание и создание напора в мембранных аппаратах. Расход насоса регулируется скоростью вращения электропривода и задается частотным регулятором. Измеряется расход ротаметром Р. Для контроля давления в установке имеются три манометра М1-М3, установленные на входе в мембранный аппарат 1, между аппаратами и на выходе из мембранного аппарата 2, что позволяет измерять гидравлическое сопротивление аппаратов. Давление устанавливается дросселем ВР1. На нагнетательном трубопроводе насоса размещен термометр Т, показания которого выведены на монитор. Емкость 1 снабжена термостатирующей рубашкой ТР и нижним сливом В4.

Содержание органических веществ в исходных образцах проб и конденсате определяли по показателю химического потребления кислорода (ХПК) в соответствии с ГОСТ 31859-2012.

Результаты и обсуждение. После добавления в сточную воду органосодержащих отходов исходная концентрация твердой фазы составляла 2,9-3,1 г/л. Эксперименты проводили с разбавлением получаемого концентрата исходной дисперсией. Исходную дисперсию добавляли в объеме по 1 л после периодического вывода, соответственно, 1 л пермеата. Концентрат при этом продолжал циркулировать через емкость 1. В процессе работы установки концентрация органосодержащих отходов повышалась. При этом заметных изменений в параметрах мембран не было отмечено – удельная производительность мембран оставалась высокой даже при концентрации твердой фазы 42-45 г/л, скорость потока дисперсии в каналах мембран также была постоянна – 3,4 м/с, что объясняется самоочищающим эффектом суспензии при ее прокачивании по трубчатой мембране (таблица 1). Постоянство производительности свидетельствует о практически постоянном гидравлическом сопротивлении осадка. Значения оптической плотности отобранных проб пермеата остаются на уровне 0,02-0,04, что соответствует значению

оптической плотности для водопроводной воды и подтверждает качественную очистку воды от органических загрязнений. В процессе концентрирования частицы отходов не блокируют поверхность мембран и не забивают поры. В результате этого время концентрирования сократилось в 2,5-3,0 раза.

Таблица 1

Результаты экспериментов по микрофильтрации

Показатели процесса	Характеристика отходов			
	гречневая лузга, средний размер частиц 50 мкм		подсолнечная лузга, средний размер частиц 200 мкм	
	в начале процесса	в конце процесса	в начале процесса	в конце процесса
Удельная производительность, л/м2час	300	280	280	260
Оптическая плотность пермеата	0,02	0,04	0,02	0,03
Концентрация твердой фазы в концентрате, г/л	3,1	45	2,9	42

Обработку в условиях сверхкритического водного окисления проводили в реакторе периодического действия при температуре 450-550°С и давлении 25 МПа. После обработки в этих условиях значение ХПК конденсата не превышало 0,2-0,3 г О2/л, что позволяет осуществлять его сброс в канализационную сеть.

Мембранное концентрирование полученной суспензии обеспечивает двойной эффект очистки. Во-первых, не возникает так называемого поляризационного слоя загрязнений у поверхности мембраны, поскольку загрязнения переходят из растворенного состояния в адсорбированное. Как известно, поляризационные слои сопровождаются переходом их в гелевые слои, что резко снижает производительность мембран. Ввод мелкодисперсных частиц снимает эту проблему, поскольку растворенные органические загрязнения уходят из раствора вглубь пористых твердых частиц, а частицы, в свою очередь, двигаясь поршневым течением вдоль поверхности мембран, производят механическую очистку мембранной поверхности. Это поддерживает производительность мембран на постоянном высоком уровне. Во-вторых, вводимые частицы тонкоизмельченных органосодержащих твердых отходов, сами подвергаются полному экзотермическому окислению в сверхкритических условиях воды, образуя CO_2 и H_2O, что и органические загрязнения сточной воды и выделяющееся при этом дополнительное тепло полностью компенсирует энергетические затраты на разогрев сточных вод.

Введение мелкодисперсных твердых отходов для концентрирования растворенных низкомолекулярных органических загрязнений (сахара, крахмала и др.) позволяет эффективно использовать микрофильтрационные мембраны. Без введения сорбента для очистки воды от низкомолекулярных загрязнений неизбежно использование технологии обратного осмоса, что увеличивает временные и финансовые затраты и в целом снижает экономическую эффективность процесса очистки.

Выводы. Мембранная обработка с использованием твердых отходов АПК позволяет эффективно концентрировать органические вещества сточных вод без снижения производительности мембран.

Последующая обработка при сверхкритических параметрах воды обеспечивает деструкцию твердых отходов и растворенных органосодержащих веществ, уменьшая содержание органических загрязнений в стоках до норм, позволяющих осуществить их сброс в канализационную сеть.

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. Соколова Т.А., Рациональное природопользование в условиях техногенеза. – М.: Папирус ПРО, 2000.-С. 42-46.

3. Пахомов А.Н., Данилович Д.А., Козлов М.Н. Мировой опыт почвенной утилизации осадка: состояние и перспективы // Вода и экология: проблемы и решения. 2004. -№2.-С. 70-78.

THE USE OF MEMBRANE TECHNOLOGY FOR HYDROTHERMAL PROCESSING 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 was conducted. It is shown that insulation of solid waste helps to perform an efficient concentration of organic substances without reducing the productivity of membranes. Further recycling of water at supercritical parameters helps to reduce pollution of water to values suitable for usage of water in canalization.*

***Keywords**: organic wastes, destruction. adsorption, membrane technology, supercritical parameters.*

Literature

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. Sokolova T.A., Environmental management in a tehnogeneza. M .: Papyrus ABM 2000.-P. 42-46.

3. Pakhomov A.N., Danilovich D.A. Kozlov M.N. World experience of soil sediment disposal: state and prospects // Water and Ecology: Problems and Solutions. 2004. -№2.-P. 70-78.

УДК 544.723.212:662.7

СВЕРХКРИТИЧЕСКАЯ ГИДРОТЕРМАЛЬНАЯ ДЕСТРУКЦИЯ ОРГАНОСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД С ПРИМЕНЕНИЕМ АДСОРБЦИИ

Федотов А. В., ведущий научный сотр., канд. техн. наук,
Григорьев В. С., главный научный сотр., д-р техн. наук, проф.,
Свитцов А.А., ведущий научный сотр., канд. техн. наук, доцент.,
Стрелец А.В., ведущий научный сотр., канд. техн. наук,
Мазалов Д.Ю., научный сотрудник,
(ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» Москва) (495)989-18-07, 1117731@mail.ru

Аннотация*: Рассмотрена возможность сорбционного концентрирования органических веществ из низкоконцентрированных стоков отходами сельскохозяйственного и коксохимического производства. Показана возможность очистки сточных вод до природоохранных нормативов и эффективность обезвреживания получаемых суспензий органосодержащих отходов методом сверхкритической гидротермальной деструкции в автотермических и аллотермических режимах.*

Ключевые слова: *низкоконцентрированные стоки, адсорбенты, многотрубный реактор, химическое потребление кислорода, молочная сыворотка, органосодержащие отходы*

Введение. Органические загрязнения в стоках можно утилизировать широко исследуемым методом сверхкритического водного окисления (СКВО) [1-4]. Однако окисление в сверхкритической водной среде экономически обосновано лишь при значениях химического потребления кислорода сточных вод 50-300 г О2/л. В связи с этим для низкоконцентрированных сточных вод необходим предварительный этап концентрирования. Одним из эффективных методов концентрирования является применение коагулянтов, флокулянтов и различных адсорбентов [5,6]. При этом наряду с концентрированием происходит очистка стоков. Недостатком многих специально вводимых веществ является необходимость их дальнейшей регенерации или утилизации.

В то же время многие неутилизированные в настоящее время твердые отходы предприятий перерабатывающей промышленности (угольной, сельскохозяйственной) скапливаются ежегодно в больших количествах, представляя серьезную угрозу для окружающей среды. Многие из них содержат значительное количество органических веществ и могут эффективно перерабатываться в условиях СКВО.

Целью исследований является оценка эффективности адсорбционного концентрирования стоков с помощью отходов и их совместной переработки в сверхкритической воде.

В качестве объектов исследования выбраны представители:

- стоков – творожная молочная сыворотка (содержание органических веществ составляет 4-5%);
- адсорбентов -молотая гречневая лузга и коксовая пыль (отход производ-

ства ОАО «Москокс»), размер частиц адсорбентов менее 100 мкм.

Содержание органических примесей в сточных водах контролировалось по показателю химического потребления кислорода (ХПК) по ГОСТ 21877.7-76 [7].

Экспериментальная часть Исходную молочную сыворотку перемешивали с отходами в течение 30 мин. После отстаивания в течение суток путем декантации отбирали верхний осветленный слой и определяли показатель ХПК. После двухкратной обработки сыворотки отходами коксовой пыли или гречневой лузги содержание органических веществ в растворе составляло соответственно 250 и 150 мг O_2/л (таблица 1). Такие стоки допускают их сброс в хозяйственно-бытовую канализацию (ХПКхоз.быт.=400 мг O_2/л).

Таблица 1

Результаты адсорбционной обработки молочной сыворотки

Показатель	Исходное значение	Время обработки, час (двухкратная)	Расход сорбента	Конечное значение	
				коксовая пыль	гречневая лузга
ХПК, мгO_2/л	68 000	0,5– перемешивание 24 – отстаивание	100 г на 500 г сыворотки	250	150
Содержание органических веществ, %	4,1			0,10	0,07

Нижний слой, содержащий твердые отходы и сорбированные органические вещества, со значением ХПК=160-230 г О2/л, подвергался гидротермальной деструкции при сверхкритических параметрах водной среды при температуре 550 0С и давлении 25 МПа в автотермическом и аллотермическом режимах.

При автотермическом процессе в качестве окислителя использовали 50%-ную перекись водорода с коэффициентом избытка окислителя 1,2. Полученные данные показывают, что процесс СКВО проходит с эффективностью не ниже 99,9% и не зависит от конструкции реактора (таблица 2).

Таблица 2

Автотермическая деструкция органических веществ молочной сыворотки, сорбированной на отходах

Наименование отхода	Реактор СКГД	Время окисления, с	ХПК, мг O_2/л		Степень окисления, %
			Исходное	конечное	
Коксовая пыль	Однотрубный	60	160 000	107	99,93
	Многотрубный спиральной схемы	60	160 000	80	99,95
Гречневая лузга	Однотрубный	60	230 000	90	99,96

Аллотермический режим деструкции осуществляли в многотрубном реакторе спиральной схемы без подачи окислителя. В условиях гидротермального пиролиза при сверхкритических параметрах вода становится средой не только возможного гидролиза органических примесей, но и источником водорода и кислорода, с протеканием реакций с углеродсодержащими компонентами реакционной среды:

$$2H_2O \leftrightarrow 2H_2 + O_2 \quad (1)$$

$$C + 2H_2 = CH_4 - Q1 \quad (2)$$

$$C + H_2O = CO + H_2 - Q_2 \quad (3)$$

$$C + 2H_2O = CO2 + 2H2 + Q_4 \quad (4)$$

$$C + O_2 = CO_2 + Q_5 \quad (5)$$

Учитывая, что реакции 2 и 3 являются эндотермическими, осуществлялся постоянный нагрев реактора для поддержания рабочих параметров. В результате аллотермической деструкции исследуемой суспензии выход горючих (CO, CH_4, H_2) газов составил 20,39%, в том числе CO – 7,22%, CH_4 – 5,14%, H2 – 8,03% (таблица 3). Утилизация полученной горючей газовой смеси целесообразна для получения электроэнергии, например, при использовании газопоршневой электростанции.

Таблица 3

Аллотермическая деструкция органических веществ молочной сыворотки сорбированной на отходах

Наименование отхода	Время деструкции, с	ХПК, мгO_2/л		Состав газовой смеси, % об.			
		исходное	конечное	CO	CH_4	H_2	CO_2
Коксовая пыль	60	160 000	56	7,22	5,14	8,03	43,7
Гречневая лузга	120	230 000	65	7,18	5,10	8,11	45,0

Выводы. Показана возможность эффективной адсорбционной очистки сточных вод отходами коксового производства и гречневой лузгой.

Установлено, что автотермический и аллотермический процессы СКГД обеспечивают эффективное обезвреживание сточных вод (не менее 99,9%) при реализации процесса гидротермального окисления и возможность получения горючих газов при реализации процесса гидротермального пиролиза.

Использование сорбционного концентрирования органических веществ позволяет одновременно утилизировать два разнородных, подлежащих обезвреживанию, типа отходов.

Литература

1. Григорьев В.С. СКВО уничтожает пестициды / В.С. Григорьев, Ю.А. Мазалов // Машинно-технологическая станция (МТС). – 2008. - № 4. – С. 56-57. Шифр РНБ: П23/6332.

2. Федяева О.Н., Востриков А.А. Утилизация токсичных органических веществ в сверхкритической воде // Сверхкритические флюиды: теория и практика. 2012. – Т. 7, №1. – С. 64-88.

3. Vostrikov A.A., Dubov D.Y., Psarov S.A. Pyrolysis of eicosane in supercritical water // Russian Chemical Bulletin. 2001. – Vol. 50. – P. 1478-1480.

4. Ю.А. Мазалов, А.В. Берш, А.В. Меренов и др. Получение тепловой и электрической энергии сжиганием органических отходов в водных средах // Энергос-

набжение и энергообеспечение в сельском хозяйстве: тр. 6-й Международной научно-практической конференции. – 2008. – Ч. 1. Проблемы энергообеспечения и энергоснабжения. – С. 390-395. Шифр РНБ: 2008-3/23288.

5. Драгинский В.Л. Коагуляция в технологии очистки природных вод / В.Л. Драгинский, Л.П. Алексеева, С.В. Гетманцев.— М., 2005 .— 576 с.

6. Патент (RU) 2481273, Способ очистки бытовых сточных вод, содержащих органические загрязнения Соловьев Р.Ю., Пронская Т.В., Федотов А.В. Дата подачи заявки 14.09.2011. Дата публикации 10.05.2013.

7. ГОСТ 21877.7-76. Определение бихроматной окисляемости органических веществ ускоренным методом.

SUPERCRITICAL HYDROTHERMAL DEGRADATION OF ORGANIC WASTEWATER WITH THE USE OF ADSORPTION

Fedotov A.V., Leading Researcher, Candidate of Technical Sciences
Grigor'ev V.S., Senior Researcher, Doctor of Technical Sciences, Professor,
Strelec A.V., Leading Researcher, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
(Federal state budgetary scientific institution "all-Russian research technological Institute of repair and operation tractor fleet),
Moscow, (495) 989-18-07, 1117731@mail.ru

Annotation*. The possibility of sorption concentration of organic substances from low concentration wastewater by the adsorbents is considered. The possibility of wastewater treatment for environmental standards and the efficiency of neutralization of the resulting slurry of organic waste by the method of supercritical hydrothermal degradation in autothermal and allothermic modes is shown.*

Keywords*: low-concentrated effluent, adsorbents, multitube reactor, chemical oxygen demand, of whey.*

Literature

1. Grigoriev V.S. SCWO destroys pesticides / V.S. Grigoriev, Yu.A.Mazalov // machine-technological stations (MTS). - 2008. - № 4. - S. 56-57. Code MFN: P23/6332.

2. Fedyaeva O.N., Vostrikovs A.A. Disposal of toxic organic substances in supercritical water // Supercritical Fluids: Theory and Practice. 2012. - T. 7, №1. - P. 64-88.

3. Vostrikov A.A., Dubov D.Y., Psarov S.A. Pyrolysis of eicosane in supercritical water // Russian Chemical Bulletin. 2001. - Vol. 50. - P. 1478-1480.

4. Mazalov Y.A., Bersh A.V., Measurements A.V., etc. Preparation of heat and electricity by burning organic waste in water media // Power supply and power supply in agriculture. Tr. 6-th International Scientific and Practical Conference. - 2008 - Part 1. Problems of energy and power. - P. 390-395. Code MFN: 2008-3 / 23288.

5. Draginsky V.L. Coagulation technology water purification / V.L. Draginsky, L.P. Alekseeva, S.V. Getmantsev.- M., 2005 .- 576 p.

6. Patent (RU) 2481273, Method of treatment of domestic waste water containing organic pollution Solovyov R.Y., Pronskaya T.V., Fedotov A.V. Filing Date 14.09.2011. Publication date 05/10/2013.

7. GOST 21877.7-76. Determination of dichromate oxidation of organic substances accelerated method.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ И УПРОЧНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ

УДК 631.512.2, 631.514, 631.517

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ СТРЕЛЬЧАТЫХ ЛАП КУЛЬТИВАТОРОВ

Новиков В.С., д.т.н., профессор
Петровский Д.И., к.т.н., доцент
(ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, тел. 8-903-281-29-30, E-mail: dm_petrovsky@mail.ru)

MAINTAINING THE DURABILITY OF CULTIVATOR'S LANCET BLADE

Novikov V. S.,
Petrovsky D. I.,
E-mail: dm_petrovsky@rambler.ru
(Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev)

Ключевые слова. *Почва, обработка, стрельчатая лапа культиватора, долговечность.*
Keywords. *Soil treatment, actuator cultivator, durability.*

Реферат. *Приведен характер износов стрельчатых лап культиватора. В результате износа крыльев лапы по ширине возникает нарушение сплошности обработки за счёт уменьшения ширины захвата. При изнашивании носовой части лапы увеличивается сопротивление агрегата, снижается глубины обработки. Приведены аналитические зависимости долговечности лап от износа носовой части и износа крыльев лапы. Установлено, что износостойкость лап зависит от относительной изнашивающей способности почв, давления почвы на лапу относительной износостойкости стали, из которой изготавливается лапа. Для этих показателей приведены аналитические зависимости. Критерием выбора оптимальной марки стали является отношение относительной цены стали к относительной износостойкость стали, который должен быть минимальным при выборе различных марок сталей. Относительная цена выбираемой стали определяется отношением ее цены к цене эталонной стали (сталь 45). Дополнительным критерием при выборе марки стали является ударная вязкость, которая должна быть больше или ровна ≥ 30 Дж/см2. Для различных марок стали приведены их относительные характеристики, включающие ударную вязкость, твёрдость, относительную цену и стоимостную оценку износостойкости. По сравнению этих характеристик предложено изготавливать стрельчатые лапы культиватора из стали марки 40ХС. Для повышения долговечности лап приведены схемы упрочнения наплавкой и применением накладного элемента. Приведены аналитические зависимости по определению относительной износостойкости наплавочного металла от содержания углерода, хрома, бора, молибдена, вольфрама, титана и*

твёрдости в единицах HRC. Анализ изношенных лап показывает, что предельный износ носовой части составляет около 50 мм, а предельный износ крыла 20…25 мм. Приведены конструктивные параметры накладного элемента для упрочнения носовой части лапы. Используя эмпирические зависимости, выполнены расчёты долговечности стрельчатой лапы по износу носовой части с упрочнение и без упрочнения. Расчёты показывают, что долговечность лапы, изготовленной из сталей 65Г без упрочнения составит 16 га, а после упрочнении лап до 26 га. Расчетные данные по надежности были проверены на испытаниях в ФГБУ «Центрально-Чернозёмная МИС» и в ООО «Залесово» Тульской области. На основании выполненных исследований были сделаны следующие выводы: для обеспечения высокой долговечности и работоспособности стрельчатых лап целесообразно их изготавливать из стали 40ХС вместо 65Г. Упрочнение изношенной носовой части стрельчатых лап следует осуществлять с использованием накладных элементов, которые позволяют повысить ресурс в 2 раза по сравнению с наплавкой.

***Abstract**. The pattern of cultivator's lancet blade wearout is shown. As a result of such wearout, the monotonicity of cultivation process is breached due to the reduction of the width of grip. In case of the front side of blade wearout, the resistance of the machine imcreases and the depth of cultivation decreases. The analytical trade-offs between durability of blades as a whole and front side and wing side of blade wearout are shown. It was found out that the durability of blades depends on the relative ability of soils to wear out the materials, pressure of soil on the blade, steel's relative wearout resistance. Analytical relationships are brought for all of these indicators. The criteria for choice of the suitable brand/make of steel was chosen to be the ratio of steel's relative price to its relative wearout resistance, and this criteria is intended to be minimized when choosing the make of steel for cultivator's blade. The relative price of steel is defined as the ratio of the considered steel's price to the price of the ideal steel (steel 45 in this case). The additional criteria for choosing the make of the steel is its resilience which need to be more or less than ≥30 J/cm2.. Relative characteristics are shown for different makes of steel including resilience, solidity, relative price and cost of wearout resistance assessment. After comparison of such characteristics, it is suggested to produce lancet blades using steel of 40XC make. To increase reliability and durabillity, schemes of hardening are suggested using either plating or using an additional element. Analytical trade-offs between relative wearout resistance and content of chromium, boron, molybdenum, tungsten, titanium and hardness in HRC units are shown. The analysis of worn out blades shows that the marginal wearout of the front side constitutes about 50 mm while of the wing side is 20...25 mm. The demanded parameters of overhead hardening elememt of the blade are suggested. Using the empirical findings, the measuring of blades' durability with and without hardening are perfomed. The calculations suggest that durability of a blade made of steel 65G without hardening will constitute 16 ha, while after hardening durability is expected to become 26 ha. The data for reliability were tested during trials in FSBU "Centralnaya-Chernozemskaya MIS" and at the "Zalesovo LL" in Tulskaya oblast'. The following conclusions were made based on the perfomed tests: to ensure good durability and working ability of lancet blades, it is sensible to manufacture them using steel 40XC instead of 65G. Hardening of a wornout front side of a blade can be perfomed using*

overhead elements which allow to increase the durability 2 times in comparison with the plating method of hardening.

Стрельчатая лапа является основным рабочим органом культиваторов для сплошной и междурядной обработки почвы. Основное её назначение – борьба с сорной растительностью и рыхление почвы.

Размеры и форма стрельчатой лапы характеризуются углом раствора 2γ, углом крошения β, углом заточки í, шириной крыла a и шириной захвата b (рис. 1).

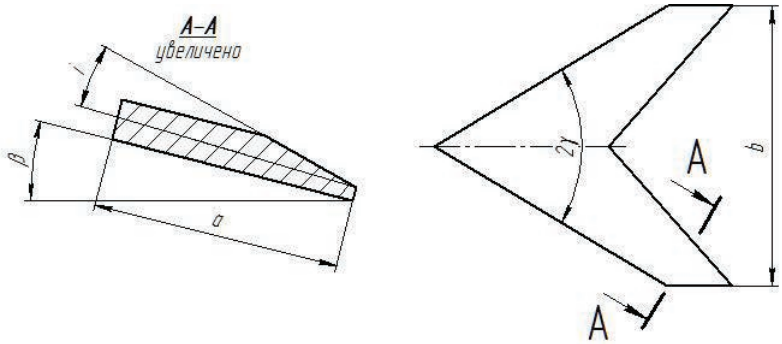


Рисунок 1. Стрельчатая лапа культиватора

По мере эксплуатации, в результате изнашивания, практически все эти параметры изменяются, снижая работоспособность лапы. В результате изнашивания носовой части увеличивается радиус режущей кромки, косое резание переходит в категорию фронтального резания, в результате чего повышается сопротивление, снижается заглубляющая способность лапы, нарушается равномерность глубины обработки.

В результате износа крыльев лапы по ширине возникает нарушение сплошности обработки за счёт уменьшения ширины захвата и ликвидации зоны перекрытия обработки почвы лапами первого и второго рядов.

По мере изнашивания режущей кромки лезвия, увеличивается её толщина, ухудшается её режущая способность и снижается глубина обработки на твёрдых участках.

Долговечность лапы по износу носовой части и износу крыла по ширине можно определить по выражению [1]:

$$T = \frac{W_{пр} \cdot \varepsilon_{эт} \cdot \eta_2 \cdot \chi \cdot A}{0{,}016 \cdot m_{эт} \cdot \eta_1 \cdot p \cdot V_к}, га \qquad (1)$$

Долговечность лапы по износу лезвия крыла лапы можно определить по выражению:

$$T = \frac{(a - c) \cdot \varepsilon_{эт} \cdot \eta_2 \cdot \chi \cdot A}{0{,}016 \cdot m_{эт} \cdot \eta_1 \cdot p \cdot V_к \cdot tgi}, га \qquad (2)$$

где: $W_{пр}$ – предельный износ носовой части (или крыла по ширине) лапы, см;

$\varepsilon_{эт}$ – относительная износостойкость материала при эталонном давлении абразива (0,1 МПа);

η_2 – коэффициент, учитывающий изменение относительной износостойкости материала в зависимости от давления абразива;

A – производительность лапы, га/ч;

0,016 – коэффициент пропорциональности изнашивания эталонного образца (сталь 45 в состоянии поставки) в эталонных условиях (при давлении абразива 0,1 МПа), см/МПа·км;

$m_{эт}$ – относительная изнашивающая способность почвы при эталонном давлении абразива;

η_1 – коэффициент, учитывающий изменение изнашивающей способности почвы в зависимости от давления абразива;

p – давление почвы (абразива) в точке наибольшего изнашивания, МПа;

χ - отношение поступательной скорости культиватора к скорости перемещения пласта почвы по поверхности лапы;

$V_к$ – поступательная скорость культиватора, км/ч;

a – предельная толщина лезвия лапы, см;

c - начальная толщина лезвия лапы, см;

i – угол заточки лезвия лапы, град.

Поправочные коэффициенты η_2 и η_1 определяются по выражениям:

$$\eta_2 = 1{,}75p + 0{,}825 \tag{3}$$

$$\eta_1 = 9{,}5p + 0{,}04 \tag{4}$$

$$c = \frac{\cos g + \cos b}{2} \tag{5}$$

где: γ – половина угла раствора лапы, град.;

β – угол крошения лапы, град.

Производительность лапы определяется по формуле:

$$A = \frac{b \cdot V_к}{10}, га/ч \tag{6}$$

где b – ширина захвата лапы, м.

Относительная изнашивающая способность почв определяется из выражения:

$$m_{эт} = \frac{\mathrm{D}q}{\mathrm{D}q_{эт}}, \tag{7}$$

где Δq – интенсивность изнашивания эталонного материала (сталь 45 твёрдостью HRB 90) в исследуемой почве;

$\Delta q_{эт}$ – интенсивность изнашивания того же образца в эталонной почве (частицы кварца).

Если принять изнашивающую способность кварцевых частиц за 1, относительная изнашивающая способность натуральных почв с различным фракционным составом будет соответствовать изнашивающей способности смесей.

Значения относительной изнашивающей способности смесей песка и глины по фракционному составу приведены в таблице 1.

Таблица 1

Относительная изнашивающая способность почв по фракционному составу (эталон – кварц, давление – 0,1 МПа)

Тип почвы	Среднее содержание, %		Относительная изнашивающая способность, m
	песка	глины	
Песчаная	95	5	0,87
Супесчаная	85	15	0,62
Суглинистая (лёгкая)	75	25	0,42
Суглинистая (средняя)	65	35	0,32
Суглинистая (тяжёлая)	50	50	0,22
Глинистая (лёгкая)	35	65	0,15
Глинистая (средняя)	25	75	0,10
Глинистая (тяжёлая)	10	90	0,06
Кварцевые частицы			1,0

Давление почвы, действующее на лапу, определяется по эмпирическим формулам:

давление на носовой части, МПа:

$$p_н = 0{,}10...0{,}12(1+0{,}028\cdot V_к)\cdot(1+0{,}01\beta)\cdot(3{,}5+B^{1,3}) \quad (8)$$

давление на конце крыла лапы, МПа:

$$p_л = 0{,}025...0{,}035\cdot(1+0{,}028\cdot V_к)\cdot(1+0{,}01\beta)\cdot(3{,}5+B^{1,3}) \quad (9)$$

где: $V_к$ – поступательная скорость движения культиватора, км/ч;

β – угол крошения лапы, град.;

В – твёрдость почвы, МПа.

Примерное значение относительной износостойкости стали, из которой изготавливается лапа, при давлении абразива Р=0,1 МПа можно определить из эмпирического выражения:

$$\varepsilon_o = 0{,}85 \cdot (0{,}24x_1 + 0{,}07x_2 + 0{,}11x_3 - 3{,}54), \qquad (10)$$

где: x_1 – содержание углерода в стали, %;

x_2 – содержание хрома в стали, %;

x_3 – твёрдость стали в единицах HRC.

В настоящее время лапы культиваторов изготавливают в основном из стали 65Г. Их ресурс составляет, в зависимости от механического состава почвы, от 7 до 18 га [2].

Повысить их долговечность возможно различными способами:

- применением более изностойких сталей для изготовления лапы;
- различного вида наплавками или напылением на лезвийную часть лапы износостойких сплавов;
- закреплением на наиболее изнашиваемых точках накладных элементов и др.

Критерием выбора оптимальной марки стали для изготовления рабочих органов почвообрабатывающих машин можно использовать выражение:

$$C_и = \frac{ОЦ}{\varepsilon} \to \min \qquad (11)$$

где $C_и$ – стоимостная оценка износостойкости;

ОЦ – относительная цена стали;

ε – относительная износостойкость стали.

Относительная цена стали определяется по формуле:

$$ОЦ = \frac{Ц}{Ц_{эт}} \quad , \qquad (12)$$

где Ц,– цена той или иной марки стали, р.;

$Ц_{эт}$ – цена эталонной стали (сталь 45), р.

Применительно к рабочим органам почвообрабатывающих машин к этому критерию следует добавить требование: ударная вязкость стали должна быть KCU≥30 Дж/см^2.

Так как важнейшие механические параметры сталей, определяющие их износостойкость и прочность – твёрдость, ударная вязкость и временное сопротивление на разрыв зависят от режимов термообработки, в таблице 2 представлены минимальная температура отпуска стали после закалки, которая обеспечивает максимальные для данной стали значения твёрдости (HRC) при ударной вязкости KCU не менее 30 Дж/см^2, а так же их технико-экономические оценки.

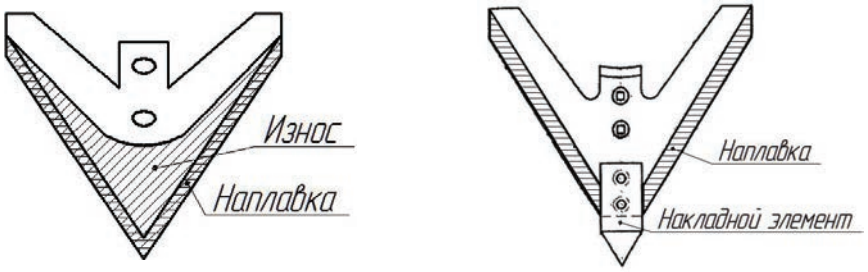
Как видно из таблицы, наиболее приемлемыми для изготовления лапы культиватора марками сталей являются 40ХС, 40Х, 65Г и 30ХГСА.

Для повышения долговечности наплавкой или напылением твёрдых сплавов лапа упрочняется по схеме, показанной на рисунке 2а. Наплавка осуществляется по всему режущему контуру толщиной 0,5…1,0 мм и шириной 15…20 мм.

Таблица 2

Относительные характеристики сталей

Марка стали	Минимальная температура отпуска, °С	Ударная вязкость, KCU, Дж/см2	Твёрдость, HRC	Относительная износостойкость, ε	Относительная цена, ОЦ	Стоимостная оценка износостойкости, ОЦ/ε
45	200	30	30	1,04	1,00	1,00
65Г	400	30	48	1,86	1,40	0,89
40Х	370	30	48	1,90	1,35	0,71
30ХГСА	200	90	50	2,10	1,90	0,90
40ХС	150	62	58	3,00	2,10	0,70



а) *б)*

Рисунок 2. Схемы: а – изнашивания серийной лапы; б – упрочнения стрельчатой лапы культиватора наплавкой твёрдого сплава и с помощью накладного элемента

При применении наплавки твёрдых сплавов для упрочнения режущих рабочих органов очень важно обеспечить нужную толщину наплавляемого слоя.

Она определяется из условия:

$$\varepsilon_1 \cdot b_1 = \varepsilon_2 \cdot b_2 , \tag{13}$$

где: ε_1 и ε_2 – относительная износостойкость соответственно основного и наплавочного металла; b_1 и b_2 – толщина слоя соответственно основного и наплавочного металла, мм.

Примерное значение относительной износостойкости наплавочного металла можно определить из эмпирического выражения:

$$\begin{aligned}\varepsilon_н = 0{,}85 \cdot (0{,}018x_1 + 0{,}0013x_2 + 0{,}21x_3 + 0{,}15x_4 + \\ +0{,}076x_5 + 0{,}3x_6 + 0{,}4x_7 - 7{,}47),\end{aligned} \tag{14}$$

где: x_1 – содержание углерода, %;
x_2 – содержание хрома, %;
x_3 – твёрдость, в единицах HRC;
x_4 – содержание бора, %;
x_5 – содержание молибдена, %;
x_6 – содержание вольфрама, %;

x_7 – содержание титана, %.

Однако срок службы лапы, упрочнённой наплавкой, не удовлетворяет условию равностойкости носка и лезвийной части крыльев, особенно при обработке песчаных, супесчаных и лёгких суглинистых почв. Замена лапы проводится, как правило, по причине износа носовой части.

Анализ изношенных лап показывает, что предельный износ носовой части составляет около 50 мм, а предельный износ крыла по ширине в его конце – примерно 20…25 мм.

Упрочнение носовой части лапы с помощью накладного элемента [7] заключается в закреплении механически сваркой или пайкой заострённого бруса, в форме полукруга или прямоугольника из сталей 9ХС, 30ХГСА и других легированных сталей длиной 60…90 мм, углом заострения – 25…30°. Выступание заострённой части накладного элемента от основания носовой части – 30…40 мм, ширина бруса – 0,1…0,15 от ширины захвата лапы, толщина бруса – 2,5…3,5 от толщины листа, из которого изготовлена лапа. Предпочтительным материалом для изготовления самой лапы вместо стали 65Г может быть рекомендована сталь 40ХС или 40Х при поверхностной твёрдости HRC 48…58.

При такой конструкции лапы накладной элемент легко внедряется в почву и рыхлит её, тем самым значительно снижая нагрузку на лезвийную часть крыла, что в свою очередь повышает ресурс всей лапы. Так как угол заострения накладного элемента составляет 30°, это обеспечивает хорошую заглубляемость лапы, а минимальный угол заточки лезвийной части крыльев – 8° - достаточную их остроту даже при значительном их износе по ширине. Все это обеспечивает высокую работоспособность лапы длительный период времени без повышения тягового сопротивления. Носовая часть в этом случае практически не ограничивает ресурс лапы, её заменяют лишь в результате износа крыльев по ширине и уменьшения ширины захвата.

Проведём расчёты долговечности стрельчатой лапы для сплошной и междурядной обработки почвы по износу носовой части.

Примем следующие исходные данные: лапа изготовлена из прокатной стали толщиной 6 мм; ширина захвата лапы L=330 мм; угол раствора лапы $2\gamma=60°$, угол крошения $\beta=15°$, угол заточки í=15°; предельный износ лапы – $W_{пр}$=50 мм; твёрдость почвы – В=1,0 МПа; скорость обработки – 10 км/ч; вид почвы – супесчаная, m=0,62.

По формулам 8 и 9 определяем давление почвы на носке лапы: Рн=0,51 МПа, давление на крыле лапы – Рл=0,11…0,15 МПа (меньшее значение на лапе с накладным элементом на носке).

Расчёты показывают, что долговечность лапы, изготовленной из сталей 65Г, 40Х, 30ХГСА по износу носка без упрочнения составит примерно 16 га, из стали 40ХС – 30 га, на лёгкой суглинистой почве (m=0,42) – около 24 га и 43 га соответственно.

При упрочнении лап наплавкой сплавом ФБХ-6-2 их ресурс на супесчаной почве повысится: из сталей 65Г, 40Х, 30ХГСА – до 26 га, из стали 40ХС – до 33 га.

При упрочнении носовой части накладным элементом из стали 9ХС, ресурс носовой части практически составит не менее, чем 50 га. В этом случае критерием замены лапы в процессе эксплуатации является износ не носовой части, а износ крыльев по ширине.

Об этом свидетельствует и результат изнашивания таких лап в течение 2014 – 2016 гг. (рис. 3).

а) *б)*

Рисунок 3 – Изношенные лапы культиватора:
а) – с носком упрочнённым накладкой, б) – серийная лапа.

Серийные лапы в 2013 г. были упрочнены на Грязинском культиваторном заводе накладным элементом из стали 9ХС (рис. 3,а). Нижние поверхности крыльев были упрочнены наплавкой сплава ФБХ-6-2. Накладной элемент крепился к лапе механически после его термообработки до твёрдости HRC 60.

В 2013 – 2014 гг. лапы проходили испытания в ФГБУ «Центрально-Чернозёмная МИС». Лапы устанавливались на сдвоенный культиватор 2КПС-4, который агрегатировался с трактором Т-150К. Почвы – среднесуглинистые. Вид работы – предпосевная обработка почвы.

После наработки каждой из 4-х испытывавшихся лап по 30 га в 2016 г. лапы продолжали испытываться в ООО «Залесово» Тульской области. Они были установлены на культиваторе КПС-8,6 и агрегатировались с трактором К-701. Почва – также среднесуглинистая, вид работы – тот же.

Суммарная наработка опытных лап с накладкой в 2016 г. составила 50 га. Их остаточный ресурс по мнению экспертов составляет не менее 10 га.

На рисунке 3 представлены лапы из стали 65Г, одна из которых была упрочнена наплавкой по периметру лезвий крыльев и накладным элементом из стали 9ХС, а вторая упрочнена наплавкой по периметру лезвий крыльев. Наработка первой составила 50 га, её остаточный ресурс, по мнению экспертов, составляет не менее 10 га, а наработка второй составила 20 га, её ресурс выработан полностью и она требует замены.

Выводы:

1. Для обеспечения высокой долговечности и работоспособности стрельчатых культиваторных лап их изготовление представляется целесообразным осуществлять из стали 40ХС вместо 65Г. К сожалению, эта сталь не выпускается в массовом порядке. Было бы целесообразно изготовить из неё опытные партии лап и поставить их на испытания. Из этой стали следует изготавливать и детали рабочих органов плугов (лемехи, отвалы, полевые доски).

2. Упрочнение наиболее изнашиваемой носовой части стрельчатых лап более целесообразно осуществлять накладными элементами в виде брусов. Такой метод упрочнения позволяет повысить их ресурс по сравнению с простой наплавкой лезвийной части крыльев не менее, чем в 2 раза.

Литература

1. Новиков В.С. Упрочнение рабочих органов почвообрабатывающих машин. Монография. М.: ФГБОУ ВПО МГАУ, 2013. - 112 с.

2. Сидоров С.А. Повышение долговечности и работоспособности рабочих органов почвообрабатывающих машин и орудий, применяемых в сельском и лесном хозяйствах: автореферат диссертации. - М.: ГНУ ВИМ, 2007. - 33 с.

3. Лебедев К.А., Лебедев АЛ. и др. Повышение ресурса культиваторных лап. Научное обозрение. - 2015. -№3. - С. 50-55.

4. Вольферц Г.А., Максимов А.А., Олейников Д.В. Использование сварочных и упрочняющих технологий при производстве лап культиваторов и сеялок. / Ползуновский альманах. - 2003. - №4. - С. 174 - 175.

5. Ишков А.В., Кривочуров Н.Т. и др. Влияние технологических факторов на износ поверхностно-упрочненных стрельчатых лап. / Вестник Алтайского государственного аграрного университета. - 2010. - №10. - С.92 - 96.

6. Ерохин, М.Н. Выбор марки стали для лемеха плуга [текст] / М.Н. Ерохин, В.С. Новиков, Д.А. Сабуркин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 2008. -№1.- с. 5-8.

7. Патент на полезную модель №110894 РФ «Стрельчатая лапа культиватора» / В.С. Новиков, М.Н. Ерохин и др. - опубл. 10.12.2011. - Бюл. №34.

References:

1. Novikov V. S. Uprochneniye rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh mashin. Monografiya. M .: FGBOU VPO MGAU, 2013. - 112 s.

2. Sidorov S.A. Povysheniye dolgovechnosti i rabotosposobnosti rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh mashin i orudiy, primenyayemykh v sel'skom i lesnom khozyaystvakh: avtoreferat dissertatsii. - M .: GNU VIM, 2007. - 33 s.

3. Lebedev K.A., Lebedev A.T. i dr. Povysheniye resursa kul'tivatornykh lap. Nauchnoye obozreniye. - 2015. -№3. - S. 50-55.

4. Vol'ferts G.A., Maksimov A.A., Oleynikov D.V. Ispol'zovaniye svarochnykh i uprochnyayushchikh tekhnologiy pri proizvodstve lap kul'tivatorov i seyalok. / Polzunovskiy Al'manakh. - 2003. - №4. - S. 174 - 175.

5. Ishkov A.V., Krivochurov N.T. i dr. Vliyaniye tekhnologicheskikh faktorov na iznos poverkhnostno-uprochnennykh strel'chatykh lap. / Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2010. - №10. - S.92 - 96.

6. Yerokhin, M.N. Vybor marki stali dlya lemekha pluga [tekst] / M.N. Yerokhin, R. KH. Novikov, D.A. Saburkin // Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny. - 2008. -№1.-s. 5-8.

7. Patent na poleznuyu model' №110894 RF «Strel'chataya lapa kul'tivatora» / R. KH. Novikov, M.N. Yerokhin i dr. - Opubl. 10.12.2011. - Byul. №34.

УДК 620.169.2

ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ВОССТАНОВЛЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ УСКОРЕННЫХ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ

Денисов В.А.,
va.denisov@mail.ru,
Задорожний Р.Н.
warrior-saint@yandex.ru
ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»

EVALUATION OF OPERATIONAL RELIABILITY OF RECONDITIONED PARTS ON RESULTS OF ACCELERATED BENCH TESTS

Denisov V.A., va.denisov@mail.ru,
Zadorozhny R.N., warrior-saint@yandex.ru

Ключевые слова: *изношенная деталь, восстановление, ресурс, ускоренные стендовые испытания, математическая модель.*
Keywords*: worn detail, restoration, resource, accelerated bench testing, mathematical model.*

Реферат*. В статье описана методика выбора рационального метода восстановления изношенных деталей с учетом оценки их эксплуатационной надежности по результатам ускоренных стендовых испытаний. Рассмотрены основные показатели надежности восстанавливаемых деталей двигателей, определены их нормативы, обеспечивающие работоспособность в послеремонтном периоде, предложена математическая модель работоспособности двигателя с восстановленной деталью, которая позволяет оценить его эксплуатационную надежность по результатам ускоренных стендовых испытаний восстановленной детали на усталость, на износостойкость и несущую способность. Комплексная оценка ресурса отремонтированного двигателя с восстановленной деталью с учетом основных показателей, полученных по результатам ускоренных стендовых испытаний, и оценка его безотказности в заданные интервалы работы с использованием математической модели позволит выбрать наиболее технически эффективный метод восстановления из рассмотренных.*

Abstract*. The article describes the technique of a choice of rational method of restoring worn components based on an assessment of their operational reliability with the help of results of accelerated bench tests. The basic parameters of reliability of restored details of engines are discussed, main regulations which ensure operability in post-repair period are determined, a mathematical model was proposed to assess the working abilities of the engine with the restored piece, which allows to evaluate its reliability according to the results of the accelerated bench test which would assess the the remanufactured parts' fatigue, wear resistance and load carrying capacity. A comprehensive life assessment of*

repaired engine with the restored detail taking into account the main indicators obtained from the results of accelerated bench testing and assessing its reliability in the intervals of work with the use of a mathematical model will allow to choose the most technically efficient method of recovering from those considered.

Восстановление деталей позволяет использовать сохранившуюся их потребительскую стоимость в виде остаточной долговечности деталей. Около половины деталей из числа ремонтного фонда могут быть использованы после восстановления при затратах 15-30% от цены новых деталей. Кроме того, восстановление деталей сохраняет значительное количество материалов, энергии, труда и является более экологичным процессом, чем основное производство, с точки зрения воздействия на природу и человека.

Ремонтное производство в настоящее время располагает достаточным количеством методов упрочнения или нанесения покрытий, чтобы восстановить практически любую изношенную или поврежденную деталь, либо упрочнить новую деталь. При этом решается задача о выборе одного метода из многих, применение которого технически и экономически наиболее целесообразно.

На выбор метода восстановления деталей значительное влияние оказывают такие факторы как: эксплуатационные (характер дефекта и величина износа); конструктивные (материал, размер, форма, масса детали); технологические (точность обработки, вид обработки); производственные (концентрация и специализация производства, обеспеченность оборудованием); экономические (себестоимость, дефицитность материалов, долговечность работы восстановленных деталей).

Для того чтобы из существующих методов нанесения покрытий выбрать наиболее рациональный, необходимо правильно оценить как сами покрытия, так и применимость их для восстановления или упрочнения конкретных деталей.

Надежность восстановленных деталей многими авторами оценивается критерием долговечности [1-6], показателями которого служат относительные износостойкость, сопротивление усталости деталей или относительный средний ресурс детали (остаточный ресурс детали). Оценка по среднему ресурсу наиболее объективна, так как он является комплексным показателем надежности изделия [7].

Определение среднего ресурса детали связано с проведением большого количества длительных эксплуатационных испытаний наработкой на отказ. Продолжительность таких испытаний может быть больше, чем средний ресурс восстановленных деталей и достигать 3-х и более лет.

Для оценки долговечности изделий все больше распространение получают методы ускоренных стендовых испытаний на усталость и износостойкость [10-15]. По результатам ускоренных стендовых испытаний на износостойкость оцениваются показатели износостойкости, прирабатываемости и несущей способности восстановленных соединений. По результатам ускоренных стендовых испытаний на усталость оцениваются показатели сопротивления усталости и усталостной долговечности восстановленных деталей. Получаемые данные позволяют с помощью имеющихся методик [8-15] давать сравнительную оценку надежности восстановленных деталей (например, блоков цилиндров, коленчатых валов, распределительных валов

и т.п.), тем самым, позволяют качественно оценить метод восстановления с точки зрения усталостных и триботехнических свойств. Критериями обеспечения надежности работы восстановленных деталей при последующем использовании в отремонтированных двигателях могут служить показатели их усталостной прочности, износостойкости и несущей способности в сравнении с новыми деталями. Рассмотрим основные из них.

Отремонтированные узлы двигателей, как правило, комплектуется тремя категориями деталей: бывшими в эксплуатации, восстановленными и новыми из числа запасных частей. Поэтому их надежность определяется не только качеством сборки и обкатки, но и количественным соотношением этих деталей и их качеством. При этом существенное значение имеет, с какой поверхностью взаимодействует восстановленная поверхность – новой или частично изношенной, так как от свойств поверхности взаимно расположенных материалов зависят прирабатываемость, задиростойкость и износостойкость сопряжения. В свою очередь, восстановленная деталь независимо от того, восстановлены размеры одной или нескольких поверхностей будет технико-экономически эффективна в том случае, если в составе отремонтированной сборочной единицы будет обладать надёжностью выше уровня надёжности новой детали, а её розничная цена будет ниже.

Как правило, ресурсы последовательно заменяемых в процессе эксплуатации деталей до 2-х раз ниже, чем ресурсы тех же деталей, устанавливаемых в новый двигатель, а коэффициенты вариации больше до 1,8 раза [8]. Следовательно, из объективных условий эксплуатации отремонтированных двигателей вытекает, что показатели надёжности отремонтированных узлов, даже укомплектованных новыми деталями, ниже, чем у новых двигателей.

Естественно возникает вопрос, какими же способами тогда можно добиться, чтобы после ремонта двигателя (с восстановлением или без восстановления деталей) показатели его надёжности были такими же, как у нового или выше, то есть, что бы соблюдались условия:

$$P_{\text{сб}}^{\text{мр}}(t \geq T_H) \geq P_{\text{сб}}^{\text{др}}(t \geq T_H) \tag{1}$$

$$\Omega_{\text{сб}}^{\text{мр}}(t = T_H) \leq \Omega_{\text{сб}}^{\text{др}}(t = T_H), \tag{2}$$

и $$T_{\text{ост}} > T_{\text{н}}, \tag{3}$$

$$T_{\text{в}} > T_{\text{н}}, \tag{4}$$

то есть, остаточные ресурсы - $T_{\text{ост}}$ повторно используемых и ресурсы восстановленных – $T_{\text{В}}$ деталей должны быть больше нормативного ресурса - Тн отремонтированного двигателя, и кроме того должно соблюдаться условие:

$$P_{\text{сб}}^{\text{мр}}(t \geq T_H) \geq \prod_{i=1}^{n} \left\{1 - \left[k_{ci} f_{ci}(t) + k_{ri} f_{ri}(t) + k_{\text{в}i} f_{\text{в}i}(t)\right]\right\} \tag{5}$$

где $P_{сб}^{мр}(t \geq T_H)$ и $P_{сб}^{др}(t \geq T_H)$ – вероятность безотказной работы двигателя до наступления предельного состояния за нормативный ресурс T_H соответственно, в межремонтном и доремонтном периодах эксплуатации; $\Omega_{сб}^{мр}(t = T_H)$ и $\Omega_{сб}^{др}(t = T_H)$,– соответственно, количество нересурсных отказов деталей отремонтированного и нового двигателя в рядовых условиях эксплуатации; $f_{ci}(t)$, $f_{гi}(t)$, $f_{вi}(t)$ – функции распределения ресурсов новых, бывших в эксплуатации и восстановленных деталей (сопряжений) в межремонтном периоде эксплуатации двигателя; k_{ci}, $k_{гi}$, $k_{вi}$ – коэффициенты сменности, годности и восстановления; n – количество ресурсоопределяющих деталей (сопряжений).

Опыт исследования различных сопряжений показал, что для узлов трения, вышеуказанные требования выполняются, если интенсивность изнашивания восстановленного сопряжения $J_В$ будет не менее, чем в 1,5 раза ниже интенсивности изнашивания нового сопряжения $J_Н$ [8, 16]:

$$J_В/J_Н \leq 1{,}5. \quad (6)$$

При этом необходимо обеспечить показатели несущей способности восстановленного сопряжения не менее, чем на 10% выше в сравнении с новыми, так как динамическая нагрузка в отремонтированных агрегатах на 10% и более выше, чем у новых. То есть:

$$F_{МП}^{В}/F_{МП}^{Н} \geq 1{,}1 \quad (7)$$

где $F_{МП}^{В}$, и $F_{МП}^{Н}$ - соответственно, значения давления в сопряжении восстановленном и новом, при котором начинается заедание неприработанного образца.

Другим важным условием обеспечения требуемых показателей надежности восстановленных изделий является обеспечение остаточного предела выносливости на уровне 0,85 от новых [17], то есть:

$$\sigma_{-1}^{ост}/\sigma_{-1н} \geq 0{,}85, \quad (8)$$

где $\sigma_{-1}^{ост}$ - остаточный предел выносливости повторно используемых или восстановленных деталей; $\sigma_{-1н}$– предел выносливости новых деталей.

Выполнение требований (1)-(8) создаст необходимые условия для обеспечения требуемого послеремонтного ресурса двигателя (сборочной единицы) оснащенного восстановленной деталью.

Для комплексной оценки ресурса отремонтированного двигателя с учетом основных показателей, полученных по результатам ускоренных стендовых испытаний: по усталости, износостойкости и несущей способности (задиростойкости), разработан алгоритм математической модели, имитирующий работоспособность восстановленной детали в двигателе [16] (рисунок). Представленный алгоритм несложно реализовать в программной среде «Pascal».

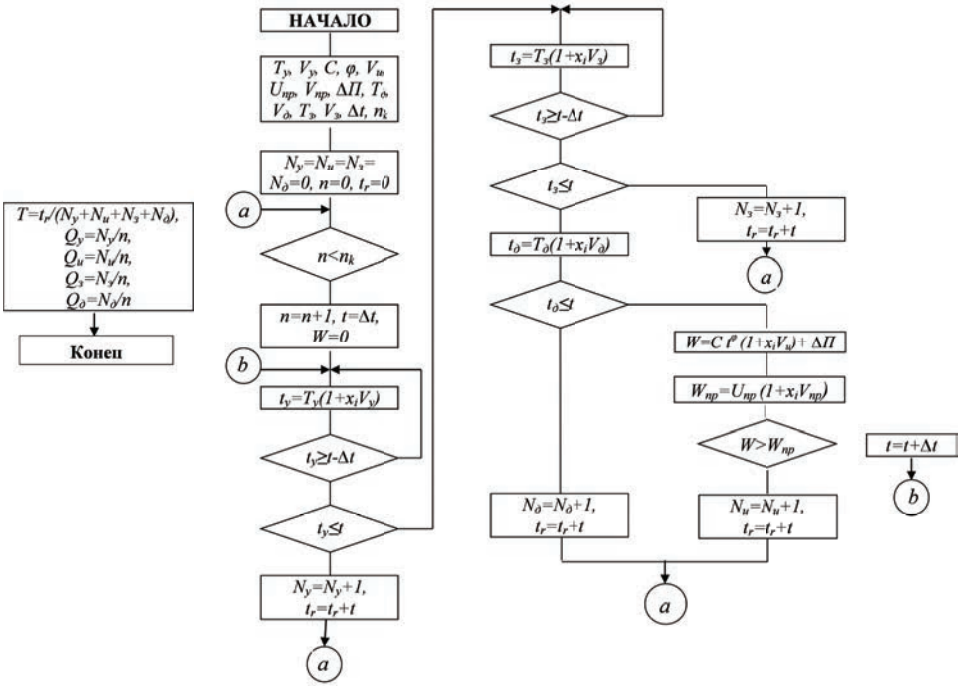


Рисунок - Алгоритм модели работоспособности системы «деталь-двигатель» в межремонтном периоде эксплуатации

Оценка эксплуатационной надежности и долговечности восстановленной детали в двигателе может быть получена с помощью комплексного моделирования её работоспособности, которое представлено в виде системы последовательно соединенных элементов, описывающих ее состояние по основным показателям, формирующим ресурс: сопротивление усталости, износостойкость и задиростойкость.

Результаты ускоренных стендовых испытаний восстановленных образцов деталей и сопряжений, и последующая обработка полученных показателей с помощью разработанной комплексной программы моделирования работоспособности системы «деталь-двигатель» позволит выбрать наиболее технически эффективный метод восстановления из исследуемых.

Варьированием значениями ресурсов по усталости - $T_у$, по задиру - $T_з$, и двигателя (без учета отказов исследуемой детали) - $T_д$ в пределах полученных доверительных интервалов на входе модели обеспечивается достижение на выходе значений вероятности отказов $Q_у$, $Q_и$, $Q_з$, $Q_д$ и значения среднего ресурса двигателя T, соответствующих эксплуатационным значениям. Требуемая точность моделирования обеспечивается подбором значений параметров: шаг испытаний - Δt и числа испытаний - n_k.

Литература:

1. Бурумкулов Ф.Х., Лезин П.П., Сенин П.В., Иванов В.И., Величко С.А., Ионов П.А. Электроискровые технологии восстановления и упрочнения деталей машин и инструментов (теория и практика) /МГУ им. Н.П.Огарева – Саранск: тип. «Красный Октябрь», 2003.–504 с.

2. Дехтеринский Л.В. и др. Методические указания по выбору рациональных вариантов технологических процессов восстановления деталей грузовых автомобилей. – М.: МАДИ, 1979. – 81с.

3. Казарцев В.И. Ремонт машин (тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин). Изд. третье, перераб. и доп. - М.: Сельхозиздат, 1961. - 584 с.

4. Масино М.А. Организация восстановления автомобильных деталей. - М.: Транспорт. 1981. - 176 с.

5. Черноиванов, В.И. Восстановление деталей машин /В.И. Черноиванов.- М.: ГОСНИТИ, 1995. – 280 с.

6. Шадричев В.А. Основы выбора рационального способа восстановления автомобильных деталей металлопокрытиями. – М.: Машгиз, 1962. – 266 с.

7. ГОСТ 27.003-90. Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надежности. – ФГУП «Стандартинформ», 2007. - 19с.

8. РД 70.0009.002-86. Определение нормативов надежности и износостойкости восстановленных деталей. - М.: ГОСНИТИ, 1986. -32 с.

9. ГОСТ 23.224-86. Обеспечение износостойкости изделий. Методы оценки износостойкости восстановленных деталей. – М.: Издательство стандартов, 1986. - 28 с.

10. РД 70.0009.006-85 Указания по методам ускоренных испытаний восстановленных деталей основных марок тракторов, комбайнов и других машин. – М.: ГОСНИТИ, 1986.-48 с.

11. ГОСТ 25.502-79. Расчеты и испытания на прочность в машиностроении. Методы механических испытаний металлов. Методы испытаний на усталость. – М.: Издательство стандартов, 1980.- 32 с.

12. Гольцев Д.И. Приближенная оценка выносливости конструкционных материалов. Вопросы динамики и динамической прочности, 1955, вып.3.- С.65-75.

13. Иванова В.С., Гордиенко Л.К. К вопросу об определении предела усталости. - Заводская лаборатория, 1957, №12.- С.1489-1491.

14. Олейник Н.В., Скляр С.Н. Ускоренные испытания на усталость. – Киев: Наукова думка, 1985.- 304 с.

15. Школьник Л.М. Методики ускоренных испытаний. – М.: Металлургия, 1978.- 304с.

16. Денисов, В.А. Прогнозирование ресурса восстановленных деталей двигателя. Часть 1. Моделирование работоспособности восстановленной детали двигателя / В.А. Денисов //Ремонт, восстановление, модернизация.- 2014.- №8.- С. 42-44.

17. Денисов, В.А. Прогнозирование ресурса восстановленных деталей двигателя. Часть 2. Оценка сопротивления усталости деталей по результатам ускоренных стендовых испытаний / В.А. Денисов // Ремонт, восстановление, модернизация.- 2014.- №9.- С.41-44.

УДК 621.793.72

РЕГУЛИРУЕМОЕ ИЗМЕНЕНИЕ ПРОЦЕНТНОГО СОДЕРЖАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ В РАБОЧЕМ СЛОЕ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИЕЙ

Матюшкин Б.А., в.н.с., д.т.н.;
Денисов В.И., в.н.с.;
Толкачёв А.А., м.н.с.
(ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, г. Москва,
8 (495) 371-01-48, E-mail – info@firma-tom.ru)

Аннотация*. Статья посвящена возможности регулируемого изменения процентного содержания элементов в рабочем слое при восстановлении деталей электродуговой металлизацией.*

Ключевые слова: *электродуговая металлизация, восстановление деталей, регулируемое изменение, процентное содержание элементов.*

Поверхность тронка поршня в условиях эксплуатации подвержена интенсивному износу. Значительные габариты и весовые характеристики поршня затрудняют производить восстановление его поверхностей. Наиболее технологичным процессом восстановления с нанесением антифрикционного покрытия рабочей поверхности детали был выбран способ электродуговой металлизации.

Основная цель исследований – разработка новой технологии многослойных покрытий с заданными физико-механическими свойствами.

В технологии восстановления деталей машин электродуговая металлизация (напыление) занимает одно из ведущих мест по объему работ среди других способов нанесения металлопокрытий. Актуальность и важность процесса напыления можно объяснить его широкими технологическими возможностями и универсальностью.

Напылением можно наносить покрытия с различными свойствами. Можно напылять покрытия износостойкие, коррозионностойкие, теплостойкие, а также теплоотводящие и другие [1]. Для этого металлизаторы оснащаются проволокой разного состава, с разной температурой плавления и режимами напыления, (например, Cu + Al, Cu +Sn, Al–Sn).

Для выполнения работ по восстановлению деталей применяют металлизаторы нового поколения со сверхзвуковым истечением воздушного потока из сопла, как, например, металлизатор ЭДМ – 5У.

Выбор материала и способ его нанесения зависят от способности изделия противостоять воздействию напряженным условиям эксплуатации.

В качестве примера может служить напыление заэвтектоидной оловянной бронзы на поверхность поршня, что позволяет получить противозадирное мелкопористое покрытие, имеющее высокую адгезионную прочность и теплопроводность за счет использования в качестве подслоя меди, обладающей очень большой теплопроводностью.

Высокие антифрикционные свойства оловянных бронз, обеспечивают низкий коэффициент трения, минимальный износ, высокую теплопрово-

дность, что позволяет поршню работать при высоких температурах и нагрузках [2].

Научная и практическая новизна метода восстановления состоит в получении антифрикционных комбинированных электрометаллизационных покрытий с заданными физико-механическими свойствами путем совместного использования двух электродуговых металлизаторов, распыляющих проволоки с различными компонентами (Fe, Cu, Al, Sn), позволяющими наносить покрытие в одну точку, при этом процентное содержание этих компонентов в напыленном слое регулируется.

Этот метод позволяет увеличить твердость и плотность наносимого слоя, адгезионно-когезионную прочность и износостойкость покрытий [3].

Для решения практической задачи были выполнены следующие исследования:

- определены адгезионно-когезионные свойства нанесенных покрытий;
- установлены закономерности износа поверхностей, восстановленных электродуговой металлизацией многокомпонентными материалами, в зависимости от процентного содержания компонентов в напыленном слое.

Лабораторные исследования выполнены на базе лаборатории №12.3 (Восстановление и упрочнение деталей газотермическими методами), НПФ «Прометей» и НАНОЦЕНТРА ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. В теоретических и экспериментальных исследованиях использованы методы, включающие аналитические и численные расчеты по технологической модели и экспериментальные исследования.

Важным вопросом исследования является изучение физико-механических и антифрикционных свойств напыленных многослойных покрытий в зависимости от процентного содержания элементов в поверхностном слое. Антифрикционность металлов проявляется в условиях несовершенной смазки (или при трении без смазки) и зависит от физических и химических свойств материала.

К антифрикционным металлическим материалам (АММ) на медной основе относятся бронзы и латуни, которые применяют в ответственных узлах трения и в условиях скольжения.

При разработке технологии нанесения многослойных покрытий методом ЭДМ были учтены технологические особенности и конструкционные возможности электродуговой металлизации. При расплавлении в дуге электродного металла и после воздушного диспергирования его, происходит окисление, влияющее на прочностные качества покрытия, износостойкость и на коэффициент трения из-за образования оксидов в покрытии. Известны способы снижения интенсивности окисления диспергированного металла. Этот эффект достигается применением нового металлизатора ЭДМ-5У со сверхзвуковым истечением воздушного потока и с обжатием угла факела распыла.

Оценка прочности покрытия представляет собой критерий качества износостойкости наносимого композиционного слоя, а, следовательно, и долговечности восстановленной детали. Важным критерием высокого качества являются результаты испытаний металлопокрытий на адгезию и когезию.

Электродуговые металлизаторы были настроены по производительности так, чтобы получить в поверхностном слое соотношение элементов медь – олово по массе (таблица 1).

Таблица 1

Теоретические значения процентного содержания элементов в поверхностном слое медь + олово

№ состава	% содержание меди (Cu)	% содержание олова (Sn)
1	70	30
2	75	25
3	80	20
4	85	15

По результатам исследований металлизационных покрытий получены фактические значения процентного содержания элементов в поверхностном слое (таблица 2).

Таблица 2

Фактические значения процентного содержания элементов в поверхностном слое медь + олово

№ состава	% содержание меди (Cu)	% содержание олова (Sn)
1	72,1 … 76,0	22,8 … 24,9
2	76,3 …79,1	21,9 … 23,7
3	81,5 … 86,1	13,9 … 18,5
4	88,3 … 90,1	9,9 … 11,7

В результате исследований выявлено, что процентное содержание элементов в слое по сравнению с теоретическим меняется на 5 …7 % в сторону увеличения процентного содержания меди. Это обусловлено большой разницей температур плавления меди и олова.

Расчет расхода меди определяли из соотношения, что олова будет распыляться за 1 минуту 57,5 г., что составляет 30% от общего количества напыляемого сплава. Количество расходуемой меди определяли из соотношения (57,5x70)/30 = 134,16 г. Уменьшение процентного содержания олова с 25 до 20% соответственно увеличивает содержание меди с 172,5 до 230 г, а количество оборотов подающего медный электрод ролика увеличивается с 30 до 40 об/мин.

Результаты экспериментов приведены в таблице 3.

Таблица 3

Режимы металлизации образцов в зависимости от процентного содержания меди + олова по массе

Номер образца	Состав проволоки	Диаметр проволоки, мм	Число оборотов, об/мин	Теорет. значения по массе, %	Режимы напыления		
					Ток, А	Напряжение, В	Дистанция металлизации, мм
1	Медь	1,8	23,5	70	100-120	26	150
	Олова	2,0	10	30	20	20	
2	Медь	1,8	30	75	140-150	26	150
	Олово	2,0	10	25	20	20	
3	Медь	1,8	40	80	150-160	26	150
	Олова	2,0	10	20	20	20	
4	Медь	1,8	50	85	160-170	26	150
	Олова	2,0	10	15	20	20	

Для получения достоверных результатов адгезионных и когезионных свойств покрытия были изготовлены 40 образцов: первые десять образцов (1) напылены комбинированным слоем Cu70% Sn30%, вторые десять (2) - Cu75% Sn25%, третьи (3) - Cu80% Sn20% и четвёртые (4) - Cu85% Sn15%.

Средние значения 10 образцов каждого состава приведены в таблицах (таблицы 4,5).

Таблица 4

Определение сдвиговой адгезионной прочности покрытия

№ состава	Ø пояска, мм	h-ширина пояска, мм	P - усилие отрыва, кгс	S-площадь сечения, мм^2	σ, МПа
№1	9,97	2,57	265	80,456	32,9
№2	9,9	2,59	270	80,478	33,5
№3	9,86	2,6	275	80,497	34,2
№4	9,94	2,65	260	82,711	31,4

Таблица 5

Когезионные свойства напыленного слоя.

№ состава	Ø штифта до мет., мм	Ø штифта после мет., мм	P - усилие отрыва, кгс	S-площадь сечения, мм^2	σ, МПа
№1	20,01	21,43	388	46,2	84
№2	20,02	21,2	366	40,34	90,7
№3	20,03	21	344	31,24	110,1
№4	19,97	20,62	288	26,74	107,7

Как видно из таблиц, значения адгезии и когезии состава №3 выше, чем значения аналогичных физических величин других составов. Это означает, что среди всех исследованных составов состав №3 обладает наилучшими прочностными характеристиками.

В результате выполненных исследований установлено, что в основном металлизационном слое меди должно быть 80-85%, а олова 12-16%, и такое соотношение можно получить только с использованием двух металлизаторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Балдаев Л.Х. Газотермическое напыление [Текст]: учеб. пособие / Л.Х. Балдаев [и др.]. – М., 2007. – 344 с.*
2. *Лялякин В.П. Исследование процесса газодинамического диспергирования металла при электродуговой металлизации [Текст] / В.П. Лялякин // Науч. тр. / ВНИИТУВИД «РЕМДЕТАЛЬ». – М., 1999. – Восстановление и упрочнение деталей машин. – С. 5-27.*
3. *Отчет о научно-исследовательской работе. Этап 1.4 Разработка теоретических основ получения многокомпонентных покрытий электродуговой металлизацией [Текст] / В.И. Денисов [и др.]. – ФГБНУ ГОСНИТИ. – М., 2015. – С. 4-11.*

ADJUSTABLE CHANGE IN THE PERCENTAGE OF ELEMENTS IN THE WORKING LAYER DURING THE RESTORATION OF PARTS BY ELECTRIC ARC METALLIZATION

Matyushkin BA, Denisov VI, Tolkachev AA
FGBNU FNAC VIM, Moscow,
tel.: 8-495-371-01-48, info@firma-tom.ru

Annotation. *The article is devoted to the possibility of an adjustable change in the percentage of elements in the working layer during the restoration of parts by electroarc metallization.*

Keywords: *electric arc metallization, restoration of parts, controlled change, percentage of elements.*

LITERATURE

1. *Baldaev L.H. Gasothermic spraying [Text]: textbook / L.Kh. Baldaev [and others]. - M., 2007. - 344 p.*
2. *Lyalakin V.P. Investigation of gasdynamic dispersion of metal during electric arc metallization [Text] / V.P. Lyalyakin // Nauch. Tr. / VNIITUVID «REMDETAL». - M., 1999. - Restoration and hardening of machine parts. - P. 5-27.*
3. *Report on research work. Stage 1.4 Development of theoretical foundations for the production of multicomponent coatings by electric arc metallization [Text] / VI Denisov [and others]. - FGBNU GOSNITI. - M., 2015. - P. 4-11.*

УДК: 621.762.793

ОЦЕНКА ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ И ПРОЧНОСТИ ПОКРЫТИЙ ПОВЫШЕННОЙ ТОЛЩИНЫ ПРИ ПОСЛОЙНОМ ИХ ФОРМИРОВАНИИ

Кравченко И.Н., доктор технических наук, профессор,
kravchenko-in71@yandex.ru, тел.: 8-985-994-02-20;
Закарчевский О.В., кандидат технических наук, доцент
olegzakarchevskiy@icloud.com, тел.: 8-499-976-05-92;
Катаев Ю.В., кандидат технических наук, доцент
ykataev@mail.ru, тел.: 8-926-603-51-22;
Коломейченко А.А., аспирантка
kolom.anastasiya@gmail.com, тел.: 8-916-814-37-57.
РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева

Аннотация. *В статье рассмотрено влияние на величину остаточных напряжений и прочность сцепления покрытий охлаждения подложки в процессе напыления. Представлены результаты экспериментальных исследований по нанесению вольфрама и керамики на стальные и алюминиевые подложки до отслоения покрытия с охлаждением и без охлаждения, а также представлены экспериментальные данные прочности сцепления с основой и численные значения остаточных напряжений в зависимости от температуры предварительного нагрева подложки.*

Ключевые слова: *износостойкость, коэффициенты линейного (КЛР) и термического (КТР) расширения, напыление, остаточные напряжения, пористость покрытий, прочность сцепления, термообработка.*

Расчет остаточных напряжений становится особенно важным при оценке корреляции между уровнем остаточных напряжений в покрытии и величиной прочности сцепления покрытия с основой [1,2]. Рассмотрим влияние на величину остаточных напряжений и прочность сцепления покрытий охлаждения подложки в процессе напыления.

Для оценки влияния охлаждения на остаточные напряжения проведен численный расчет при граничных условиях, учитывающих различную интенсивность охлаждения. На рис. 1 представлено распределение остаточных напряжений в покрытии из NiCr на стали при напылении без охлаждения со сдувом плазменной струи и при охлаждении подложки водой, имеющей температуру окружающей среды T = 373 ^{o}C. Результаты анализа показывают, что применение охлаждения приводит к снижению уровня остаточных напряжений как на границе покрытия с основой, так и в самом покрытии.

Нанесение покрытия на данную точку напыляемой поверхности представляет собой циклический процесс многократного нанесения слоев, получаемых за один проход плазмотрона, сопровождающихся тепловым воздействием на систему «покрытие-основа». Подложка без соответствующего охлаждения может нагреваться до 100-300 ^{o}C, а перепад температуры в покрытии и основе до и во время пика нагрева может достигать несколько сотен градусов. При последующем охлаждении это приводит к возникно-

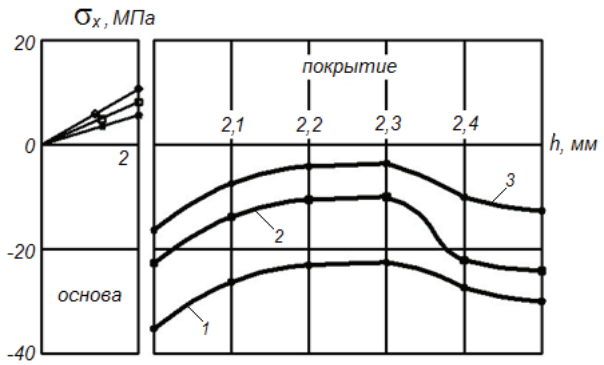


Рис. 1. Распределение остаточных напряжений в покрытии NiCr на стали: 1 – без охлаждения; 2 – сдув струи; 3 – сдув струи и охлаждение водой

вению термических напряжений на границе покрытия и основы из-за разницы в величинах КТР. Величина этих напряжений может превысить предел прочности сцепления покрытия, что приведет к отслоению покрытия. Поэтому интенсивным охлаждением стремятся не допустить чрезмерного нагрева системы «покрытие-основа» [3,4].

На рис. 2 представлены результаты экспериментальных исследований по нанесению вольфрама и керамики на стальные и алюминиевые подложки до отслоения покрытия с охлаждением и без охлаждения подложки. Напыление производили на образцы размером 25×30×2 мм. Результаты анализа проведенных исследований показывают, что во всех сочетаниях материалов покрытия и основы использование охлаждения подложки приводит к повышению прочности сцепления покрытий с основой и возможности наращивания покрытий до отслаивания на 20-30% более толстых, чем без охлаждения.

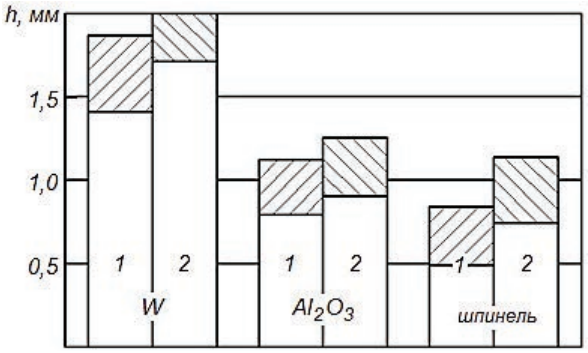


Рис. 2. Максимальная толщина покрытия до отслаивания с охлаждением подложки (2) и без (1) при напылении на стальные и алюминиевые подложки

Снижение уровня остаточных напряжений на границе покрытия с основой при предварительном нагреве подложки объясняется тем, что при напылении, например, керамики на сталь в частицах формируются растягивающие напряжения, если подложка холодная [5,6,7]. При нагреве подложки растягивающие напряжения уменьшаются и могут перейти в сжимающие. Таким образом, между температурой напыляемых частиц и подогревом подложки существует оптимальное соотношение, которое следует учитывать при напылении покрытий повышенной прочности.

На рис. 3 и 4 представлены экспериментальные данные прочности сцепления с основой и численные значения остаточных напряжений в зависимости от температуры предварительного нагрева подложки.

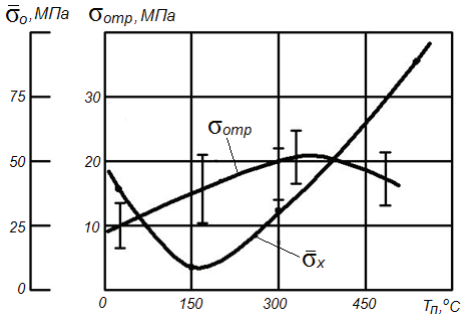


Рис. 3. Зависимость остаточных напряжений и прочности сцепления покрытия из вольфрама на алюминиевой основе от температуры подогрева подложки

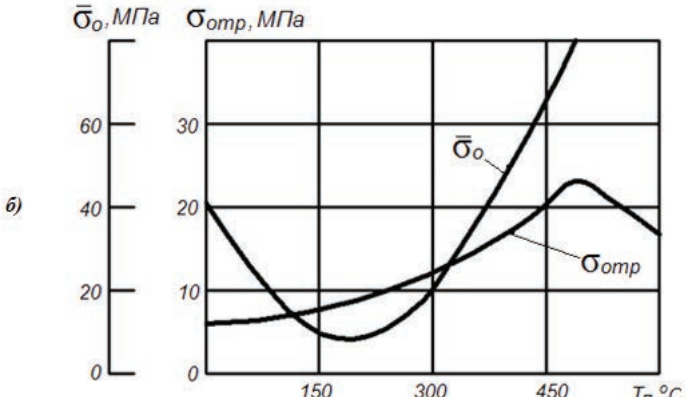


Рис. 4. Зависимость остаточных напряжений и прочности сцепления покрытия из ПГ-19М-01 с основой от температуры подогрева подложки: а) стальная основа; б) основа латунь

В качестве параметра, характеризующего уровень остаточных напряжений, в численных расчетах принято среднее значение по модулю напряжений в покрытии. Результаты анализа проведенных расчетов показывают, что в общем случае предварительный нагрев подложки приводит к повышению уровня остаточных напряжений в покрытии. Однако, если КЛР основы намного больше КЛР покрытия, как, например, при напылении керамики на металл или W и Mo на алюминий, невысокий подогрев подложки в пределах 100-150°С обеспечивает минимум остаточных напряжений на границе покрытия с основой. В этом случае оптимальная температура, обеспечивающая максимум прочности сцепления покрытия с основой, в два раза больше (см. рис. 4).

Одним из способов снижения остаточных напряжений в покрытиях является термообработка, при которой осуществляется нагрев деталей с покрытиями до температуры, величина которой не превышает температуры плавления материала детали с последующей выдержкой в таком состоянии в течение определенного интервала времени [5,8]. При этом в большинстве

случаев термообработка проводится при высоких температурах и длительное время.

Выводы:

1. Повышение температуры предварительного нагрева подложки способствует улучшению условий образования адгезионной связи покрытия с основой. Применение предварительного нагрева основы до температуры 320°С позволяет повысить прочность покрытий из материала ПГ-19М-01 на стали и латуни, а также вольфрама на алюминии в 1,5-2 раза по сравнению с прочностью сцепления покрытий, напыленных без предварительного нагрева основы.

2. Установлено, что снижение уровня остаточных напряжений при их регулировании однозначно соответствует повышению прочности сцепления покрытия лишь при постоянстве среднемассовой температуры частиц в процессе напыления и достигается при регулировании расхода напыляемого материала, скорости перемещения плазмотрона, а также нагреве подложки и ее охлаждении. При этом режимы напыления определяются из условия обеспечения среднемассовой температуры частиц, соответствующей максимуму прочности сцепления или заданной пористости.

Список литературы:

1. *Мидуков В.З. Влияние внутренних напряжений на критерий пластичности пористых металлов // Порошковая металлургия. – 1991. – № 1. – С. 1-7.*
2. *Зурабов В.М., Соколов И.К. Прочность сцепления покрытий при сложнонапряженном состоянии // Пути повышения качества и надежности деталей из порошковых материалов. – Рубцовск, 1991. – С. 87.*
3. *Пузряков А.Ф. Теоретические основы технологии плазменного напыления. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 360 с.*
4. *Кравченко И.Н. Оценка влияния температурных условий в процессе напыления на уровень остаточных напряжений и прочность покрытий / И.Н. Кравченко, В.Ю. Гладков, О.Я. Москаль // Все материалы. Энциклопедический справочник. – 2013. – №8. – С. 59-64.*
5. *Технологии нанесения защитных и износостойких покрытий повышенной прочности: монография / А.Ф. Пузряков, И.Н. Кравченко, И.К. Соколов и др. – М.: Изд-во «Эко-Пресс», 2013. – 300 с.*
6. *Кравченко И.Н. Оценка влияния режимов напыления на уровень остаточных напряжений при послойном формировании покрытий повышенной толщины / И.Н. Кравченко, Л.В. Шибкова, А.Ф. Пузряков и др. // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2013. – №7. – С. 48-54.*
7. *Кравченко И.Н., Пузряков А.А., Катаев Ю.В., Гречко Д.Г. Применение плазменно-напыленных ферроокислов для поршневых колец автотракторных двигателей // Труды Всероссийского научно-исследовательского технологического института ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка. – 2016. – Том 122. – С. 188-193.*
8. *Антонов А.А. Регулирование остаточных сварочных напряжений путем наведения термоупругих напряжений / Физика и химия обработки материалов. – 1991. – № 1. – С. 121-124.*

EVALUATION OF RESIDUAL STRESSES AND THE STRENGTH OF INCREASED THICKNESS OF THE COATING STRATIFIED THEIR FORMATION

Kravchenko I.N., doctor of technical sciences, professor
kravchenko-in71@yandex.ru, Phone: 8-985-994-02-20;
Zakarchevsky O.V., Ph.D., Associate Professor
olegzakarchevskiy@icloud.com, Phone: 8-499-976-05-92;
Kataev Yu.V., Ph.D., Associate Professor
ykataev@mail.ru, Phone: 8-926-603-51-22;
Kolomeychenko A.A., PhD student
kolom.anastasiya@gmail.com, Phone: 8-916-814-37-57
(Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

Annotation. *The article considers the impact of cooling surfaces during spraying on the amount of residual stress and adhesion strength of the substrate. The results of experimental studies on the application of tungsten and ceramic on steel and aluminum substrate before coating exfoliation with cooling and without cooling, as well as the experimental data on adhesion of the substrate and the numerical values of residual stress as a function of pre-heating of the substrate are demonstrated.*

Keywords: *durability, coefficients of linear (FLR) and thermal (CTE) expansion, spraying, residual stress, porosity coatings, adhesive strength, heat treatment.*

References

1. Midukov VZ The influence of internal stresses on the criterion of plasticity of porous metals // Powder metallurgy. - 1991. - № 1. - S. 1-7.

2. Zurabov VM, Sokolov IK The strength of adhesion of the coating with the state slozhnonapryazhennom // Ways to improve the quality and reliability of parts from powder materials. - Rubtsovsk, 1991. - S. 87.

3. Puzryakov AF Theoretical foundations of plasma spraying technology. - 2 nd ed., Revised. and ext. - M .: Publishing House of the MSTU. NE Bauman, 2008. - 360 S.

4. Kravchenko IN Assessing the impact of temperature conditions in the sputtering process on the level of residual stress and strength of coating / IN Kravchenko, VY Gladkov, OJ Moskal // All materials. Encyclopedic Reference. - 2013. - №8. - S. 59-64.

5. Technology application of protective and wear-resistant high-strength coatings: monograph / AF Puzryakov, IN Kravchenko, IK Sokolov and others -. M .: Publishing house «Eco-Press», 2013. - 300 S.

6. Kravchenko IN Evaluation of spray modes influence the level of residual stresses in the layered formation of increased thickness / coating IN Kravchenko, LV Shibkova, AF Puzryakov et al. // Repair. Recovery. Modernization. - 2013. - №7. - S. 48-54.

7. 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.

8. Antonov AA Regulation of residual welding stresses by inducing thermal stress / Physics and chemistry of materials processing. - 1991. - № 1. - S. 121-124.

УДК 631.316.022

ПРЕДПОСЫЛКИ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ИННОВАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПЛАСТИКА В КОНСТРУКЦИЯХ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

Пархоменко Г.Г., ведущий научный сотрудник отдела механизации полеводства, кандидат технических наук
Божко И.В., младший научный сотрудник отдела механизации полеводства, кандидат технических наук
Пантюхов И.В., научный сотрудник отдела механизации полеводства
Семенихина Ю.А., научный сотрудник отдела механизации полеводства, кандидат технических наук
Громаков А.В., научный сотрудник отдела механизации полеводства, кандидат технических наук
(ФГБНУ «Северо-Кавказский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства», г. Зерноград, тел. 8(951)495-95-41, e-mail: i.v.bozhko@mail.ru)

Аннотация*. В статье доказана целесообразность применения пластика в конструкциях рабочих органов для обработки почвы, выделены фторопласт и полиэтилен как наиболее соответствующие условиям с/х. производства*

Ключевые слова: *почва, рабочий орган, пластик, энергосбережение*

В настоящее время в с/х машиностроении распространение получают неметаллические материалы, полученные в результате синтеза высокомолекулярных соединений, к которым относятся пластические массы (пластики). Распространение пластиков обусловлено их преимуществом по сравнению с другими конструкционными материалами по основным физико-механическим и эксплуатационным свойствам в условиях с/х производства.

Цель: повышение эффективности эксплуатации почвообрабатывающих машин.

Методика заключалась в всестороннем монографическом обследовании свойств и характеристик пластиков для эффективного функционирования в условиях с/х производства в качестве элементов рабочих органов почвообрабатывающих машин.

Результаты и обсуждения. Исследования показали, что пластики толерантны к действию ударных и динамических нагрузок, имеют невысокий коэффициент трения (0,02-0,10), высокую износо- и влагостойкость, а их теплопроводность во много раз меньше, чем у металлов. Согласно справочным данным, плотность пластиков ниже в 2 раза, чем у алюминия и в 5-8 раз, чем у стали [1]. Благодаря высокой демпфирующей способности и пониженной чувствительности к концентраторам напряжений пластики могут применяться в конструкциях вибрационных рабочих органов, в том числе почвообрабатывающих [2] и посевных машин [3]. Небольшая масса

и незначительное сопротивление обрабатываемой среде пластиков позволяет применять их в качестве элементов конструкций рабочих органов для энергосберегающей безотвальной обработки почвы, поскольку при этом сокращается потребляемая мощность энергосредства [4] ввиду уменьшения первой составляющей рациональной формулы Горячкина:

$$P = fG + Kab + \varepsilon abv^2 \ , \qquad (1)$$

где G – вес рабочего органа, Н;

a – глубина обработки почвы, м;

b – ширина захвата рабочего органа, м;

f – коэффициент трения почвы по материалу рабочего органа (таблица 1);

К – коэффициент удельного сопротивления почвы, учитывающий свойства почвы и геометрическую форму рабочего органа, Па;

– скоростной коэффициент, ;

– скорость перемещения рабочего органа, м/с.

Таблица 1

Коэффициент трения почвы по рабочему органу

Материал поверхности	Влажность почвы, %			
	17,2	21,3	24,1	26,8
Сталь	0,617	0,676	0,703	0,715
Фторопласт	0,318	0,327	0,335	0,413
Полиэтилен	0,420	0,472	0,520	0,568

Поскольку коэффициент трения [5] у пластика ниже, чем у металла (таблица 1), а вес рабочего органа меньше, поэтому первое слагаемое формулы (1) уменьшается.

Классификация пластиков основана на различных принципах: химических свойствах полимера, методах получения и др. (рисунок).

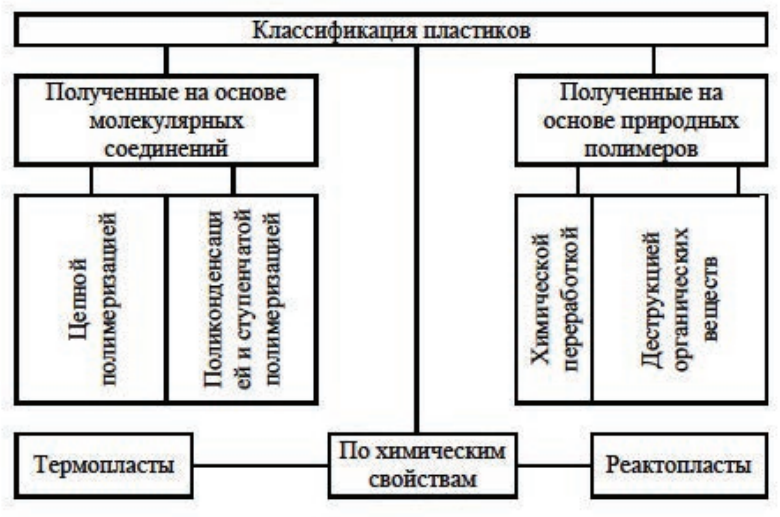


Рисунок – Классификация пластиков

По методам получения [6] пластики делятся на полученные на основе высокомолекулярных соединений цепной полимеризацией или поликонденсацией и ступенчатой полимеризацией и полученные на основе природных полимеров химической переработкой или деструкцией органических веществ. Данная классификация не в полной мере отражает специфические особенности пластиков, поскольку она не учитывает химические свойства полимерных связующих. По указанному признаку пластики можно разделить на термопласты и реактопласты.

Выбор пластика для работы в условиях с/х производства должен быть основан на анализе его свойств и характеристик.

Например, термопласты получают на основе линейных или разветвлённых полимеров и сополимеров [7], способных при нагревании трансформироваться из твёрдого в вязкое состояние, не изменяя при этом химической структуры. Готовые элементы из термопласта могут подвергаться повторной переработке с сохранением основных свойств. Элементы из реактопластов изготавливают из технологических полуфабрикатов, представляющих смеси компонентов, в состав которых входит полупродукт полимера [1], трансформируемый в высокомолекулярное соединение с пространственной структурой макромолекул. Процесс получения реактопластов является необратимым, поэтому они не подвергаются повторной переработке. Аналогично другим материалам и средам, для пластиков характерны вязкое, упругое и твёрдое состояния. В результате физико-химических процессов происходит трансформация пластика из вязкого в твёрдое состояние.

Параметры процесса трансформации определяются в зависимости от реологических свойств пластика, к которым относится релаксация напряжений и ползучесть. Расчёт реологических свойств пластиков затруднителен, производится ориентировочно с помощью разработанных номограмм [8]. Например, автором [9] предложена закономерность изменения реологических свойств пластиков, реализованная в виде номограммы.

Авторы [10] определили экспериментально значение релаксации различных вязкоупругих материалов, рассматривая суперпозицию откликов напряжений на последовательность малых изменений деформации. Аналогично определили функцию ползучести как суммарный отклик деформации на последовательность малых ступенчатых приращений напряжения [11].

По полученным данным производится расчёт вязкоупругого состояния пластиков, результаты которого используются при последующем моделировании процесса [12] взаимодействия конструкции с обрабатываемой средой (почвой).

В процессах взаимодействия рабочих органов с почвой пластик используется на дисковых сошниках сеялок [13], на отвалах плугов [14] и др.

При проектировании конструкции для условий с/х производства важное значение приобретает влияние температуры эксплуатации пластика на его свойства. В частности, в период функционирование рабочих органов почвообрабатывающих машин температура обрабатываемой среды и окружающего воздуха повышена и может увеличиваться в 2-3 раза от нормальных условий. В таблице 2 приведены данные [8] по изменению свойств пластиков при длительной эксплуатации в условиях повышения температуры.

Таблица 2

Коэффициент температуры эксплуатации пластиков

Наименование пластика	Температура эксплуатации, ^{0}C		
	20	40	60
Полиэтилен	1,0	0,70	0,50
Полиформальдегид		0,80	0,65
Фторопласт		0,75	0,55
Поликарбонат		0,85	0,75
Текстолит		0,90	0,80

При функционировании рабочих органов наблюдается налипание пласта на поверхность, в результате чего образуется переуплотнённое почвенное ядро, формируется призма волочения, возникновение которой приводит к увеличению тягового сопротивления и ухудшению агротехнических показателей машины. Автором [5] установлено, что рабочая поверхность из пластика подвержена в меньшей степени налипанию почвы, чем сталь. В качестве критерия принята сила отрыва, отнесённая к площади контакта. При этом наименьшей силой отрыва обладает фторопласт и полиэтилен (таблица 3).

Таблица 3

Налипание глинистого чернозёма на различные поверхности

Материал поверхности	Влажность почвы, %			
	17,68	21,02	23,47	26,40
Сталь	2,42	3,75	7,62	14,40
Фторопласт	0	0	0,24	0,91
Полиэтилен	0,55	2,42	5,80	6,55
Винипласт	1,65	2,86	9,75	12,40
Сополимер	1,10	2,19	6,15	10,0

В исследованиях [13] используется электрический потенциал в качестве критерия налипания почвы на рабочую поверхность. За основу принимается не только величина, но и стабильность знака электрического потенциала. В результате установлено снижение налипания при использовании пластика в качестве покрытия рабочей поверхности (таблица 4), что соответствует данным [13], приведённым в таблице 3.

Наименьшая масса почвы налипает на фторопластовое и полиэтиленовое покрытия рабочих поверхностей.

Таблица 4

– Налипание почвы на различные материалы

Материал покрытия	Налипание почвы (влажность 26%)	
	Масса налипшей почвы, кг	Электрический потенциал, мВ
Сталь	0,70	–50-–30
Фторопласт	0,14	+50-+100
Полиэтилен	0,23	+30-+50
Пентопласт	0,51-0,56	–20-+30

Таким образом, целесообразно применять в конструкциях рабочих органов почвообрабатывающих машин высокомолекулярный полиэтилен – термопласт аморфно-кристаллического строения, состоящий из цепных и разветвлённых молекул и фторопласт – полимер винильного типа. Причём наиболее эффективно применять фторопласт при повышенной влажности почвы.

Полиэтилен несколько уступает фторопласту по отдельным показателям, но по плотности и свариваемости [1] (таблица 5) имеет преимущества. Так плотность полиэтилена (0,92-0,96 г/см3), что в 2,2-2,6 раза меньше, чем фторопласта [1]). Поэтому вес конструкции из полиэтилена меньше, чем из фторопласта. Помимо этого фторопласты обладают свойством хладотекучести, которое приводит к изменению геометрии рабочего органа при нагрузках. Согласно справочным данным [1], допустимые нагрузки на детали из некоторых фторопластов не должны превышать 3 МПа, что не соответствует исходным требованиям к почвообрабатывающим рабочим органам, функционирующим при твёрдости пласта до 4 МПа. Зачастую условия функционирования рабочих органов глубокорыхлителей характеризуются экстремально высокой твёрдостью (до 6 МПа) в засушливых условиях, поэтому не целесообразно устанавливать на них фторопластовые элементы.

Таблица 5

Методы сварки	Полиэтилен	Фторопласт
Ультразвук	++	–
Током высокой частоты	–	–
Фрикционным методом	–	–
Нагретым инструментом	++	++
Нагретым воздухом	++	+
Нагретым инертным газом	++	+
Нагретым воздухом в смеси с продуктами сгорания	++	–

Авторы [15] отмечают, что сверхвысокомолекулярный полиэтилен, к которому относится Spektra 900 и Spektra 1000 производства США, обладают низкой плотностью и высокими прочностными свойствами.

Исследованиями [16] установлено, что пластиковое покрытие, удерживаемое на металлическом основании силами адгезии, имеет ограниченную возможность деформироваться. В результате допускаемые удельные нагрузки на него могут превышать прочность самого покрытия. При этом особое внимание следует уделять соблюдению режимов процесса нанесения пластика на металлическую поверхность рабочего органа. Прочность адгезионного соединения зависит от температур нагрева и термостатирования, а также длительности охлаждения, которое определяется металлоёмкостью детали рабочего органа. Так с увеличением температуры нагрева прочность адгезионного соединения «пластик-металл» возрастает [16]. С физической точки зрения это объясняется тем, что при этом усиливаются процессы деструкции пластика, в результате чего происходят разрывы молекулярных цепей, сопровождающиеся появлением полярных групп, обеспечивающих образование адгезионных связей. Введением в пластиковые детали армирующих

элементов можно значительно повысить их механическую прочность и износостойкость, однако при этом могут возникнуть внутренние напряжения, приводящие к деформации и появлению трещин на поверхности рабочего органа, а также возникают определённые трудности в связи с применением метода литьевого прессования, а именно соблюдение удлинённого режима. Однако соблюдение точности выдерживаемых режимов весьма затруднительно, особенно в условиях с/х производства.

Пластик целесообразно устанавливать в локальных зонах износа и области повышенного трения рабочего органа, для определения которых были проведены исследования. В результате исследований [17] установлено, что при функционировании рабочего органа на экстремальном режиме (глубина более 38 см, твёрдость более 4 МПа) происходит деформация рыхлителя для мелкой обработки почвы, имеющего криволинейную форму и локальные области концентрации напряжений [18]. Поэтому рыхлитель для мелкой обработки почвы выполнен из пластика, толерантного к концентраторам напряжений. Помимо этого элементы из пластика устанавливались на долоте и комкодробителе рабочего органа. Это обусловлено тем, что сопротивление разрушению пласта почвы при глубоком рыхлении в боковых расширениях прорези по отношению к площади их сечения меньше, чем перед лобовой поверхностью долота, поскольку при сжатии требуется создать разрушающие напряжения в несколько раз больше, чем при растяжении [19].

Вывод: рабочие органы с элементами из пластика имеют преимущества по сравнению с металлическими; при этом наиболее соответствующими для условий с/х производства являются фторопласт и полиэтилен, полученные на основе высокомолекулярных соединений.

Литература

1. Неметаллические материалы. Справочник. Т.5. / Под. ред. В.А. Попова, С.И. Сильвестровича, И.Ю. Шельдельмана. – М.: Машиностроение, 1969 – 544 с.

2. Пархоменко, Г.Г. Вибрационные рабочие органы для обработки почвы / Г.Г. Пархоменко // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения: сб. статей 8-й междунар. научно-практ. конф. «Интерагромаш-2015». – Ростов-на-Дону. – 2015. – С. 48-52.

3. Семенихина, Ю.А. Вибродискретная высевающая система для высева семян кормовых трав различной степени сыпучести / Ю.А. Семенихина // Инновации в сельском хозяйстве. – 2014. – №5 (10). – С. 168-172.

4. Пархоменко, С.Г. Измерение силы тяги на крюке трактора в агрегате с навесной сельскохозяйственной машиной / С.Г. Пархоменко, Г.Г. Пархоменко // Тракторы и сельхозмашины. – 2016. – №4. – С. 15-19.

5. Мильцев, А.И. Прилипание и трение почвы по металлам и пластмассам / А.И. Мильцев // Исследование рабочих органов сельскохозяйственных машин: Труды конф. молодых учёных. – М.: ВИСХОМ, 1966. – С. 3-15.

6. Жуков, А.А. Машиностроительные материалы / А.А. Жуков, Л.П. Лужников, С.Я. Дынкина – М.: Машиностроение, 1967 – 192 с.

7. Лосев, И.П. Химия синтетических полимеров / И.П. Лосев, Е.Б. Тростянская – М.: Химия, 1964 – 150 с.

8. Кестельман, Н.Я. Номограммы по расчёту и конструированию пластмассовых деталей машин / Н.Я. Кестельман, В.Н. Кестельман – М.: Машиностроение, 1970 – 231 с.

9. Peters, R. Stress and modulus nomographs for thermoplastics / R. Peters // Material Desing Engineering. – 1964. – 60. – №1. – P. 89-91.

10. Lee, E. Solution of viscoelastic stress analysis problems using measured creep of relaction functions / E. Lee, T. Rogers // Trans. ASME: Jornal of Applied Mechanics. – 1963. – 30. – №1. – P. 127.

11. Джонсон, К. Механика контактного взаимодействия / К. Джонсон – М.: Мир, 1989 – 510 с.

12. Системы автоматического регулирования: практикум по математическому моделированию / Б.А. Карташов, А.Б. Карташов, О.С. Козлов, Г.С. Пархоменко, С.Г. Пархоменко. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2015. – 458 с.

13. Ероков, М.Б. Исследование и обоснование режимов работы сошника зерновой сеялки в условиях повышенной влажности почвы: Автореф. дисс….канд. техн. наук / М.Б. Ероков – Нальчик, 2000 – 19 с.

14. Di Ciolo, S. Aratri vibranti ed oscillenti: realizzazionied esperienze / S. Di Ciolo, G. Giordani // Agr. Ital. – 1977. – №1. – p. 61-70.

15. Борисов, Г.А. Применение современных неметаллических композиционных материалов для автотракторной и сельскохозяйственной техники / Г.А. Борисов, И.Н. Колодяжная // Вестник ФГОУ ВПО РГАТУ. – 2012. – №3 (15). – С. 44-45.

16. Башкаров, А.Я. исследование вопросов технологии восстановления деталей строительных и дорожных машин с помощью полимерных покрытий / А.Я. Башкаров, Ю.Е. Андреев, А.Г. Уманская // Рабочие процессы и динамика машин для разработки, уплотнения грунтов и вибрационного формования изделий: межвуз. сборник научных трудов. – Ярославль. – 1986. – С. 90-94.

17. Пархоменко, Г.Г. Прогнозирование зоны износа эллиптического кольцевого элемента почвообрабатывающего рабочего органа / Г.Г. Пархоменко, И.В. Божко, А.В. Громаков // Труды ГОСНИТИ. – 2015. – Т. 118. – С. 64-68.

18. Божко, И.В. Особенности безотвальной послойной обработки почвы в засушливых условиях / И.В. Божко, Г.Г. Пархоменко // Агротехника и энергообеспечение. – 2014. – №1. – С. 25-30.

19. Щиров, В.Н. Определение взаимосвязи параметров рабочего органа с качественными показателями технологического процесса глубокой обработки почвы / В.Н. Щиров, Г.Г. Пархоменко // Вестник аграрной науки Дона. – 2008. – №1. – С. 45-52

20. Измайлов А.Ю., Сидоров С.А., Лобачевский Я.П., Хорошенков В.К., Кузнецов П.А., Юрков М.А., Голосиенко С.А., Научные принципы повышения износостойкости рабочих органов почвообрабатывающей техники.// Вестник российской сельскохозяйственной науки.2012.№3.С.5-7.

PREREQUISITES FOR THE USE OF INNOVATIVE MATERIALS BASED ON PLASTICS IN THE CONSTRUCTION OF TILLAGE WORKING BODIES

Parkhomenko G.G. - Senior Researcher at the department arable farming mechanization, Ph.D.,
Bozhko I.V. - Junior Researcher department arable farming mechanization, Ph.D.,
Pantyukhov IV, Junior Researcher department arable farming mechanization;
Semenikhina Y.A. - Researcher at the department arable farming mechanization, Ph.D.,
Gromakov A.V. - Researcher at the department arable farming mechanization, Ph.D..
(FSSI «North - Caucasian scientific - research institute of mechanization and electrification of agriculture») Zernograd, T. 8 – 951 – 495 –92 – 41, e-mail: i.v.bozhko@mail.ru

Annotation. *The paper proved sensibility of usage of plastics in the construction of working bodys for soil treatment, whilr fluoroplastic and polyethylene are highlighted as the most relevant for conditions of agricultural production.*

Keywords: *soil, working body, plastic, energy saving.*

References:

1. Non-metallic materials. Directory. V.5. / Under. Ed. V.A. Popov, S.I. Silvestrovicha, I.Y. Sheldelmana. - M .: Mechanical Engineering, 1969 - 544 p.

2. Parkhomenko, G.G. Vibrating working organs for soil / G.G. Parkhomenko // Condition and prospects of development of agricultural machinery: Sat. Articles 8 th Intern. Scient. Conf. «Interagromash-2015.» - Rostov-on-Don. - 2015. - P. 48-52.

3. Semenikhina, Y.A. Vibrodiskretnaya sowing system for seeding of forage grasses of varying degrees of flowability / Y.A. Semenikhina // Innovations in agriculture. - 2014. - №5 (10). - S. 168-172.

4. Parkhomenko, S.G. Measurement of traction hook on the tractor with mounted agricultural machine / S.G. Parkhomenko, G.G. Parkhomenko // Tractors and farm machinery. - 2016. - №4. - S. 15-19.

5. Miltsev, A.I. Disclaimer and soil friction metals and plastics / A.I. Miltsev // Research of working organs of agricultural machinery: Proceedings Conf. young scientists. - M .: VISKhOM, 1966. - P. 3-15.

6. Zhukov, A.A. Engineering Materials / A.A. Zhukov, L.P. Luzhniki, S.J. Dynkin - M .: Mechanical Engineering, 1967 - 192 p.

7. Losev, I.P. Chemical synthetic polymers / I.P. Losev, E.B. Trostyansky - M .: Chemistry, 1964 - 150 p.

8. Kestelman, N.Y. Nomograms for calculation and design of plastic parts of cars / N.Y. Kestelman, V.N. Kestelman - M .: Mechanical Engineering, 1970 - 231 p.

9. Peters, R. Stress and modulus nomographs for thermoplastics / R. Peters // Material Desing Engineering. - 1964. - 60. - №1. - P. 89-91.

10. Lee, E. Solution of viscoelastic stress analysis problems using measured creep of relaction functions / E. Lee, T. Rogers // Trans. ASME: Jornal of Applied Mechanics. - 1963. - 30. - №1. - P. 127.

11. Johnson, K. Contact mechanics / C. Johnson - M .: Mir, 1989 - 510 p.

12. The automatic control system: a workshop on mathematical modeling / B.A. Kartashov, A.B. Kartashov, O.S. Kozlov, G.S. Parkhomenko, S.G. Parkhomenko. - Rostov-on-Don: Phoenix, 2015. - 458 p.

13. Erokov, M.B. Research and study modes of grain drill opener in high humidity of the soil: Author. diss ... .kand. tehn. Science / M.B. Erokov - Nalchik, 2000 – 19 p.

14. Di Ciolo, S. Aratri vibranti ed oscillenti: realizzazionied esperienze / S. Di Ciolo, G. Giordani // Agr. Ital. - 1977. - №1. - R. 61-70.

15. Borisov, G.A. The use of modern non-metallic composite materials for the automotive and agricultural equipment / G.A. Borisov, I.N. Kolodyazhnaya // Herald FSEIHPE Framework. - 2012. - №3 (15). - S. 44-45.

16. Bashkara, A.J. Study on technologies of details of building and road machines using polymer coatings / A.Y. Bashkara, J.E. Andreev, A.G. Umanskaya // Working processes and dynamics of machines for development, soil compaction and vibration molding products: Hi. collection of scientific papers. - Yaroslavl. - 1986. - P. 90-94.

17. Parkhomenko, G.G. Wear zones Prediction elliptical annular element soil-working organ / G.G. Parkhomenko, I.V. Bozhko, A.V. Gromakov // Proceedings GOSNITI. - 2015. - T. 118. - S. 64-68.

18. Bozhko, I.V. Features layered subsurface tillage in dry conditions / I.V. Bozhko, G.G. Parkhomenko // Farming equipment and energy supply. - 2014. - №1. - S. 25-30.

19. Schirov, V.N. Determination of the relationship of the working body of the parameters of process quality indicators of deep processing of the soil / V.N. Schirov, G.G. Parkhomenko // Bulletin of agrarian science Don. - 2008. - №1. - S. 45-52.

УДК 631.512.2

К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЛЕМЕХА ПЛУГА

Петровский Д.И., к.т.н., доцент
(ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, тел. 8-903-281-29-30, E-mail: dm_petrovsky@mail.ru)
Петрищев Н.А., к.т.н., заведующий лабораторией №13.1
(ФГБНУ "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ")
E-mail: gosniti14@mail.ru

Аннотация. *Изложены теоретические предпосылки повышения долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин в частности лемехов плуга. Приведены формулы для расчёта ресурса лемехов плуга. Показано, что упрочнение лемехов позволяет значительно повысить их ресурс.*

Ключевые слова. *Почва, обработка, плуг, лемех, долговечность.*

Важнейшим направлением совершенствования технического уровня почвообрабатывающих машин является повышение ресурса их рабочих органов.

Многие сельскохозяйственные предприятия сегодня предпочитают приобретать импортную технику в связи с тем, что она обладает целым рядом преимуществ перед отечественной [1].

В результате интенсивного абразивного изнашивания изменяются геометрия режущей части и общие размеры рабочих органов, что является причиной нарушения агротехнических требований, снижения качества обработки почвы, повышения энергетических затрат [2, 8]. Вынужденная частая замена деталей рабочих органов снижает производительность труда и повышает затраты на обработку. Например, как показывают расчёты, исходя из существующих ресурсов и цен деталей рабочих органов плуга, на каждые 100 га вспашки требуется денежных затрат только на их замену не менее 5000 р. и не менее 4 чел.-ч. трудозатрат. В масштабах страны эти цифры достигают примерно 6 млрд. руб. и дополнительную потребность около 3 тыс. механизаторов. Использование импортной техники повышает материальные затраты на замену рабочих органов не менее чем в 2 раза по сравнению с отечественными рабочими органами. В связи с этим достаточно остро стоит вопрос о разработке и выпуске в стране высококачественных и высокоресурсных почворежущих рабочих органов, обеспечивающих соблюдение агротехнических требований при обработке, обладающих ресурсом не ниже лучших зарубежных образцов и конкурентоспособных с точки зрения их стоимости.

В общем случае ресурс рабочих органов является функцией следующих основных изменяющихся параметров:

$$T = f\left(И, m, p, \nu, \eta_1, \eta_2 ... \eta_n\right) , \qquad (1)$$

где Т – ресурс, ч., га;

И – износостойкость материала рабочего органа, ч/г, ч/мм;

т – изнашивающая способность почвы, г/ч, мм/ч;

р – давление почвы на рабочую поверхность рабочего органа, МПа;

ν – скорость перемещения рабочего органа относительно почвы, км/ч;

$\eta_1 \ldots \eta_n$ – коэффициенты, характеризующие изменение основных параметров в зависимости от состояния почвы, состава материала рабочих органов и режимов его термообработки, конструктивных параметров рабочих органов и др. Управлять ресурсом рабочих органов будет возможно, если будут установлены общие закономерности обеспечения работоспособности и характера изнашивания их в почве.

Относительная износостойкость материалов и изнашивающая способность абразива (почвы) не есть величины постоянные. Они изменяются в зависимости от давления абразива на рабочий орган.

Отсутствие достаточно простой методики определения интенсивности изнашивания и ресурса рабочих органов сдерживает разработку и обоснование применения новых материалов и технологий при упрочнении рабочих органов с целью повышения их ресурса. Именно эти обстоятельства привели к тому, что в настоящее время, в частности, на отечественных плугах используются лемеха, конструкционные и материаловедческие параметры которых были разработаны более 40 лет назад, хотя режимы их использования в значительной мере изменились. Возросли скорости обработки, увеличилась масса машин, а, следовательно, и уплотняемость почв в период обработки, особенно при уборке урожая. Все это увеличивает нагрузки на рабочие органы, повышение давления при работе и, соответственно, повышение скорости изнашивания.

Характерной особенностью почворежущих рабочих органов является то обстоятельство, что они имеют сравнительно большую площадь контакта с обрабатываемой почвой, при этом нагрузки на отдельные участки рабочей поверхности в значительной мере отличаются одна от другой. У лемеха плуга, например, наибольшее давление на носке. На лезвии оно значительно меньше. В связи с этим и интенсивность изнашивания различных участков не одинакова. Следствием этого является выбраковка рабочих органов по износу одного, сравнительно не большого участка, в то время как остальные участки обладают большим остаточным ресурсом.

Именно на примере лемеха рассмотрим методику прогнозирования ресурса в зависимости от видов почв, на которых он используется, материалов, из которых он изготавливается и которые используются для его упрочнения, а также изменения некоторых конструкционных параметров.

В результате исследований изнашиваемости различных материалов на установке ИМ-01 конструкции ВИСХОМа, исследований интенсивности изнашивания рабочих органов в полевых условиях, а также используя материалы исследований других авторов [3, 4], разработано математическое выражение абразивного износа рабочих органов в зависимости от ряда параметров. Величина износа в общем случае определяется по формуле:

$$И = к_{эт} \cdot \frac{m \eta_1 p \nu_n t}{\varepsilon_{эт} \eta_2 \chi}, \qquad (2)$$

Долговечность рабочего органа можно определить по формуле:

$$T = \frac{Ипр\varepsilon_{эт}\eta_2\chi}{к_{эт}m\eta_1 p v_n}, \quad (3)$$

где И – износ на наиболее изнашиваемом участке рабочего органа, см;

$И_{пр}$ – предельный износ рабочего органа на наиболее изнашиваемом участке, см;

Т – долговечность рабочего органа, ч;

$к_{эт}$ – коэффициент пропорциональности изнашивания эталонного образца при эталонных условиях, кэт = 0,016 см/МПа км;

m – относительная изнашивающая способность почвы по механическому составу при эталонном давлении абразива;

η_1 – коэффициент, учитывающий изменение относительной изнашивающей способности почвы в зависимости от давления;

р – давление почвы (абразива) на наиболее изнашиваемом участке рабочего органа, МПа;

$_{vп}$ – поступательная скорость движения рабочего органа, км/ч;

t – время работы рабочего органа, ч;

$\varepsilon_{эт}$ – относительная износостойкость материала при эталонных условиях испытаний;

η_2 – коэффициент, учитывающий изменение относительной износостойкости материала в зависимости от давления;

χ – отношение относительной скорости перемещения пласта почвы по поверхности рабочего органа к поступательной скорости рабочего органа.

В качестве эталонного материала принята сталь 45 твердостью HRB 90 (HB 180). За эталонные условия изнашивания приняты: давление рэт = 0,1 МПа; абразив – частицы кварца размером 0,16…0,32 мкм, относительная изнашивающая способность абразива m = 1, vп = 1 км/ч.

Аналитическое выражение зависимости относительной износостойкости сталей, из которых, как правило, изготавливаются рабочие органы почвообрабатывающих машин, от их химического состава и твердости, представляется эмпирическим уравнением [3]:

$$\varepsilon = 0{,}24X_1 + 0{,}07X_2 + 0{,}11X_3 - 3{,}54 \quad (4)$$

где ε – относительная износостойкость стали (эталон сталь 45 твердостью HRB 90, абразив – кварц 0,16…0,32 мкм, давление абразива – 0,33 МПа);

X_1 – содержание углерода, %;

X_2 – содержание хрома, %;

X_3 – твердость, в единицах HRC.

Постоянными легирующими элементами в сталях являются марганец и кремний, однако, положительно влияя на некоторые характеристики сталей, на их износостойкость эти элементы практически не влияют.

Содержание в сталях таких элементов, как вольфрам, молибден, ванадий положительно влияют на износостойкость в случаях, когда твердость сталей превышает HRC 60. При меньшей твердости их влияние на износостойкость не велико [5, 6].

Учитывая, что нагрузка и интенсивность изнашивания носовой части лемеха в значительной мере отличается от нагрузки и интенсивности изнашивания лезвийной части, расчет долговечности лемеха определяется по двум критериям – износу носовой части и износу лезвийной части.

Допустимый износ носовой части определяется разностью первоначальной высоты носка Н и допустимой высоты Ндоп. носка. Допустимый износ лезвийной части определяется также разностью первоначальной ширины лезвийной части h и допустимой ее ширины hдоп. или допустимой толщиной лезвия «а» (рис. 1).

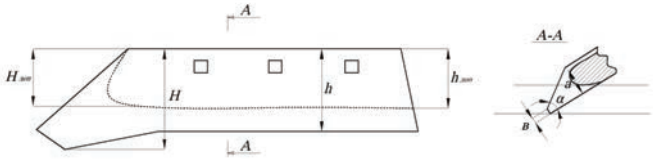


Рисунок. 1. Выбраковочные параметры лемеха

Долговечность лемеха по износу носовой части определяется по формуле [6]:

$$W_H = \frac{\varepsilon_{эт} \cdot \eta_2 \cdot \chi \cdot A(H - H_{доп})}{\kappa_{эт} \cdot m \cdot \eta_1 \cdot p \cdot v_n}, \quad (5)$$

где $W_н$ – долговечность носовой части, га;

А – производительность плужного корпуса, га/ч;

$H\text{-}H_{доп}$ – допустимый износ по высоте носка, см.

Долговечность лемеха по износу лезвийной части определяется соответственно по формуле:

$$W_Л = \frac{\varepsilon_{эт} \cdot \eta_2 \cdot \chi \cdot A(h - h_{доп})}{\kappa_{эт} \cdot m \cdot \eta_1 \cdot p \cdot v_n}, \quad (6)$$

где $h\text{-}h_{доп}$ – допустимый износ по ширине лезвийной части, см.

В большинстве случаев лемеха выбраковываются не по износу лезвийной части по ширине, а по предельной толщине лезвия.

Долговечность лемеха по предельной толщине лезвия лезвийной части определяется по формуле:

$$W_Л = \frac{(a - в) \cdot \varepsilon_{эт} \cdot \eta_2 \cdot \chi \cdot A}{\kappa_{эт} \cdot m \cdot \eta_1 \cdot p \cdot v_n \cdot tg\alpha}, \quad (7)$$

где а – предельная толщина лезвия лемеха для данных условий вспашки, см;

в – начальная толщина лезвия нового лемеха, см;

α – угол заточки лемеха.

Как видно из выражений 5, 6 и 7 долговечность лемеха прямо пропорциональна относительной износостойкости материала и обратно пропорциональна изнашивающей способности почвы, давлению абразива, скорости плуга и углу заточки лезвия. Чем больше угол заточки, тем быстрее лезвие достигнет предельной толщины и будет выбраковано по причине его плохого заглубления.

Таким образом, упрочнив носовую часть опытного лемеха, его ресурс по сравнению с серийным неизношенным лемехом может быть повышен не менее, чем в 4…5 раз.

Решить вопрос повышения долговечности лемеха возможно: за счёт упрочнения носка, лезвия, или одновременного упрочнения того и другого, исходя из обеспечения равностойкости носка и лезвия.

Литература

1. *Манохина А.А. Использование нетрадиционных сельскохозяйственных культур для повышения продовольственной безопасности [текст]: / А.А. Манохина, О.А. Старовойтова. // В сборнике: Инновационные технологии и технические средства для АПК Материалы Международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов. Воронеж, 2015. С. 233-237.*
2. *Ерохин, М.Н., Новиков, В.С., Петровский, Д.И. Прогнозирование ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин // Сельский механизатор. 2015. №11. С. 6-9.*
3. *Сидоров С.А. Методика расчёта на износостойкость моно- и биметаллических почворежущих рабочих органов. // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2003, №12.*
4. *Бахтин П.У. Твёрдость почвы и износ. «Тракторы и сельхозмашины». 1973, №2.*
5. *Винокуров В.Н. Исследование влияния длины носка лемеха и угла наклона затылочной фаски лезвия на глубину пахоты и тяговое сопротивление [Текст] / В.Н. Винокуров // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1973. - №7. - С. 20-22.*
6. *Новиков В.С. Упрочнение рабочих органов почвообрабатывающих машин. Монография. М.: МГАУ, 2013. 48 с.*
7. *Новиков, В.С. Сравнительные исследования на долговечность серийных и опытных лемехов плуга [текст]: / В.С. Новиков, Н.А. Поздняков, Д.А. Сабуркин // Международный научный журнал. – 2008. – №1. – с. 14 – 18.*
8. *Практикум по ремонту машин / Е.А. Пучин, В.С. Новиков, Н.А. Очковский и др.; Под ред. Е.А. Пучина. – М.: КолосС, 2009. – 327 с.*

ON THE QUESTION OF DURABILITY PLOUGHSHARES

Petrovsky D. I., candidate of technical Sciences, associate professor (Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev) E-mail: dm_petrovsky@rambler.ru

Petrishchev NA, Ph.D., Head of the Laboratory №13.1 (Federal State Scientific Institution «Federal Research Centre Agroengineering VIM») E-mail: gosniti14@mail.ru

***Abstract**. Describes the theoretical background for improving the durability of the working bodies of tillage machines in particular ploughshares. The formulas for calculating resource ploughshares. It is shown that the hardening plowshares allows to increase their resource.*

***Keywords**: Soil, processing, plough, ploughshare, durability.*

References:

1. Manokhina A.A. Ispol'zovaniye netraditsionnykh sel'skokhozyaystvennykh kul'tur dlya povysheniya prodovol'stvennoy bezopasnosti [tekst]: / A.A. Manokhina, O.A. Starovoytova. // V sbornike: Innovatsionnyye tekhnologii i tekhnicheskiye sredstva dlya APK Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchonykh i spetsialistov. Voronezh, 2015. S. 233-237.

2. Yerokhin M.N., Novikov, V.S., Petrovskiy, D.I. Prognozirovaniye resursa rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh mashin // Sel'skiy mekhanizator. 2015. №11. S. 6-9.

3. Sidorov S.A. Metodika raschota na iznosostoykost' mono- i bimetallicheskikh pochvorezhushchikh rabochikh organov. // Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny. - 2003, №12.

4. Bakhtin P.U. Tvordost' pochvy i iznos. «Traktory i sel'khozmashiny». 1973, №2.

5. Vinokurov V.N. Issledovaniye vliyaniya dliny noska lemekha i ugla naklona zatylochnoy faski lezviya na glubinu pakhoty i tyagovoye soprotivleniye [Tekst] / V.N. Vinokurov // Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny. - 1973. - №7. - S. 20-22.

6. Novikov V.S. Uprochneniye rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh mashin. Monografiya. M .: MGAU, 2013. 48 s.

7. Novikov V.S. Sravnitel'nyye issledovaniya na dolgovechnost' seriynykh i opytnykh lemekhov pluga [tekst]: / V.S. Novikov, N.A. Pozdnyakov, D.A. Saburkin // Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal. - 2008. - №1. - S. 14 - 18.

8. Praktikum po remontu mashin / Ye.A. Puchin, V.S. Novikov, N.A. Ochkovskiy i dr .; Pod red. Ye.A. Puchina. - M .: KolosS, 2009. - 327 s.

УДК 621.9.048

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЛЕГИРОВАННОГО СЛОЯ ПРИ ЭИЛ КАРБИДАМИ ВОЛЬФРАМСОДЕРЖАЩИХ ТВЁРДЫХ СПЛАВОВ

Верхотуров А. Д., д.т.н., проф., ИВЭП ДВО РАН
e-mail: verhoturov36@mail.ru, тел. +7(4212) 31-36-73
Иванов В. И. , к.т.н., ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
e-mail: tehnoinvest-vip@mail.ru, тел. +7(499) 174-83-42
Л. А. Коневцов, к.т.н., ИМ ХНЦ ДВО РАН
e-mail: konevts@yandex.ru, тел. +7(4212) 22-65-98

Аннотация. *Показана оценка электроискрового легирования вольфрамсодержащих твёрдых сплавов (ВТС) простыми и сложными карбидами с использованием показателей эффективности формирования легированного слоя и критериев свойств материала подложки после легирования. Получены показатели эффективности и критериев свойств карбидных материалов. Предложен показатель эрозионной хрупкости карбидов. Показана жаростойкость электроискровых покрытий на ВТС.*

Ключевые слова: *электроискровое легирование, вольфрамсодержащие твёрдые сплавы, карбиды, легированный слой, эффективность, жаростойкость.*

Введение. Метод электроискрового легирования металлических поверхно-стей (ЭИЛ), предложенный выдающимися российскими учёными Б.Р. и Н.И. Лазаренко в 1943 г. [1-3], открыл новые возможности решения проблемы повышения надёжности, ряда ответственных деталей машин, инструментов и оборудования. Достоинства метода ЭИЛ состоят в возможности переноса на обрабатываемую поверхность изделия из любого токопроводящего материала элементов материала электрода и формирования измененного поверхностного слоя нового качества с целью обеспечения высокой твёрдости, жаростойкости, износостойкости и других свойств исполнительной поверхности этого изделия. При этом технологический процесс ЭИЛ отличается простотой и низкой энергоёмкостью.

Для ЭИЛ созданы установки с различными технологическими характеристиками и электрическими режимами обработки - “чистовыми” и “грубыми”, - с ручным, механизированным и автоматизированным управлением процесса обработки [4-6]. В силу неаддитивности процесса ЭИЛ и многообразия внешних факторов воздействия, выбор оптимальных режимов обработки представляет значительные трудности. В связи с этим нами предложен новый подход к оценке процесса формообразования легированного слоя (ЛС) и его свойств – использование показателей и критериев эффективности ЭИЛ [7-13]. Для определения эффективности применения ЭИЛ необходимы, в первую очередь, оценки эрозии материала анода, прироста массы катода при формирования ЛС, а также физических и эксплуатационных свойств материала катода, основы (подложки) после ЭИЛ. Следует отметить, что ранее проведённые классические методы определения эрозии, выполненные русскими учёными Б.Н. Золотых, Г.В. Самсоновым, К.К.

Намитоковым [14-19], были посвящены эрозии электродов при искровой обработке материалов, данные этих исследований могут быть обобщены и использованы для получения зависимостей формирования ЛС и его свойств при ЭИЛ.

С целью упрочнения вольфрамсодержащих твёрдых сплавов (ВТС), повышения работоспособности представляет интерес ЭИЛ их тугоплавкими электродными материалами – карбидами IV-VI групп с твёрдостью, превосходящей твёрдость WC [10, 11, 20, 21]. В данной работе ставилось задачей сопоставление результатов исследований массопереноса и полученных свойств основы при формировании ЛС методом ЭИЛ на ВТС с использованием в качестве анодного материала карбидов, а также сравнение показателей эффективности формирования легированного слоя и критериев свойств материала подложки после легирования.

Методика, материалы и оборудование

При формировании ЛС были использованы карбиды модельных d- элементов IV-VI групп Таблицы Менделеева: TiC, Cr_3C_2, ZrC, NiC, Mo_2C, TaC, WC. В качестве материала подложки (катода) выбран имеющий широкое применение при резании металлов промышленный вольфрамсодержащий твёрдый сплав (ВТС) ВК8 ($WC^{(92)}$-$Co^{(8)}$) и для сравнения сплавы ВК6 ($WC^{(94)}$-$Co^{(6)}$) и Т15К6 ($TiC^{(15)}$-$WC^{(79)}$-$Co^{(6)}$). С целью достижения большей эффективности ЭИЛ и на основании полученных количественных данных при обработке модельными материалами, предложенных ранее критериев ЭИЛ [7-13], была сформулирована гипотеза выбора в качестве анодных материалов вначале «эффективных» по массопереносу карбидов модельных d-элементов, затем материалов на основе их соединений. С учётом работ [6, 8, 10, 11, 21-23], предполагалось получить больший эффект за счёт синтеза в ЛС твёрдых и износостойких соединений. Для этого в качестве анодных материалов использовали сложные карбиды, включающие соединения выявленных «эффективных» модельных карбидов. В качестве сложных карбидов исполь-зовали известные промышленные безвольфрамовые твердые сплавы (БВТС), в частности ВОК60 ($TiC^{(40)}$-$Al_2O_3^{(60)}$) и ТН20 ($TiC^{(79)}$-$Ni^{(15)}$-$Mo^{(6)}$).

При исследовании массопереноса материала электродов анод/катод в про-цессе ЭИЛ/ВТС использовали установку ИМЭИ0101А, режимы которой подбирались с условием обеспечения лучшей сплошности покрытия опытным путём. Использовались режимы: средняя величина рабочего тока $I_{ср.}$=1,6 А; напряжение на конденсаторах $U_{ср.}$=35 В; длительность импульсов $t_{имп}$=2·10-5 сек; частота импульсов f=400 Гц; расчётная величина энергии импульсов $E_{расч.}$= 26,88 Дж/мин.

Оценка эффективности определялась с использованием следующих предложенных нами ранее в работах [5-13] показателей и критериев (табл. 1).

Программой экспериментальных работ предусматривалось определение значений показателей эффективности формирования ЛС и функциональных критериев эффективности ЭИЛ/ВТС. При этом на первом этапе выполнялись исследования формирования ЛС на ВТС модельными карбидами, затем на втором этапе - сложными карбидами. Методологическая схема исследований приведена на рис.

Таблица 1

Используемые показатели и критерии оценки эффективности ЭИЛ [5-13]

Показатели эффективности формирования ЛС	
$\Sigma\Delta_а$	Суммарное изменение массы анода (эрозия), [г/см^2]
$\Sigma\Delta_к$	Суммарное изменение массы катода (электромассоперенос), [г/см^2]
$К_п$	Коэффициент переноса (отношение $\Sigma\Delta_к$ / $\Sigma\Delta_а$)
$Т_х$	Удельное Время начала хрупкого разрушения ЛС, [мин/см^2]
$Т_{(Кп\ max)}$	Время достижения наибольшего $К_п$, [мин/см^2]
$k_х$	Коэффициент эрозионной хрупкости материала
$\gamma_{ЛС}=\Sigma\Delta_к \cdot К_п \cdot Т_х$	Кинетический критерий эффективности формирования ЛС, [г·мин/см^4]
Функциональные критерии эффективности ЭИЛ/ВТС с учетом свойств ЛС	
$\gamma_{фс\ (жар.)}$	Жаростойкость
$\gamma_{фс\ (hзг)}$	Стойкость задней грани режущего инструмента (РИ) от пути резания
$\gamma_{фс\ (\omega Р)}$	Размерная стойкость РИ от пути резания
$\gamma_{фс\ (\omega П)}$	Относительный поворот образующей вала к оси (конусность) при обработке детали от пути резания
$\gamma_{фс\ (\omega Ф)}$	Отклонение формы при обработке детали от пути резания

Рис. 1 Методологическая схема исследования ЭИЛ/ВТС карбидами

Результаты и обсуждение

Как известно, для оценки эффективности процесса ЭИЛ используют значения суммарного прироста массы катода $\Sigma\Delta_к$ (подложки) и суммарной эрозии (убыли) анода $\Sigma\Delta_а$. На рис. 2 показаны кинетические зависимости при ЭИЛ суммарной эрозии анода - карбиды переходных d-металлов IV-VI групп - и суммарного прироста массы катода - твердого сплава ВК8 (основа).

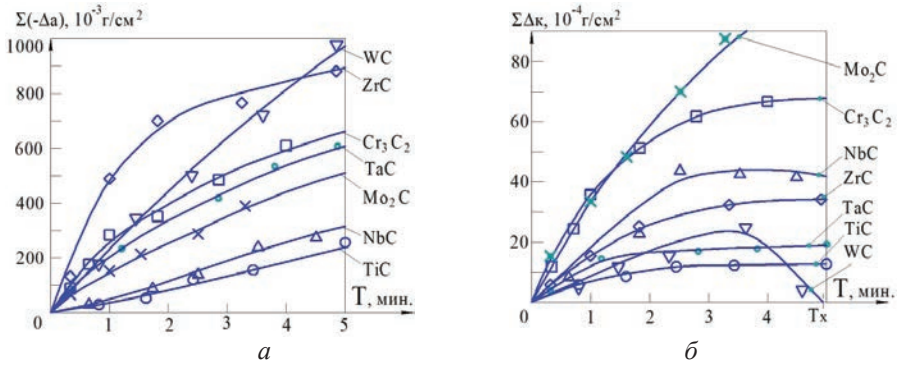


Рис. 2. Изменение эрозии анода (а) и прироста массы катода (б) в зависимости от времени ЭИЛ твердого сплава ВК8 карбидами

Видно, что с увеличением времени ЭИЛ (Т, мин) значения эрозии карбидов $\Sigma\Delta_a$, приведённые к площади 1 см2, возрастают (рис. 2а). Наибольшей эрозией, особенно в начальный период (1,5-2 мин), отличаются карбиды ZrC, WC, Cr3C2. Скорость эрозии для ZrC после 2-3 минут заметно замедляется, для других карбидов замедление скорости незначительно, при этом эрозия электродов из карбидов TiC, NbC в 2,5-5 раз меньше, чем карбидов ZrC, WC. Т.е. по данному показателю эрозионная стойкость у TiC, NbC при ЭИЛ/ВТС выше других карбидов.

Наибольший суммарный электромассоперенос материала с анода на катод $\Sigma\Delta_к$ при формировании ЛС карбидами наблюдается у Mo2C и Cr3C2 (рис. 2б). Как видно, кривые массопереноса карбидов по характеру проявления закономерности относятся к подклассу «кривых Лазаренко» [8-13]. Период хрупкого разрушения (Тх) за 5-7 минут достигается только у WC. По данному показателю этот карбид является менее «эффективным» материалом анода, кривая пересекает ось абсцисс уже на 5 минуте, тогда как кривые у остальных карбидов за указанное время не достигают Тх. Как показали исследования, наибольший коэффициент электромассопереноса Кп в начальный период (Т=2-3 мин) ЭИЛ/ВТС обеспечивается модельными карбидами TiC, Mo_2C, Cr_3C_2, что выше значений этого параметра для других карбидов в 3-5 раз. При этом коэффициент Кп для всех карбидов незначительно снижается с увеличением времени ЭИЛ до 5 минут (рис. 3), за исключением TiC, при ЭИЛ которым наблюдается резкое (в 5 раз) снижение Кп за время до 5 минут.

Таким образом, наименьший суммарный массоперенос $\Sigma\Delta_к$ (рис. 2) наблюдается у карбидов TaC, TiC, WC. При ЭИЛ/ВК8 за время Т=5 мин получен на основе значений суммарного прироста массы следующий ряд карбидов, отражающий эффективность формирования ЛС по параметру ΣΔк:

$Mo_2C \rightarrow Cr_3C_2 \rightarrow NbC \rightarrow ZrC \rightarrow TaC \rightarrow TiC \rightarrow WC.$ (1)

Этот ряд не совпадает с рядом карбидов по эрозионной стойкости $\Sigma\Delta_a$:

$TiC \rightarrow NbC \rightarrow Mo_2C \rightarrow TaC \rightarrow Cr_3C_2 \rightarrow ZrC \rightarrow WC,$ (2)

а также с рядом этих материалов по электромассопереносу Кп:

$Mo_2C \rightarrow Cr_3C_2 \rightarrow TiC \rightarrow ZrC \rightarrow TaC \rightarrow NbC \rightarrow WC.$ (3)

Таким образом, по параметрам $\Sigma\Delta_к$, $\Sigma\Delta_a$, $К_п$ к наиболее эффективным карбидам для ЭИЛ/ВТС можно отнести Mo_2C, TiC, Cr_3C_2, к менее эффективным - WC.

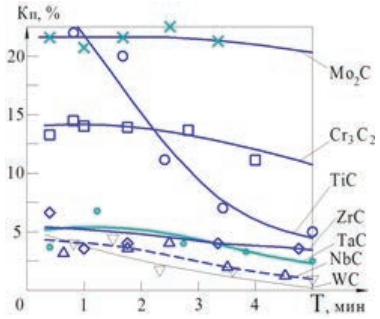


Рис. 3. Изменение при ЭИЛ/ВК8 коэффициента переноса в зависимости от времени легирования удельной поверхности 1 см²

Гранулометрические исследования показали, что за удельное время ЭИЛ/ВТС карбидами до 5 мин/см² и при достижении наибольшей величины прироста массы катода $\Sigma\Delta_к$ продукты эрозии содержат меньшую долю жидкой (сферической) и оплавленной фаз (21-43 %) по сравнению с долей хрупкой (осколочной) фазы. Для оценки эрозионной хрупкости материалов при ЭИЛ нами предложен критерий хрупкости материала kx [10, 11]. При этом в соответствии с методиками (ГОСТ 23402-78 «Микроскопический метод определения размеров частиц») определялось количество частиц продуктов эрозии, образовавшихся из жидкой (nж) и твёрдой (хрупкой, nx) фаз, и определялся коэффициент эрозийной хрупкости:

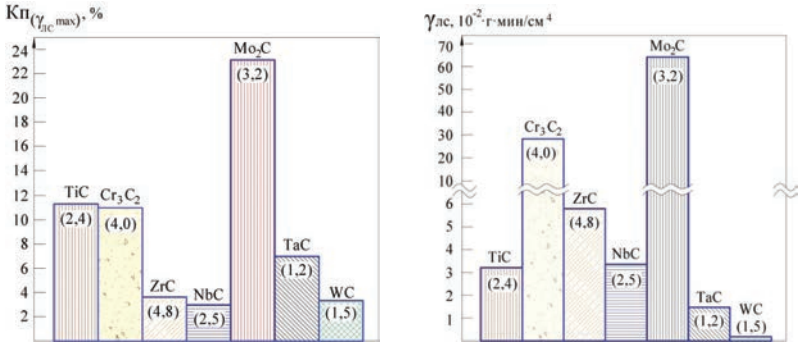
$$k_x = n_x / n_ж, \qquad (4)$$

где: n_x, nж – число частиц хрупкой и жидкой фаз, соответственно.

Наибольшая эрозионная хрупкость карбидов k_x при ЭИЛ/ВТС наблюдалась для TiC (k_x=3,76), в 1,5 раза меньшая – для TaC (kx=2,5), а для NbC и ZrC она почти вдвое меньше, чем для TiC (k_x=1,89). Получен следующий ряд снижения эрозионной хрупкости карбидов (k_x), который показывает, что TiC отличается большей эрозионная хрупкостью:

$$TiC \rightarrow TaC \rightarrow WC \rightarrow Mo_2C \rightarrow Cr_3C_2 \rightarrow ZrC \rightarrow NbC. \qquad (5)$$

Выявлено, что максимальные значения коэффициента массопереноса карбидов, влияющего в прямой зависимости на эффективность формирования ЛС по кинетическому критерию $\gamma_{ЛС}$, отличаются удельной длительностью процесса ЭИЛ (рис. 4а).



а *б*

Рис. 4. Максимальные значения коэффициента массопереноса Кп (а) и значения кинетического критерия эффективности формирования ЛС $\gamma_{ЛС}$ (б) при ЭИЛ/ВК8 карбидами. Удельное время ЭИЛ (мин/см²) указано в скобках.

Например, для TiC $К_{п(max)}$=11,3 % за $ТК_{п(max)}$=2,4 мин/см^2; для Cr_3C_2 – 10,9 % за 4 мин/см2; ZrC – 3,6 % за 4,8 мин/см2 и т.д. За это же время достигаются наибольшие значения эффективности по параметру $\gamma_{ЛС}=\Sigma\Delta_к \cdot К_{п(max)} \cdot$ Т(Кп max) при значениях удельного времени Т(Кп max), соответственно: для TiC – 3,5·10-2 г·мин/см^4; для Cr_3C_2 – 28,9; для ZrC – 5,8 и т.д. Анодные материалы по коэффициенту $К_{п(max)}$ можно расположить в следующий ряд:

$Mo_2C \rightarrow TiC \rightarrow Cr_3C_2 \rightarrow TaC \rightarrow ZrC \rightarrow WC \rightarrow NbC.$ (6)

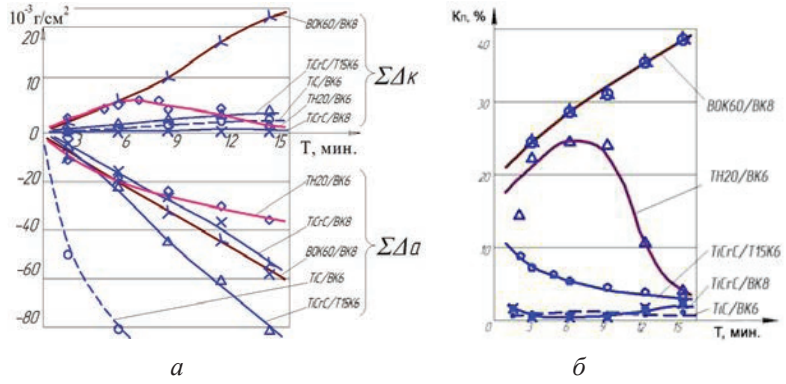
Ряд карбидов по показателю $К_{п(max)}$ не совпадает ни с рядом эрозионной стойкости или хрупкости карбидов, ни с рядом суммарного удельного роста массы. Видно, что по этому показателю при ЭИЛ/ВТС карбидами к «эффективным» анодным материалам можно отнести Mo_2C, TiC, Cr_3C_2, а к «неэффективным» - ZrC, WC, NbC. В то же время по кинетическому критерию формирования ЛС $\gamma_{ЛС}$ при ЭИЛ/ВК8 карбидами получен следующий ряд анодных материалов (рис. 4б):

$Mo_2C \rightarrow Cr_3C_2 \rightarrow ZrC \rightarrow NbC \rightarrow TiC \rightarrow TaC \rightarrow WC.$ (7)

Таким образом, при ЭИЛ/ВТС модельными карбидами для формирования ЛС, с учётом выявленных величин показателей и критериев, к наиболее эффек-тивным можно отнести Mo_2C, меньшей эффективностью обладают карбиды Cr_3C_2, TiC, которые также могут представлять практический интерес. Другие карбиды по данным параметрам можно назвать «неэффективными». В связи с этим для формирования ЛС на ВТС был рассмотрен вариант ЭИЛ сложными карбидами, в состав которых входят, в первую очередь, составляющие из эффективных карбидов: Mo_2C и TiC со связкой Ni или Al_2O_3, показавшей эффективность в наших исследованиях при ЭИЛ/ВТС боридами [10, 11].

ЭИЛ/ВТС сложными карбидами. Для продолжения исследований среди карбидных материалов были выбраны зарекомендовавшие себя на практике БВТС, в частности ВОК60 ($TiC^{(40)}$-$Al_2O_3^{(60)}$) и ТН20 ($TiC^{(79)}$-$Ni^{(15)}$-$Mo^{(6)}$).

На рис. 5 представлена кинетика процесса формирования ЛС при ЭИЛ сложными карбидами $TiC^{(40)}$-$Al_2O_3^{(60)}$ и $TiC^{(79)}$-$Ni^{(15)}$-$Mo^{(6)}$ в сравнении с карбидами TiC, TiCrC. Показаны графики изменения суммарной массы анода, катода (рис. 5а) и коэффициента массопереноса $К_п$ (рис. 5б) в зависимости от времени ЭИЛ.



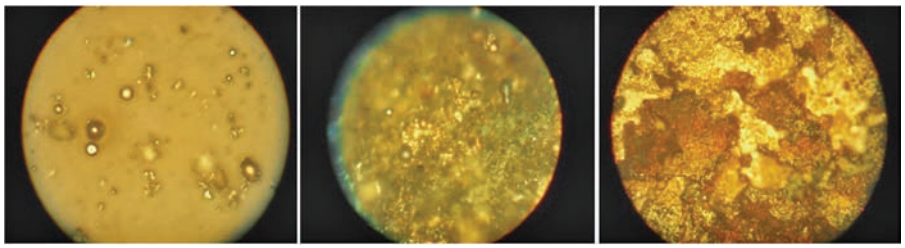
а *б*

Рис. 5. Изменение массы анода и катода (а) и коэффициента массопереноса (б) в зависимости от времени ЭИЛ материалами ВОК60 и ТН20 в сравнении с карбидами TiC и TiCrC

Как видно, в сравнении с другими карбидами наибольший прирост массы катода наблюдается при ЭИЛ электродными материалами ВОК60 ($TiC^{(40)}$-$Al_2O_3^{(60)}$) и ТН20 ($TiC^{(79)}$-$Ni^{(15)}$-$Mo^{(6)}$) (рис. 5а). У этих же материалов наибольший коэффициент массопереноса $К_п$ (рис. 5б), который в отличие от других карбидов с увеличением времени легирования Т возрастает в течение 5-6 мин, а для $TiC^{(40)}$-$Al_2O_3^{(60)}$ он достигает наибольших значений (до 40 %) и не снижается даже при длительном ЭИЛ (Т>15 мин).

Некоторые свойства при ЭИЛ/ВТС сложными карбидами

Эрозионная хрупкость. При ЭИЛ ВТС сложными карбидами были выполнены гранулометрические исследования продуктов эрозии (рис. 6а), позволившие определить показатель эрозионной хрупкости (k_x) анодных материалов.



а *б* *в*

Рис. 6. ЭИЛ твердого сплава ВК8 электродом TiCrC: продукты эрозии (а); вторичная структура анода (б, х630); покрытие на катоде (в, х630)

Выявлено, что при ЭИЛ/ВТС как простыми (модельными), так и сложными карбидами, продукты эрозии содержат меньшую долю жидкой фазы по сравнению с долей хрупкой фазы. Определено, что поверхность продуктов эрозии жидкой фазы и оплавленных частиц состоит также из оксидов карбидообразующего материала анода. По показателю эрозионной хрупкости (k_x) для твёрдосплавного материала $TiC^{(79)}$-$Ni^{(15)}$-$Mo^{(6)}$ (ТН20) коэффициент хрупкости k_x=2,33, который выше коэффициента хрупкости материала $TiC^{(40)}$-$Al_2O_3^{(60)}$ (ВОК60) - k_x=2,04 – на 14 %. Во всех случаях при ЭИЛ/ВТС карбидами на аноде образуется «вторичная структура» (рис. 6б), в состав которой входят осаждающиеся на поверхности продукты эрозии. При ЭИЛ/ВТС сложными карбидами на воздухе наблюдается неоднородность структуры ЛС, которая хорошо видна уже при увеличении х630, например, для ВК8/TiCrC (рис. 6в).

Жаростойкость. Ранее нами было установлено, что на работоспособность ВТС в значительной мере влияет химический износ, резко возрастающий при повышении температуры резания до диапазона рабочих температур ВТС [10, 11]. В соответствии с этим были выполнены исследования изменения массы образцов с покрытиями ЭИЛ и без них при нагревании в дериватографе Q-1000 на воздухе со скоростью 20 ^{0}С/мин в диапазоне температур от 25 0С до 1000 ^{0}С и охлаждении на воздухе в течение 1 часа. Для сравнительных исследований в качестве образцов были использованы пластины из твердого сплава ВК8. Исследованиям подлежали образцы с покрытиями Ti, Cr, C, Cr_3C_2, TiCrC.

На рис. 7 показан внешний вид образца из твердого сплава ВК8 в исходном состоянии, после ЭИЛ и после высокотемпературного окисления это-

го образца с покрытием. Видно появление окисного слоя на поверхности образца, особенно на его гранях.

Установлено, что до температуры 700-780 ^{0}С окисление исследуемых материалов незначительно (рис. 8). Показатель жаростойкости (q, г/м^2) наибольший у образцов из карбида титана (5,1 г/м^2), а также у образцов ВК8, покрытых титаном - ВК8/Ti - (11,0 г/м^2) и хромом - ВК8/Cr - (11,2 г/м^2). Высокую жаростойкость показал также титан (18,7 г/м2). С повышением температуры от 780 до 1000 ^{0}С для большинства образцов наблюдалось заметное окисление с наибольшим значением q=330,9 г/м^2 у твёрдого сплава ВК8 без покрытия.

а *б* *в*

Рис. 7. Внешний вид образцов из сплава ВК8: в исходном состоянии (а); с покрытием TiCrC (б); с покрытием TiCrC после высокотемпературного окисления и охлаждения на воздухе (в)

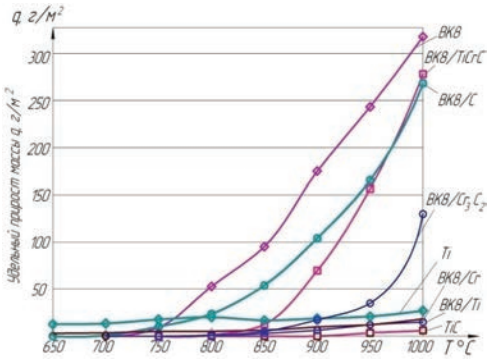


Рис. 8. Удельный прирост массы образцов при нагревании

У образцов с ЭИЛ-покрытиями во всех случаях возрастала жаростойкость (функциональный критерий по свойствам γфс.жар) по сравнению с образцами без покрытия: в 1,2 раза для TiCrC и C; в 2,6 раза – для Cr_3C_2, в 3,1 – для ТН20, в 3,8 – для ВОК60, а для образцов с покрытиями Cr и Ti жаростойкость оказалась выше в 18 раз, выше, чем у Ti, она уступает лишь жаростойкости образцу из TiC.

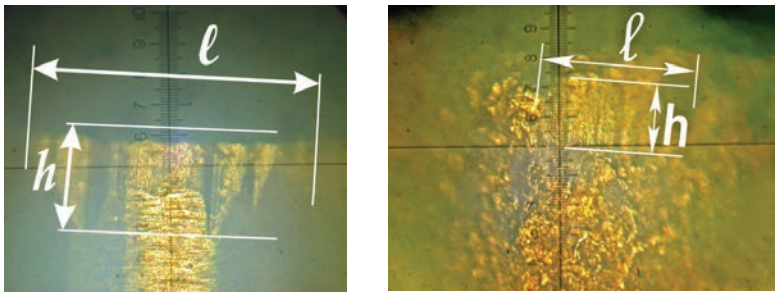
Таким образом, применение ЭИЛ-покрытий карбидами на ВТС повышает их жаростойкость. Говоря о широко используемых в производстве металлорежущих инструментов из ВТС, отметим, что повышению жаростойкости способствует снижение химических процессов на рабочих поверхностях инструментального материала при резании, которые проявляются в образовании на них хрупких соединений шпинели WO_3 и $CoWO_4$, разрушаемых

и легко уносящихся сходящей стружкой обрабатываемого материала при резании. В итоге применение ЭИЛ-покрытий карбидами повышает ресурс режущего инструмента из ВТС.

Работоспособность инструмента при ЭИЛ/ВТС сложными карбидами.

Выполнены сравнительные испытания работоспособности режущего инструмента (РИ) с ЭИЛ-покрытием (п) и без покрытия с определением износа задней ($h_{зг}$) и передней (l) граней вдоль режущей кромки (рис. 9). Для нанесения покрытия на твердый сплав ВК8 использовался БВТС ВОК60 ($TiC^{(40)}$-$Al_2O_3^{(60)}$), отличающийся наибольшим электромассопереносом.

Испытания проводились при точении вала из стали 45 5-гранными пластинами ВК8 на режимах чистовой обработки: n=1000 об/мин; s=0,07 мм/об; t=0,25 мм.



а *б*

Рис. 9. Износ при вершине резца ВК8 по задней h и передней l граням вдоль режущей кромки при пути резания L=35 км: а - резец без покрытия; б - резец с покрытием $TiC^{(40)}$-$Al_2O_3^{(60)}$

Наблюдения в процессе испытаний показали следующее. В начальный период обработки и до пути резания L=10-12 км РИ из ВТС без покрытия отличается несколько меньшим износом задней грани hзг (на 8-16 %) по сравнению с РИ с покрытием анодным материалом $TiC^{(40)}$-$Al_2O_3^{(60)}$(рис. 10а). После этого наблюдается замедление износа РИ с покрытием на всём пути резания (до L=63 км). После окончания процесса резания при L=63 км величина износа по задней грани РИ с покрытием была на 44,8 % меньше износа РИ без покрытия.

Тангенс угла наклона прямых линий для РИ без покрытия больше, чем с покрытием, в среднем, в 1,5 раза, т.е. износ при вершине резца по $h_{зг}$ имеет скорость роста выше для РИ без покрытия, чем с покрытием (рис. 10).

Параметры износа РИ по задней грани $h_{зг}$ сопоставлялись с параметрами его работоспособности, учитывающими качественные конечные характеристики полученных деталей с покрытием (п) после обработки [24], т.е. по размеру (диаметр вала, рис. 10б), относительному повороту (отклонению от параллельности образующей вала к оси вращения, рис. 10в) и форме (разности образующих радиусов по 5 равномерно удаленным сечениям вала, рис. 10г).

Построенные с использованием регрессионного анализа линии тренда, характеризующие изменение величины износа $h_{зг}$ при вершине резца по задней грани (рис. 10а), показывают, что при резании стали 45 РИ с покрытием ВОК60 ($TiC^{(40)}$-$Al_2O_3^{(60)}$) обладает большей износостойкостью, чем ВК8 без покрытия.

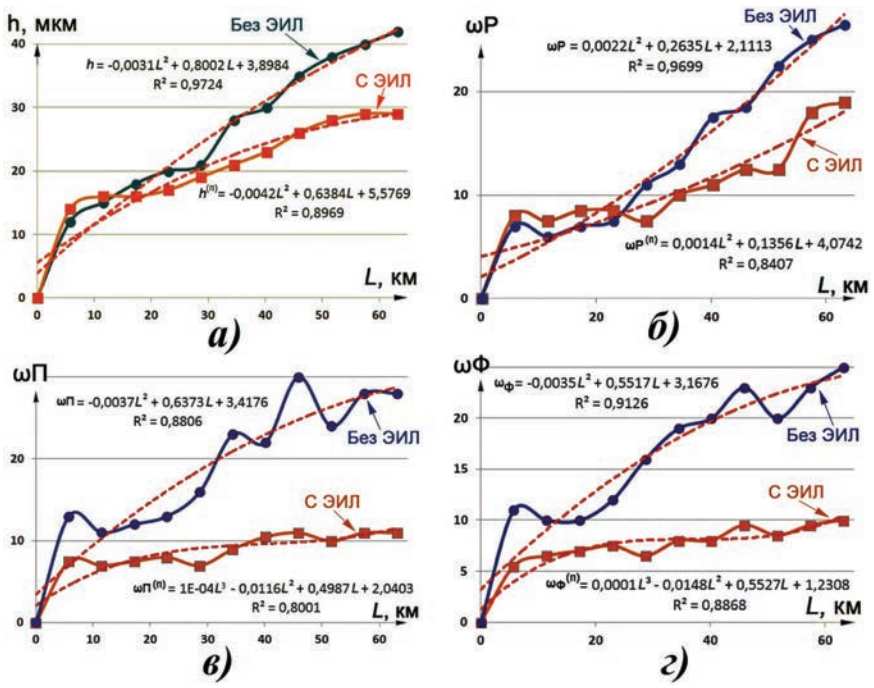


Рис. 10. а) Износ по задней грани при точении вала из стали 45 РИ из ВК8 без покрытия $h_{зг}$ и с покрытием $h_{зг}^{(п)}$ в зависимости от пути резания L, км. При тех же условиях достижение конечного качества обработки по параметрам: б) размера $\omega_Р$ (диаметра вала); в)относительного поворота $\omega_П$ (отклонения от параллельности образующей цилиндра к оси вращения на длине 400 мм/мм); г) формы $\omega_Ф$ (отклонения от цилиндричности на длине 400 мм/мм).

Получены следующие уравнения полиноминальных линий тренда износа по задней грани и погрешности обработки для РИ без покрытия и с покрытием (п) с величиной достоверности аппроксимации в пределах R^2=0,84-0,97:

$$h_{зг} = -0{,}0031L^2+0{,}8002L+3{,}8984 \ (R^2=0{,}972); \quad (8)$$

$$h_{зг}^{(п)} = -0{,}0042L^2+0{,}6384L+5{,}5769 \ (R^2=0{,}897). \quad (9)$$

$$\omega_Р = -0{,}0022L^2+0{,}2635L+2{,}1113 \ (R^2=0{,}9699); \quad (11)$$

$$\omega_Р^{(п)} = -0{,}0014L^2+0{,}1356L+4{,}0742 \ (R^2=0{,}8407); \quad (12)$$

Линии тренда, отображающие тенденции изменения точностных параметров относительного поворота и формы на длине 400 мм ($\omega_П$, $\omega_Ф$) при обработке РИ из твердого сплава ВК6 без покрытия и с покрытием (п) материалом ВОК60 ($TiC^{(40)}$-$Al_2O_3^{(60)}$) (рис. 10б, в, г) описываются следующими уравнениями аппроксимации для РИ:

$$\omega_П = -0{,}0037L^2+0{,}6373L+3{,}4176 \ (R^2=0{,}9699); \quad (13)$$

$$\omega_П^{(п)} = 1E\text{-}0{,}44L^3-0{,}116L^2+0{,}4987L+2{,}04 \ (R^2=0{,}800); \quad (14)$$

$$\omega_Ф = -0{,}0035L^2+0{,}5517L+3{,}1676 \ (R^2=0{,}9126); \quad (15)$$

$$\omega_Ф^{(п)} = 0{,}0001L^3-0{,}0148L^2+0{,}5527L+1{,}231 \ (R^2=0{,}887). \quad (16)$$

Отметим корреляцию параметров работоспособности РИ с параметрами конечного качества деталей, полученных в результате процесса резания: размер, поворот, форма (Р, П, Ф) [24] для РИ с покрытием ВОК60 ($TiC^{(40)}$-$Al_2O_3^{(60)}$) и без покрытия. Видно, что при равных условиях резания при работе РИ с покрытием наблюдается тенденция большей устойчивости к сохранению требуемого качества деталей по точности размера, относительному повороту и форме, т.е. выше размерная стойкость, чем при работе РИ без покрытия.

Выводы

1. Получены ряд показателей и критериев эффективности, которые можно ис-пользовать для выбора карбидных материалов при ЭИЛ/ВТС.

2. Из карбидов модельных d-элементов IV-VI групп к наиболее эффективным по параметрам массопереноса можно отнести Mo_2C, Cr_3C_2 и TiC, к наименее эффективным - WC.

3. Наибольшей эрозионной хрупкостью среди модельных карбидов отличается TiC, среди сложных – $TiC^{(79)}$-$Ni^{(15)}$-$Mo^{(6)}$.

4. При ЭИЛ/ВТС карбидами формируется ЛС, который снижает химический износ, повышает жаростойкость и ресурс режущего инструмента.

5. Показана корреляционная взаимосвязь между эксплуатационными свойствами режущего материала с ЭИЛ-покрытием сложным карбидом и конечным качеством получения готовых изделий после обработки резанием.

Литература

1. Ставицкий Б.И. Из истории электроискровой обработки материалов. Харьков: ЧФ «ЦентрИнформ»; ПРАТ «Полиграф сервис», 2013. 104 с.

2. Лазаренко Б.Р., Лазаренко Н.И. Электрическая эрозия металлов. Вып. 1. - М.: Госэнергоиздат, 1944. – 60 с.

3. Способ обработки металлов, сплавов и других токопроводящих материалов // А. с. 70010 СССР / Б. И. - 1971, - № 7. - С. 205.

4. Петров Ю.Н., Дехтярь Л.И., Сафронов И.И. Влияние технологических режимов механизированного легирования на качество получаемой поверхности // Электронная обработка материалов. - 1965, - № 3. - С. 45-19.

5. Верхотуров А.Д. Формирование поверхностного слоя металлов при электроискровом легировании. – Владивосток: Дальнаука, 1995. – 323 с.

6. Самсонов Г.В., Верхотуров А.Д., Бовкун Г. А., Сычёв В.С. Электроискровое легирование металлических поверхностей. - Киев: Наукова думка, 1976. - 220 с.

7. Верхотуров А.Д., Подчерняева И.А. Критерии выбора материала электродов при электроискровом легировании переходных материалов / В сб.: Диффузионное насыщение и покрытия на металлах - Киев: «Наукова думка».1983.

8. Верхотуров А.Д., Иванов В.И., Коневцов Л.А. Критерии оценки эффективности процесса электроискрового легирования // Труды ГОСНИТИ. – 2011. - Т.107, № 2. – С. 131-137.

9. Верхотуров А.Д., Коневцов Л.А., Астапов И.А. К вопросу о критерии эффективности процесса электроискрового легирования металлических поверхностей // Вестник АмГУ. 2007.

10. Верхотуров А.Д., Гордиенко П.С., Достовалов В.А., Коневцов Л.А., Панин Е.С., Достовалов Д.В. Высокоэнергетическое локальное воздействие на вольфрамсодержащие материалы и металлы (к 100-летию со дня рождения Б.Р. Лазаренко) / Владивосток: Изд-во Дальневост. Федерал. ун-т, 2012. 472 с. ISBN 978-5-7444-2589-0.

11. Верхотуров А.Д., Козырь В.А., Коневцов Л.А. Научные основы разработки и получение слоистых материалов на поверхности твёрдых сплавов: монография / ред. А.Д. Плутенко. - Владивосток: Дальнаука, 2016. – 475 с. ISBN 978-5-8044-7.

12. Иванов В.И., Верхотуров А.Д., Коневцов Л.А. Разработка критериев оценки эффективности формирования поверхностного слоя и его свойств при электроискровом легировании. Часть 1. Состояние вопроса. Кинетический и функциональный критерии эффективности формирования легированного слоя. / Электронная обработка материалов, 2016, 52 (6), с. 1-6.

13. Иванов В.И., Верхотуров А.Д., Коневцов Л.А. Разработка критериев оценки эффективности формирования поверхностного слоя и его свойств при электроискровом легировании. Часть 2. Критерии эффективности процесса ЭИЛ и электроискровых покрытий. / Электронная обработка материалов, 2016, 52 (6), с. 7-11.

14. Золотых Б.Н. Электроискровой контактный способ упрочнения металлических поверхностей. - М.-Л.: Госэнергоиздат, 1951. - 55 с.

15. Золотых Б.Н. О физической природе электрической обработки металлов // Электроискровая обработка металлов. -1957. - Вып. 1. - С. 38-69.

16. Золотых Б.Н. О природе передачи энергии электродам в импульсном разряде при малых промежутках / Электрические контакты. - М.: Энергия, 1964. - С. 5-20.

17. Самсонов Г.В., Верхотуров А.Д. Закономерности эрозии катода и анода при электроискровом упрочнении // Электронная обработка материалов. – 1968. - № 1. - С. 25-29.

18. Намитоков К.К. Об агрегатном состоянии, составе и строении продуктов электрической эрозии металлов / Физические основы электроискровой обработки металлов. - М.: Изд-во АН СССР, 1966. - С. 86-107.

19. Намитоков К.К. Электроэрозионные явления. - М.: Энергия, 1978. - 456 с.

20. Самсонов Г.В., Упадхая Г.Ш., Шешпор В.С. Физическое материаловедение карбидов. Киев: Наукова думка, 1974. 455 с.

21. Верхотуров А.Д., Коневцов Л.А., Иванов В.И. Исследование процесса формирования легированного слоя и его свойств при электроискровом легировании твердых сплавов металлами IV-VI групп // Труды ГОСНИТИ. 2013. Т. 111. № 2. С. 89-97.

22. Самсонов Г.В., Прядко И.Ф. Конфигурационная модель вещества. – Киев: Наукова думка, 1971. – 437 с.

23. Самсонов Г.В., Виницкий И.М. Тугоплавкие соединения. - М.: Металлургия, 1976. – 560 с.

24. Балакшин Б.С. Основы технологии машиностроения. - М.: Машиностроение, 1969. 358 с.

EVALUATION OF FORMATION DOPED LAYER AT ESD CARBIDES TUNGSTEN SOLID ALLOYS

***A.D Verkhoturov*, prof., FEB RAS IWEP**
e-mail: verhoturov36@mail.ru, tel. +7 (4212) 31-36-73
VI Ivanov, PhD, FGBNU GOSNITI
e-mail: tehnoinvest-vip@mail.ru, tel. +7 (499) 174-83-42
LA Konevtsov, Ph.D., MI HNTS FEB RAS
e-mail: konevts@yandex.ru, tel. +7 (4212) 22-65-98

***Abstract**. Show appreciation spark alloying tungsten hard alloys (MTC) simple and complex carbides using performance indicators forming the doped layer and the criteria properties of the substrate material after doping. We obtain the series of performance indicators and criteria for the properties of carbide materials. A rate of erosion fragility carbides. It is shown that the heat resistance of electric-spark coatings for MTC.*

***Keywords**: electro-spark alloying, tungsten-containing hard alloys, carbides, doped layer, efficiency, heat resistance.*

References:

1. Stavitskiy B.I. From the history of spark processing of materials. Kharkov: PF «TsentrInform»; PRAT «Polygraph Service», 2013. 104 p.

2. B.R. Lazarenko, Lazarenko N.I. Electrical erosion of metals. Vol. 1. - M .: Gosenergoizdat, 1944. - 60 p.

3. The method of processing of metals, alloys, and other conductive materials // A. p. 70010 USSR / BI - 1971, - №7. - P. 205.

4. Petrov Y.N., Dekhtyar L.I., I.I. Safronov Influence of technological conditions of the mechanized doping on the quality of the resulting surface // Electronic processing of materials. - 1965, - № 3. - P. 45-19.

5. Verkhoturov A.D. Formation of the surface metal layer electro-spark alloying. - Vladivostok: Dal'nauka, 1995. - 323 p.

6. G.V. Samsonov, Verkhoturov A.D., Bovkun G.A., Sychev B.C. Electric spark doping of metal surfaces. - Kiev: Naukova Dumka, 1976. - 220 p.

7. Verkhoturov A.D., Podchernyaeva I.A. Criteria for selection of the electrode material at transient electro-spark alloying materials / Sat .: The diffusion saturation and coatings on metals - Kiev, «Naukova Dumka» .1983.

8. Verkhoturov A.D., Ivanov VI, Konevtsov LA Criteria for assessing the effectiveness of spark alloying process // Proceedings GOSNITI. - 2011. - T.107, № 2. - S. 131-137.

9. Verkhoturov A.D., Konevtsov L.A., I.A.. Astapov On the question of performance criteria through electric spark metal surfaces // Herald of ASU. 2007.

10. Verkhoturov A.D., Gordienko P.S., Dostovalov V.A. Konevtsov L.A., Panin E.S., D.V. Dostovalov High-energy local impact on the tungsten-containing materials and metals (to the 100 anniversary since the birth of B.R. Lazarenko) / Vladivostok: Publishing house Dalnevost. Federal. University Press, 2012. 472 p. ISBN 978-5-7444-2589-0.

11. Verkhoturov A.D., V.A. Trump, Konevtsov L.A. Scientific basis for the development and reception of layered materials on the surface of hard alloys: monograph / Ed. HELL. Plutenko. - Vladivostok: Dal'nauka, 2016. - 475 p. ISBN 978-5-8044-7.

12. Ivanov V.I., Verkhoturov A.D., Konevtsov L.A. Development of criteria for evaluating the effectiveness of the formation of the surface layer and the properties of electro-spark alloying. Part 1. Status of the issue. Kinetic and functional performance criteria of forming a doped layer. / E processing materials, 2016, 52 (6), p. 1-6.

13. Ivanov V.I., Verkhoturov A.D., Konevtsov L.A. Development of criteria for evaluating the effectiveness of the formation of the surface layer and the properties of electro-spark alloying. Part 2: Performance criteria of ESD and electric-spark coatings process. / E processing materials, 2016, 52 (6), p. 7-11.

14. Golden B.N. Electrospark contact method hardening metal surfaces. - M.-L .: Gosenergoizdat, 1951. - 55 p.

15. Golden B.N. On the physical nature of electrical metal processing // Electrospark treatment of metals. -1957. - Vol. 1. - P. 38-69.

16. Golden B.N. About the nature of the electrodes of energy transfer in a pulsed discharge at small intervals / electrical contacts. - M .: Energia, 1964. - P. 5-20.

17. G.V. Samsonov, Verkhoturov A.D. Patterns of erosion of the cathode and anode to electro-hardening // Electronic processing of materials. - 1968. - № 1. - S. 25-29.

18. Namitokov K.K. On aggregate state, composition and structure of metal / Physical basis of spark erosion metal processing electrical products. - M .: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1966. - S. 86-107.

19. Namitokov K.K. Eroding phenomenon. - M .: Energia, 1978 - 456 p.

20. G.V. Samsonov, Upadhyaya G.S., Sheshpor V.S. Physical materials carbides. Naukova Dumka, 1974. 455 p.

21. Verkhoturov A.D., Konevtsov L.A., Ivanov V.I. The study of the formation of the doped layer and the properties of electro-spark alloying carbide metals Group IV-VI // Proceedings GOSNITI. 2013. T. 111. № 2. S. 89-97.

22. G.V. Samsonov, Pryadko I.F. Configuration model substances. - Kiev: Naukova Dumka, 1971. - 437 p.

23. G.V. Samsonov, Vinitskii I.M. Refractory compounds. - M.: Metallurgy, 1976. - 560 p.

24. Balakshin B.S. Fundamentals of Mechanical Engineering. - M .: Engineering, 1969. 358 p.

29 апреля 2017 года после продолжительной болезни ушел из жизни Анатолий Демьянович Верхотуров, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Института водных и экологических проблем ДВО РАН, Заслуженный деятель науки Российской Федерации, известный в мировой науке российский ученый в области электрофизических методов обработки материалов и, в частности, электроискрового легирования, огромный труд вложивший в разработки новых композиционных материалов, обоснование нового этапа в развитии науки о материалах - материалогии.

Анатолий Демьянович родился в Хабаровском крае, селе Отрадное Вяземского района 12 апреля 1936 года. В 1959 году закончил Владивостокское высшее инженерное морское училище, затем в 1964 году - Киевский политехнический институт. По окончании учебы в политехническом институте он трудился в Институте проблем материаловедения Академии наук Украинской ССР, где работал в направлении электродного материаловедения и создания новых электродных материалов для электроискрового легирования и где в 1971 году защитил кандидатскую диссертацию. С 1968 по 1981 г. он прошёл в этом институте путь от аспиранта до старшего научного сотрудника, заведующего лабораторией.

В 1981 г. А.Д. Верхотуров был приглашён на работу в ДВНЦ АН СССР для организации в г. Хабаровске Отдела физикохимии и технологии неорганических материалов (ОФХНМ) Института химии. В 1988 г. он назначен директором-организатором создаваемого Института машиноведения и металлургии ДВО АН СССР (г. Комсомольск-на-Амуре), а в 1992 г. – директором-организатором Института материаловедения ХНЦ ДВО РАН (г. Хабаровск), которым руководил до 2007 г., в 2009 г. был переведён в Институт водных и экологических проблем (ИВЭП ДВО РАН, г. Хабаровск) в связи с началом научных работ, связанных с решением экологических проблем при получении материалов.

В 1984 году Анатолий Демьянович защитил докторскую диссертацию на тему «Научные основы формирования легированного слоя и создания электродных материалов при электроискровом легировании».

В последние годы Анатолий Демьянович разрабатывал принципы и методологию нового научного направления в науке о материалах – энтропийно-экологической материалогии, задачей которой является разработка принципов выбора и создания материалов с заданными свойствами непосредственно (без выделения чистых компонентов) из минерального сырья с учётом его комплексного использования и ресурсосбережения.

Исследования последних лет имеют большую практическую значимость, они направлены на превращение Дальневосточного региона из поставщика сырья в поставщика новых материалов и наукоёмких технологий.

Доктор технических наук, профессор А.Д. Верхотуров является создателем научной школы в области электроискрового легирования, под его научным руководством защищены 7 докторских и 19 кандидатских диссертаций.

Анатолий Демьянович большое внимание уделял интеграции науки с высшей школой. До 2009 г. был профессором кафедры «Технология металлов и литейное производство» Хабаровского государственного технического университета, с 1982 г. до конца жизни являлся профессором Дальневосточного государственного университета путей сообщения.

А.Д. Верхотуров - автор более 700 научных работ, из них 67 авторских свидетельств и 22 монографии. Он входит в ТОП-100 российских учёных.

За создание новых электродных материалов для поверхностного упрочнения особо важных деталей А.Д. Верхотурову в 1986 г. присуждена премия Совета Министров СССР. Цикл его работ по созданию новых композиционных материалов к 150-летию открытия метода порошковой металлургии (1977 г.) отмечен Первой премией им П.Г. Соболевского. В 1996 г. А.Д. Верхотуров был удостоен звания «Заслуженный деятель науки Российской Федерации». За плодотворную работу в Российской академии наук Анатолий Демьянович был награждён грамотами Пре-зидента РАН (в 1999, 2011 г.г.), вице-президента РАН (в 2004 г.), Президиума ДВО РАН (в 2001, 2002, 2006, 2007 г.г.), орденом Ярослава Мудрого в номинации «Элита науки и образования», рядом медалей и грамот, в т.ч. Почетной грамотой Губернатора Хабаровского края.

Выражаем искреннее соболезнование семье покойного.

Светлая память о Верхотурове Анатолии Демьяновиче навсегда останется в наших серд-цах.

Коллектив ФГБНУ ФНАЦ ВИМ