

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

РЕСПУБЛИКАНСКОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ «БЕЛАГРОСЕРВИС»

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Современные проблемы освоения
новой техники, технологий, организации
технического сервиса в АПК**

*Материалы Международной научно-практической
конференции на 25-й Международной
специализированной выставке «Белагро-2015»,
г. Минск, 4 июня 2015 г.*

Минск 2015

Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф. на 25-й Междунар. специализир. выст. «Белагро-2015», Минск, 4 июня 2015 г. / М-во с. х. и прод. Респ. Беларусь, РО «Белагросервис», УО «Белорус. гос. аграр. техн. ун-т»; редкол.: Н.А. Лабушев [и др.]. – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2015. – 237 с. – ISBN 978-985-6972-53-2.

Сборник содержит результаты исследований сотрудников РО «Белагросервис», УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», Государственного предприятия «Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси» и других организаций, в которых рассмотрены проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в агропромышленном комплексе.

Сборник предназначен для инженерно-технических и научных сотрудников, аспирантов, студентов и слушателей системы повышения квалификации и переподготовки управленческих кадров.

Авторская редакция сохранена.

Редакционная коллегия:

генеральный директор РО «Белагросервис» Н.А. Лабушев; генеральный директор РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» С.Г. Яковчик, зам. директора по научной работе Государственного предприятия «Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси» А.С. Сайганов; декан факультета «Технический сервис в АПК» УО «Белорусский государственный аграрный технический университет» В.П. Миклуш

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор В.Н. Дашков,
доктор технических наук В.В. Азаренко

ISBN 978-985-6972-53-2 © Республиканское объединение «Белагросервис», 2015
© Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», 2015
© Оформление. Республиканское научное унитарное предприятие «Институт системных исследований в АПК Национальной академии наук Беларуси», 2015

Уважаемые коллеги!

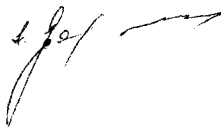
Вашему вниманию предлагается очередной (десятый) выпуск сборника трудов сотрудников РО «Белагросервис», УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», Государственного предприятия «Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси», других организаций, ученых России, Украины, Казахстана, Польши на Международной научно-практической конференции, состоявшейся 4 июня 2015 года.

В конференции приняли участие члены расширенного Совета РО «Белагросервис», руководители агросервисных организаций, директора ремонтных заводов, дилерских технических центров, сотрудники научно-практических центров НАН Беларуси и учреждений образования, представители министерства промышленности, средств массовой информации, зарубежные гости.

Рассматривались проблемы, связанные с производством новой техники, импортозамещением, освоением инновационных технологий в сельскохозяйственном производстве, повышением эффективности использования машин и оборудования, совершенствованием системы технического сервиса в АПК.

Представленные материалы докладов, на наш взгляд, интересны и полезны, могут быть использованы как в фактической деятельности работников агросервисных организаций, так и при обучении студентов и слушателей факультетов повышения квалификации в учреждениях образования, способствовать дальнейшей интеграции образования, науки и производства.

Генеральный директор
РО «Белагросервис»



Н.А. Лабушев

Н.А. Лабушев, генеральный директор
РО «Белагросервис», г. Минск

РО «БЕЛАГРОСЕРВИС» И ДАЛЬНЕЙШЕЕ РАЗВИТИЕ АГРОТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА – ИТОГИ, ЗАДАЧИ

В 2014 г. в республике был установлен рекорд как по валовому сбору, так и по урожайности зерна. Урожай в 40 ц/га стал реальностью. С учетом кукурузы в закрома страны поступило более 10 млн т зерна: это больше тонны в расчете на душу населения. Стран, которые имеют такие показатели, не так уж и много. Успехи достигнуты и в животноводстве: надой молока на корову по республике составил более 4500 кг.

Надо отметить, что в этих результатах есть заслуженная доля труда и работников системы РО «Белагросервис».

По итогам работы за 2014 г. организациями сервисного обслуживания агропромышленного комплекса в целом по республике произведено продукции, выполнено работ, оказано услуг, продано товаров на сумму 14,3 трлн руб.

Выручка от реализации товаров материально-технического обеспечения составила 7,5 трлн руб. Удельный вес материально-технического обеспечения в общей выручке от реализации – 52 %.

За 2014 г. специализированными и ремонтными предприятиями системы агросервиса оказано услуг по ремонту полнокомплектных тракторов, самоходных сельскохозяйственных машин, узлов и агрегатов к ним, почвообрабатывающих и посевных машин, разбрасывателей удобрений, опрыскивателей и другой сельскохозяйственной техники на сумму 0,9 трлн руб. Удельный вес данного вида работ в общей сумме выручки составляет 6,4 %.

Наибольший объем услуг по ремонту имеет Гродненское УП «Облсельхозтехника» – 359 млрд руб., или 39 % от объема указанных работ по отрасли.

Объем работ, выполненных механизированными отрядами в сельскохозяйственном производстве, составил 403 млрд руб., или 109 % к 2013 г. Прирост данного показателя к уровню прошлого года обеспечен всеми облагросервисами. Удельный вес данного вида работ в общей выручке от реализации равен 3 %.

Объем услуг автотранспорта составил 626 млрд руб. Темп роста к предыдущему году – 103 %. Все облагросервисы обеспечили прирост услуг автотранспорта, доля которых в общей выручке от реализации равна 4 %.

Объем линейно-монтажных участков по механизации животноводческих ферм и их техническому обслуживанию за 2014 г. составил

333 млрд руб., темп роста к 2013 г. – 105 %. По данному виду работ ОАО «Гомельоблагротсервис» (165 %) и Гродненское УП «Облсельхозтехника» (106 %) превысили уровень прошлого года. За 2014 г. организациями системы агросервиса реализовано сельскохоззяйственной продукции на сумму 2,1 трлн руб. Темп роста по объему сельскохоззяйственного производства к 2013 г. по республике составил 118 %. В целом по системе доля сельхозпроизводства в общем объеме выручки от реализации работ, услуг и товарооборота составляет 15 %.

На 1 января 2015 г. к 67 райагросервисам присоединено 138 сельхозорганизаций. Имеется в наличии 432,4 тыс. га сельхозугодий, в том числе 277,9 тыс. га пашни; 180,2 тыс. гол. КРС, в том числе 68,6 тыс. гол. коров; 8,7 тыс. гол. свиней.

За 2014 г. произведено мяса – 23,1 тыс. т, молока – 228,6, зерна – 438,1, сахарной свеклы – 127 тыс. т.

По результатам производственно-хоззяйственной деятельности за 2014 г. организациями сервисного обслуживания в целом получена прибыль от реализации 639 млрд руб.

В разрезе видов деятельности убыточными были производство льно-волокна и сельскохоззяйственное производство.

Дебиторская задолженность по организациям системы агросервиса по состоянию на 1 января 2015 г. составила 24,3 трлн руб., увеличившись по сравнению с 1 января 2014 г. на 1,2 трлн руб. Задолженность сельхозорганизаций за технику, переданную в лизинг, составляет 14,4 трлн руб., или 59 % от общей дебиторской задолженности.

Кредиторская задолженность по организациям системы агросервиса увеличилась по сравнению с началом года на 1 трлн руб. и по состоянию на 1.01.2015 г. составила 9,6 трлн руб.

Среднесписочная численность работников в организациях системы агросервиса на 1 января 2015 г. составила 32 228 чел. (уменьшилась по сравнению с уровнем 2013 г. на 2545 чел.).

Среднемесячная заработная плата работников организаций агросервиса в среднем за 2014 г. составила 4557 тыс. руб., темп роста по сравнению с 2013 г. – 115 %.

Производительность труда по выручке от реализации в целом по обслуживающим организациям составила 444 млн руб. на одного среднесписочного работника.

Несмотря на то что объемы работ по ремонту техники продолжают сокращаться, необходимо продолжить работу по обеспечению качества работ, соблюдению технологии ремонта, обеспечению ремонтных заводов, специализированных организаций агросервиса необходимой технической документацией, внедрению прогрессивных

методов восстановления деталей, увеличению номенклатуры восстановления.

В январе 2015 г. группа специалистов организаций агросервиса проходила повышение квалификации во Всероссийском научно-исследовательском технологическом институте ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка (г. Москва) по курсу «Особенности технического обслуживания сельскохозяйственной техники на основе исследования инновационных современных технологий».

Следует отметить, что имеющийся потенциал технических центров, уровень квалификации специалистов позволяют качественно осуществлять весь комплекс услуг по обслуживанию техники как в гарантийный, так и послегарантийный периоды эксплуатации (рис.). Статистика говорит, что по-прежнему имеется более 2,5 отказов на трактор в гарантийный период.

В настоящее время необходимо направить усилия на удешевление технического обслуживания за счет снижения стоимости комплектующих и запасных частей по импортозамещению.

Ежегодно РО «Белагросервис» разрабатывается система мер по обеспечению запасными частями, в том числе узлами, агрегатами для ремонта на все периоды сельскохозяйственных работ. В настоящее время в организациях агросервиса освоено производство запасных частей более 2000 наименований на сумму 44,7 млрд руб., в том числе более 500 наименований по импортозамещению к импортной сельскохозяйственной технике на сумму более 23,6 млрд руб.

Необходимо более активно заниматься оптовой закупкой запасных частей непосредственно с заводов-изготовителей, что позволит влиять на рост цен на запасные части (табл.).

В 2014 г. организациями агросервиса получено и поставлено сельскохозяйственным производителям 1 млн 40 тыс. т действующего вещества минеральных удобрений.

Хочется отметить, что в 2014 г. наметились некоторые подвижки по ремонту существующих складов по переработке средств химизации. Райагросервисами за собственные средства проведены ремонтные работы складских помещений на сумму 11 млрд руб.

Таблица – Стоимость некоторых запасных частей к кормоуборочному комплексу «Ягуар»

Запасные части	РО «Белагросервис»	Коммерческие структуры
Болт крепления ножа	11 880 руб.	27–40 тыс. руб
Подбарабанье	3,8 млн руб.	6,2–9,2 млн руб
Брус противорежущий	4,4 млн руб.	7,5–12,6 млн руб

Только в ОАО «Мозырьхимсервис» затрачено более 650 млн руб. на ремонтные работы складов хранения твердых и жидких минеральных удобрений.

Облагросервисам совместно с комитетами по сельскому хозяйству необходимо продолжить работу по строительству и реконструкции складов. В этом направлении есть смысл изучить возможность строительства легких складских помещений с применением металлоконструкций.

Всего нашими организациями производится более 500 наименований машин и оборудования, в 2015 г. планируется освоить производство еще 88 наименований. Лучшие образцы техники и оборудования представлены на выставке «Белагро-2015». К сожалению, поставленная ранее задача – выйти с новой техникой на экспорт – выполняется не полностью.

Основными организациями-экспортерами являются: ОАО «Гомельагрокомплект», ОАО «Светлогорский райагросервис», ДП «Минойтовский ремонтный завод», ОУП «Моставский ремонтный завод», ДП «Вороновская сельхозтехника», ОАО «Завод «Промбурвод», ОАО «Витебский МРЗ».

Ставится стратегическая задача получить 10 млн т молока. В ближайшие пять лет планируется завершить комплексное оснащение современными технологиями и оборудованием всех молочнотоварных ферм с одновременным созданием кормовой базы, которая должна соответствовать молочной отрасли. Организациям агросервиса необходимо продолжить работу по дальнейшей модернизации доильных залов с использованием имеющегося на складах оборудования.

Необходимо расширять перечень оказываемых услуг, улучшать их качество и уменьшать стоимость. Предстоит многое сделать по модернизации производства и улучшению финансового состояния отечественных организаций.

Поступила 29.04.2015

Л.А. Маринич, первый заместитель министра сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, г. Минск

Н.Г. Бакач, заместитель генерального директора

В.И. Володкевич, заведующий лабораторией

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,

г. Минск

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ОСНОВНЫХ ВИДОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Эффективность функционирования сельскохозяйственного производства может быть достигнута на основе создания и внедрения в производство инновационных технологий в сочетании с организационно-экономическими, техническими и технологическими факторами развития АПК. К настоящему времени удельный вес сельскохозяйственного производства в ВВП Республики Беларусь составляет около 8,4 %, а удельный вес населения, занятого в нем, – 8,5 %. Производство основных видов сельскохозяйственной продукции за период с 2010 по 2014 г. имеет положительную динамику, что позволяет отнести Республику Беларусь к странам с достаточно успешно развивающимся сельским хозяйством, позволяющим обеспечивать свои внутренние потребности в основных продуктах питания и имеющим значительный экспортный потенциал. Возможности реализации современных инновационных технологий в отрасли растениеводства и животноводства реализованы еще далеко не в полной мере, особенно по сравнению со странами ЕС и Северной Америки. В перспективе основной упор в развитии сельскохозяйственного производства должен быть сделан на повышение производительности труда и снижение ресурсо-энергопотребления путем более эффективного использования в производстве инновационных разработок, перехода к концепциям «точного земледелия» и «точного животноводства».

С этой целью в республике разработана и реализуется Система машин на 2006–2010 годы и на период до 2015 года для реализации инновационных технологий производства, первичной переработки и хранения основных видов сельскохозяйственной продукции. Дальнейшая реализация инновационных технологий предусмотрена в рамках принятой Концепции системы машин на период до 2020 года (табл. 1, 2). Она отражает научно-техническую политику республики в области механизации

Таблица 1 – Приоритетные комплексы машин и оборудования для реализации инновационных технологий в растениеводстве

Наименование технологических комплексов машин и оборудования	Предусмотрено комплексным планом наименований машин и оборудования, ед.	В том числе требуется		
		разработать	освоить производство	серийно производить
Машины и оборудование общего назначения	100	19	25	56
Машины для уборки и послеуборочной доработки зерна и семян	71	9	6	56
Оборудование для площения и дробления влажного зерна	3	–	–	3
Машины для ухода за лугогастбищными угодьями	5	4	1	–
Машины для заготовки кормов из трав и силосных культур	33	11	4	18
Машины и оборудование для возделывания, уборки и послеуборочной доработки корнеклубнеплодов и овощей	87	24	20	43
Оборудование для обеспечения хранения плодовоовощной продукции	2	–	–	2
Оборудование для орошения сельскохозяйственных культур	4	1	–	3
Машины и оборудование для возделывания, уборки и первичной переработки льна	29	19	4	6
Машины для возделывания и уборки плодов и ягод	36	10	3	23
Оборудование для информационно-управляемого земледелия	9	9	–	–
Всего	379	106	63	210

Таблица 2 – Приоритетные комплексы машин и оборудования для реализации инновационных технологий в животноводстве и птицеводстве

Наименование технологических комплексов машин и оборудования	Предусмотрено комплексным планом наименований машин и оборудования, ед.	В том числе требуется		
		разработать	освоить производство	серийно производить
Машины и оборудование общего назначения	21	14	7	—
Машины и оборудование для содержания КРС, приготовления и раздачи кормов	20	7	9	4
Оборудование для доения, охлаждения и транспортировки молока	17	4	7	6
Оборудование для утилизации навоза на фермах КРС	9	4	—	5
Машины и оборудование для содержания, перевозки животных, приготовления и раздачи кормов на свиноводческих комплексах	26	12	7	7
Оборудование для утилизации навоза на свиноводческих комплексах	1	1	—	—
Оборудование для содержания птицы, приготовления и раздачи кормов на птицеводческих комплексах	4	2	—	—
Оборудование для сбора и транспортировки яиц на птицеводческих комплексах	1	—	—	—
Оборудование для производства биогаза и энергии на его основе	7	5	2	—
Всего	106	49	32	25

и автоматизации процессов в растениеводстве и животноводстве, оценивает достигнутый уровень и определяет перспективы развития технологий и техники для этих подотраслей с целью принятия оптимальных решений по созданию новой техники, реализации ее на внутреннем и внешнем рынке. Предусматривается переход от интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, рассчитанных на урожайность зерновых культур до 40–50 ц/га и получение продукции высокого качества, на так называемые высокие технологии, рассчитанные на достижение урожайности культуры, близкой к ее биологическому потенциалу (80–100 ц/га зерновых). В Концепции системы машин уделено внимание развитию синергетической комбинации машиностроения, электронной техники, компьютерных разработок, теории автоматического управления и проектирования систем, имеющей целью создать, спроектировать и реализовать систему машин и оборудования нового поколения, базирующуюся на технологической платформе мехатроника в части интересов агропромышленного комплекса, и создать инструментально-технологические концепции точного растениеводства и животноводства на базе интегрированных локальных цифровых систем контроля и управления в сочетании с системами идентификации. Предусматривается выйти на новый уровень создания роботизированных систем как в растениеводстве, так и в животноводстве.

В Концепции системы машин предусматривается разработка и освоение производства перспективных машин общего назначения, агрегируемых с тракторами мощностью двигателя до 450 л.с. При этом их доля в структуре тракторного парка в перспективе должна составить не менее 20 %. Предусматривается комплектование машинно-тракторных агрегатов модульными почвообрабатывающими орудиями; прицепными машинами для внесения полужидких, жидких (с поверхностным и внутрипочвенным внесением) и твердых органических удобрений; плугами с количеством корпусов 10 и более, оснащенными сменными корпусами для вспашки мелкозалежных, влажных, сухих тяжелых почв и склоновых земель; высокопроизводительными почвообрабатывающе-посевными и посевными агрегатами шириной захвата до 12 м; специализированными тракторными прицепами для перевозки кормов, оснащенными сменными адаптерами (не менее 5-ти видов) с унифицированными шасси грузоподъемностью до 20 т. Для обеспечения транспортных работ предусматривается широкое применение шасси автомобилей ОАО «МАЗ» с самосвальными прицепами и полуприцепами; специализированных кузовов для перевозки корнеклубнеплодов без их повреждения; сельскохозяйственных животных с обеспечением их при перевозке микроклиматом, утилизацией навоза, поением, освещением,

устройствами для погрузки и выгрузки; твердых минеральных удобрений от склада их хранения для загрузки ими на поле машин химизации.

Для механизации процессов уборки и послепоборочной доработки зерна в Концепции системы машин предусматриваются комбайны с пропускной способностью до 16 кг/с для уборки полей с урожайностью 60 ц/га и более ; транспортировщики-перегрузчики зерна; зерноочистительно-сушильные комплексы производительностью до 100 пл.т/ч; механизированные хранилища зерна силосного типа. Для сокращения его потерь при хранении в вентилируемых бункерах предусматривается типоразмерный ряд установок для охлаждения зерна производительностью до 500 т/сутки, применение которых позволит сократить потери зерна в процессе хранения на 5–6 %. Для обеспечения потребности в семенах зерновых и зернобобовых культур (порядка 660 тыс. т различных репродукций) предусматривается строительство специализированных семенных заводов и линий. Для этого разработан типоразмерный ряд линий подготовки семян производительностью 5 и 10 т/ч.

Для механизации производства травянистых кормов из сеянных трав предусмотрено применение косилки шириной захвата 6 м и более; блочно-модульных косилок с шириной захвата до 9 м, состоящих из унифицированных косилочных модулей шириной захвата 3,1 м со сменными устройствами для обработки бобовых или злаковых трав. В Концепции системы машин предусмотрены новые по конструкции и характеру воздействия на технологический материал ворошилки-вспушиватели шириной захвата до 13 м. Существенное повышение производительности на прессовании и транспортировке прессованной массы, рациональное использование помещений для хранения и снижение себестоимости кормов обеспечит применение модернизированного пресс-подборщика ПРИ-150М и пресс-подборщика прямоугольных тюков ПТ-800, комплекса машин для упаковки тюков в полимерный рукав, открывающих возможности заготовки высококачественного сенажа по наиболее экономически выгодной технологии. Для повышения производительности на отвозке тюков и рулонов, сокращения потребности в специализированной технике предусматривается разработка платформы транспортной для тюков и рулонов с манипулятором. Для механизации процессов производства кормов из силосных культур предусмотрены высокопроизводительные 10-рядные сеялки точного высева; культиватор-растениепитатель шириной захвата до 8 м; самоходный кормоуборочный комбайн КВК-8070М с мощностью двигателя более 600 л.с.; прицеп специальный сельскохозяйственный ПТ-20С; комплекс сменного оборудования к универсальному шасси «Амкодор 352С-2» для распределения силосной массы в траншее, выгрузки кормов из траншеи и погрузки их в транспортные средства.

Для механизации производства картофеля предусматривается разработка комбинированных 8-рядных картофелесажалок и модульных картофелепосадочных агрегатов с активными и пассивными рабочими органами для крупнотоварных специализированных хозяйств производительностью до 25 га/смену; культиваторов-гребнеобразователей; ботвоуборочных машин с междурядьями 70–90 см. Концентрация производства картофеля и увеличение площадей его возделывания предусматривают создание и выпуск самоходных картофелеуборочных комбайнов с боковым подкопом производительностью до 12 га/смену. Для завершенности линий по послеуборочной доработке и предреализационной подготовке картофеля предлагается типоразмерный ряд автоматических линий производительностью до 40 т/ч.

Для механизации процессов производства льна предусматриваются специальные почвообрабатывающе-посевные агрегаты шириной захвата не менее 6 м к тракторам мощностью 250–300 л.с., обеспечивающие посев с внесением стартовой дозы твердых минеральных удобрений и микроэлементов. Применение их способствует повышению урожайности тресты и семян льна соответственно на 1,5–1,7 и 0,3–0,5 ц/га. В целях оптимизации парка машин для уборки льна предусмотрена самоходная двухпоточная теребилка для теребления льна и расстила, самоходный льноуборочный комбайн ускорения процесса вылежки, применение оборачивателей лент льна. Снижение удельной материалоемкости, затрат труда и повышение производительности работ на уборке льна предусмотрено применением самоходного двухпоточного оборачивателя лент с системой автоматического наведения его на ленту льна. Механизированная заготовка льнотресты будет вестись рулонными пресс-подборщиками, обеспечивающими формирование ленты в рулоне требуемой линейной плотности. Для этих целей предусмотрено создание самоходного пресс-подборщика льна. Для получения длинного и короткого льноволокна на льнозаводах предусмотрено применение линии выработки длинного льноволокна производительностью по тресте 1,5 и 2,0 т/ч и короткого льноволокна производительностью по отходам трепания до 700 кг/ч; сушильной машины для сушки льнотресты производительностью 2 т/ч и сушилки отходов трепания производительностью 1 т/ч, прессов для формирования тюков длинного и короткого льноволокна.

Для реализации технологий информационно-управляемого точного земледелия предусматривается создание оборудования и технических средств для позиционирования и автоматического вождения широкозахватных МТА с точностью до 10 см, оценки состояния и среды произрастания растений, создание электронных карт variability

урожайности полей и агрохимического состояния почв, автоматизированного управления процессами дифференцированного внесения жидких и твердых минеральных удобрений и контроля при этом выполняемых технологических операций, программное обеспечение анализа получаемых данных и принятия управленческих решений, то есть внедрение элементов точного земледелия.

Для механизации процессов производства молока предусматривается создание и выпуск разгрузчика силосных траншей, смесителя-загрузчика стационарного, автоматизированного раздатчика кормов, измельчителя грубых кормов, прицепных смесителей-раздатчиков кормов с объемом бункера от 8 до 30 м³ и самоходных раздатчиков – от 12 до 30 м³. Для автоматизированного доения коров предусматриваются доильные установки нового поколения «Елочка» с быстрым выходом, «Параллель» (2×10–2×24), «Карусель» и доильный робот, передвижные установки для доения коров на пастбищах. Для повышения качества молока предусматриваются холодильные установки для охлаждения его в потоке производительностью 2500 л/ч.

Для механизации производства свинины наряду с применяемыми емкостями для хранения сыпучих кормов предусматривается станочное оборудование с использованием панелей ПВХ и металлоконструкций, устойчивых к коррозии. Для приготовления и раздачи влажных кормов предусматривается автоматизированный смеситель кормов САК-3,5, а также комплект оборудования для автоматизированного приготовления и нормированной раздачи жидких кормосмесей свиньям КОЖК. Для приготовления жидких кормов с использованием влажного плющеного зерна кукурузы предусматривается комплект оборудования КОДК, позволяющий вводить в состав кормовой смеси до 60 % зерна кукурузы, а также комплект оборудования для автоматизированного жидкого биофазового кормления. Для автоматизированного нормированного селективного индивидуального кормления свиноматок в групповых станках, позволяющего применять до 3-х кормовых смесей в зависимости от продуктивности по заданной программе предусматривается, согласно концепции, автоматизированная станция индивидуального кормления свиноматок при групповом их содержании. Для обеспечения комфортного содержания свиней предусматривается комплект оборудования для обеспечения микроклимата с целью равномерного распределения воздуха в любом участке помещения и сохранения индивидуального санитарного статуса на всех физиологических стадиях выращивания животного.

Реализация Концепции системы машин позволит:

- оснастить сельскохозяйственные предприятия перспективными машинами и оборудованием, повысить производительность труда в

1,5–1,7 раза, снизить на 30–35 % уровень ресурсо-энергопотребления, что будет способствовать конкурентоспособности продукции на внутреннем и внешнем рынке;

- снизить удельные затраты труда на производство зерна на 60 %, сахарной свеклы – 45, кукурузы на силос – 50, картофеля – 60 и затраты топлива на 35–45 %;

- снизить удельные затраты труда на производство молока до 1,5–2,0 чел.-ч/ц; обеспечить прирост живой массы скота до 4,5–5,0 чел.-ч/ц, свиней – до 2,5–3,5 чел.-ч/ц, снизить потребление электроэнергии на 1 ц продукции молока до 30–35 кВт·ч, обеспечить увеличение прироста живой массы скота до 200–210 кВт·ч и свиней – 150–180 кВт·ч;

- снизить удельные затраты труда на производство мяса птицы до 1,7–1,8 чел.-ч/ц и яиц до 0,3–0,5 чел.-ч/1000 шт. и расход кормов соответственно до 2,8–3,0 ц к.ед/ц и 1,2–1,4 ц к. ед/1000 шт., потребление электроэнергии – до 70–85 кВт·ч/ц;

- получить среднюю урожайность зерна не менее 45 ц/га, картофеля – 450, сахарной свеклы – 600 ц/га, надой на одну корову в год – до 7000 кг, среднесуточные привесы крупного рогатого скота – до 900 и свиней – до 700 г.

Поступила 06.04.2015

Н.А. Лабушев¹, генеральный директор

В.П. Миклуш², кандидат технических наук, профессор

А.С. Сайганов³, доктор экономических наук, профессор

¹РО «Белагросервис»

²УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск

³Государственное предприятие «Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси», г. Минск

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА В АПК БЕЛАРУСИ

В настоящее время весь комплекс услуг по обеспечению сельскохозяйственного производства машинами, оборудованием и приборами, эффективному использованию и поддержанию их в исправном техническом состоянии осуществляется Республиканским объединением «Белагросервис», а на областном и районном уровнях – соответствующими агросервисными организациями, которые находятся либо в прямом подчинении вышестоящей организации, либо взаимодействуют с ней и между собой на основе договоров о сотрудничестве.

В системе РО «Белагросервис» насчитывается более 200 организаций: облагросервисов – 6; организаций агросервисов – 153 (в том числе специализированных по ремонту сельскохозяйственной техники, агрегатов и узлов – 62); ремонтных заводов – 12 (из них 5 мотороремонтных), прочих организаций – 30. Совместно с предприятиями-изготовителями создано и функционирует 102 дилерских технических центра по гарантийному и послегарантийному обслуживанию сельскохозяйственной техники и оборудования (из них 27 дилерских центров ОАО «МТЗ»; 11 – ОАО «МАЗ»; 17 – ОАО «Бобруйскагромаш»; 9 – ОАО «Лідаагромаш»; 19 – РУП «Гомсельмаш», 8 – ОАО «Лідсельмаш» и 10 – ОАО «Амкор»).

Действующая дилерская сеть по обеспечению работоспособности сельскохозяйственной техники имеет четкую специализацию, при которой, во-первых, зона обслуживания одним дилерским центром не ограничивается масштабом того или иного района, а имеет межрайонный уровень. Во-вторых, дилерские предприятия, как правило, проводят гарантийное и послегарантийное обслуживание техники не одного, а нескольких заводов-изготовителей, что подчеркивает их комплексную многоцелевую направленность.

За последние годы наметилась тенденция к сокращению объемов ремонтно-обслуживающих работ. Так, количество ремонтов тракторов

уменьшилось на 2,5 %, зерноуборочных комбайнов – 38,2, комбинированных почвообрабатывающих агрегатов – 35,8 %. Такое положение характерно и для ремонта тракторо-комбайновых двигателей на моторо-ремонтных заводах, объемы которых сократились почти в 1,5 раза, а в целом по республике – на 37,6 %. При этом следует отметить, что ремонтные предприятия республиканского, областного и районного уровней, сохранившие достаточно высокий технологический потенциал, используют его не более чем на 20–30 %, а в лучшем случае – на 40–50 %.

Сокращение объемов работ объясняется, главным образом, отсутствием у сельскохозяйственных товаропроизводителей необходимых финансовых средств, низким уровнем качества и высокой себестоимостью ремонтных работ, проводимых агросервисными организациями. При этом себестоимость ремонтно-обслуживающих работ имеет тенденцию к росту из-за высокой стоимости запасных частей и ремонтных материалов.

В списанных машинах, как показали исследования, годных для дальнейшей эксплуатации без ремонта деталей находится до 45 %, требующих восстановления – до 50 % и только 5–9 % не подлежат восстановлению. При этом по сравнению с изготовлением новых запасных частей количество операций обработки при восстановлении сокращается в 2–3 раза.

Создание производств по восстановлению требует в 2–2,5 раза меньше капитальных вложений по сравнению с аналогичными предприятиями по изготовлению запасных частей. Стоимость восстановленных деталей составляет до 40–60 % от стоимости новых. Организацию изготовления и восстановления деталей к импортной сельскохозяйственной технике следует рассматривать как альтернативу дорогим оригинальным запасным частям, стоимость которых составляет свыше 80 % от стоимости ремонтных работ.

Международная практика свидетельствует, что доля восстанавливаемых деталей в общем объеме потребления запасных частей достигает в зарубежных странах до 30–35 %. Однако в Республике Беларусь этот показатель за последние годы значительно снизился. Если во время существования СССР он составлял 25 %, то в настоящее время не более 7–8 %.

Основные направления развития технического сервиса связаны с обновлением технологической базы ремонта машин на основе стратегии выполнения ремонтных работ по потребности, определяемых современными средствами диагностики при выполнении жесткого регламента периодического технического обслуживания, применением эффективных технологий ремонта, восстановления и упрочнения деталей на основе инновационных преобразований в этой сфере. Таким образом,

планово-предупредительная система трансформируется в диагностическую систему технического обслуживания и ремонта машин, агрегатов и узлов по потребности.

При ремонте сельскохозяйственной техники необходимо использование оборудования различной степени сложности и автоматизации на отдельных уровнях ремонтно-обслуживающей базы:

- оперативный ремонт в полевых условиях с использованием мобильных средств технического обслуживания и ремонта районных агросервисных организаций и дилерских технических центров;

- более сложный текущий и межсезонный ремонт в мастерских хозяйств и агросервисных организациях районного уровня (мастерских общего назначения, станциях технического обслуживания, дилерских технических центрах) с применением современных средств технологического оснащения (станков с ручной и оперативной системой управления, специальной оснастки для выполнения агрегатного ремонта);

- высокотехнологичный ремонт агрегатов на специализированных ремонтных предприятиях с применением современного сложного высокопроизводительного оборудования, в том числе станков с ЧПУ;

- восстановление и упрочнение деталей с применением специального оборудования (обрабатывающих центров, хонинговальных, зуборезных и зубошлифовальных станков), нанопроцессов.

Перспективы развития системы технического сервиса связаны с реализацией следующих направлений по опыту развитых стран с рыночной экономикой:

1. Повышение работоспособности и эффективности использования имеющегося машинно-тракторного парка в сельском хозяйстве, позволяющего стабильно поддерживать национальную продовольственную безопасность страны и расширять экспорт продукции.

С этой целью необходимо обеспечить:

- формирование и стимулирование развития рыночной сферы технического сервиса, в которой в соответствии с принятым законодательством запрещается продажа техники без организации ее сервисного сопровождения;

- формирование системы фирменного технического сервиса, где в качестве головного центра выступает непосредственно фирма-изготовитель;

- технический сервис с участием специализированных и многофункциональных дилерских центров, формирование которых рекомендуется осуществлять преимущественно на базе агросервисных организаций районного уровня, а также ремонтно-обслуживающей базе сельскохозяйственных товаропроизводителей.

При этом необходимо осуществить:

- модернизацию мотороремонтных и агрегаторемонтных производств на основе внедрения передовых технологий ремонта, обеспечивающих ресурсосбережение, а также уровень качества отремонтированных двигателей и агрегатов не менее 80 % от новых;

- приоритетное развитие цехов и участков по ремонту топливной аппаратуры, агрегатов гидросистем (гидронасосы, распределители), электрооборудования (генераторы, стартеры), коммутационных элементов;

- разработку технологий и модернизацию на промышленной основе имеющегося машинного парка с участием заводов-изготовителей и специализированных ремонтных предприятий;

- наращивание производств по восстановлению изношенных деталей как альтернативу расходу новых на обслуживание стареющего парка машин, а следовательно, сокращение затрат на поддержание техники;

- создание в каждом регионе универсальных ремонтных центров, оснащенных высокопроизводительным технологическим оборудованием и оснасткой, использующих инновационные технологии при ремонте составных частей машин, восстановлении и упрочнении деталей.

2. Лицензирование всех ремонтно-обслуживающих предприятий, сертификацию выполняемых ими работ и услуг, что обуславливается необходимостью обеспечить ответственность за качество выполняемых работ и предоставляемых услуг, позволяющих удерживать агросервисные организации в рамках определенной технологической дисциплины, действующих стандартов.

3. Эффективное использование технического потенциала на основе развития агросервисных кооперативных формирований, способствующих решению двух основных задач: удовлетворение платежеспособного спроса сельскохозяйственных товаропроизводителей в выполнении механизированных работ, в первую очередь в полеводстве и животноводстве; освоение и внедрение прогрессивных технологий возделывания и уборки сельскохозяйственных культур.

4. Создание рынка поддержанной техники.

Создание полноценного вторичного рынка техники открывает новые перспективы в оптимизации использования ресурсного потенциала эксплуатируемых машин и организации их сервиса. Появляется возможность влиять на этот процесс не только периодичностью проведения технического обслуживания и ремонта, обоснованием необходимости списания машины, ее заменой на новую аналогичную или улучшенную, но и маневром, включающим приобретение поддержанной более низкой стоимости, но с достаточным для решения конкретной хозяйственной задачи

остаточным ресурсом, а также эксплуатацию высокопроизводительной, частично компенсировав затраты за счет продажи ранее использованной.

5. Становление системы технического сервиса как единой и целостной интеграционной структуры.

Основные направления развития технического сервиса целесообразно рассматривать на трех уровнях управления: на уровне хозяйств, на районном уровне (различные станции технического обслуживания, мастерские общего назначения, дилерские технические центры (пункты) и др.) и областном (республиканском) уровне (специализированные мастерские, ремонтные заводы, региональные дилерские технические центры, универсальные ремонтные центры и др.). При этом необходимо обеспечить рациональное распределение объемов работ между уровнями ремонтно-обслуживающей базы, позволяющее минимизировать затраты средств на поддержание работоспособности машинного парка. В зависимости от производственной возможности ремонтно-обслуживающие базы сельскохозяйственных организаций могут выполнять от 50 до 80 %, районные агросервисные организации – от 10 до 30 % и специализированные ремонтные предприятия – от 10 до 20 % общих объемов ремонтно-обслуживающих работ по всей системе технического сервиса.

6. Создание специализированных информационно-консультационных служб.

Успешность реформирования аграрного сектора во многом зависит от степени освоения предприятиями АПК технологических и управленческих инноваций, передового опыта. Опыт развитых стран свидетельствует, что успешное освоение аграрной отраслью передовых достижений и технологий возможно также путем создания специализированных информационно-консультационных служб, которые работают непосредственно с производителями продукции и переводят информационные продукты с языка науки на язык конкретного потребителя.

7. Кадровое обеспечение технического сервиса.

Активное внедрение инновационных технологий в аграрное производство, появление на рынке как в мире, так и в нашей стране новых разнообразных средств технического обеспечения процессов производства и переработки сельскохозяйственной продукции ставят перед производителями, агросервисными организациями и учреждениями образования большие задачи, связанные с подготовкой и переподготовкой кадров для АПК.

Главной задачей является подготовка практико-ориентированных специалистов, которые по своим профессиональным качествам отвечали бы не только сегодняшним, но и завтрашним требованиям. Это требует координации совместных усилий учреждений образования

и потенциальных работодателей, что позволяет обеспечить не только их новый качественный уровень, но и разработать оптимальную компетентностную модель специалиста для сферы технического сервиса в АПК.

Значительную роль, как показала практика, в подготовке инженерных кадров играют филиалы кафедр на производстве. Накопленный в Белорусском государственном аграрном техническом университете опыт свидетельствует о достаточно высокой их эффективности. В частности, в филиале кафедры ремонта тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин в РО «Белагросервис», созданного более 10 лет назад, используется материально-техническая база объединения, передовых ремонтно-обслуживающих предприятий, дилерских технических центров и организаций материально-технического обеспечения. В учебном процессе участвует управленческий аппарат и руководители структурных подразделений. В процессе обучения студентов концентрируется внимание на подготовке специалистов, владеющих не только интенсивно адаптированными технологиями современного агропроизводства и переработки сельскохозяйственной продукции, но и способных к разработке и реализации маркетинговых стратегий, финансового менеджмента, лизинга, вексельного обращения, материально-технического обеспечения, технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники. По отдельным разделам специальных дисциплин читаются проблемные лекции, проводятся деловые игры с погружением в реальную производственную ситуацию. Организованы практические выездные занятия и производственная практика студентов на передовых агросервисных организациях.

Список использованных источников

1. Шило, И.Н. Концепция модернизации инженерно-технической системы АПК Республики Беларусь / И.Н. Шило, В.П. Миклуш, Н.А. Лабушев // Труды ГОСНИТИ. – М.: ГОСНИТИ, 2014. – Т. 117. – С. 18–23.
2. Миклуш, В.П. Организация технического сервиса в агропромышленном комплексе: учеб. пособие / В.П. Миклуш, А.С. Сайганов. – Минск: ИВЦ Минфина, 2014. – 667 с.

Поступила 24.03.2015

УДК 631.3:005.934.4

С.А. Соловьев, доктор технических наук, профессор

С.А. Горячев, заведующий лабораторией

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский технологический институт ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка»,
г. Москва, Россия*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АПК НА ОСНОВЕ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ

Аннотация. На основе анализа состояния инженерно-технической системы в АПК России и результатов проведенных исследований даны рекомендации по реализации ресурсосберегающих и инновационных возможностей при техническом сервисе сельскохозяйственной техники.

На современном уровне развития фундаментальных агроинженерных знаний, микроэлектроники, спутниковой навигации, мирового сельскохозяйственного машиностроения и иных достижений принципиально возможным и экономически оправданным является внедрение современных ресурсосберегающих технологий в практику эксплуатации и технического сервиса машин.

Ежегодно в России в сельском хозяйстве с баланса предприятий и организаций списывается от 6 до 12 % сельскохозяйственных машин, оборудования животноводческих ферм, сооружений, транспортных средств и других фондов. Дальнейший их путь практически непредсказуем и не регулируется каким-либо системным порядком.

Сохранившаяся и эксплуатируемая техника практически ежегодно подвергается различным видам ремонта, в которых основную долю затрат несут затраты на закупку новых запасных частей. Для оценки таких затрат ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский технологический институт ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка» (далее – ГОСНИТИ) проводит анкетирование ряда сельскохозяйственных предприятий в различных регионах России.

По итогам работы 15 хозяйств Калужской и Тульской областей за 2013–2014 годы получены следующие результаты:

1. Средняя доля затрат на закупку новых запасных частей в общих затратах на ремонт техники составила 76 %.
2. Среднее значение затрат хозяйств на закупку запасных частей по всем видам хозяйственной деятельности, отнесенным на один списочный трактор, составило 134,0 тыс. руб.

В настоящее время общий парк тракторов в сельском хозяйстве России в предприятиях всех форм хозяйствования, КФХ и ЛПХ составляет 469,5 тыс. ед., таким образом общая сумма средств, направляемая ежегодно на закупку запасных частей только для тракторов, оценивается в 37,5 млрд руб. Это огромные затраты, часть которых может быть локализована организацией вторичного использования списываемых и утилизируемых ресурсов. Наиболее доступным и эффективным направлением вторичного использования является высокоресурсный ремонт и использование восстановленных и упрочненных деталей, доля которых может составлять от 30 до 40 % от общего объема заменяемых запасных частей.

Для оценки экономической эффективности вторичного использования ресурсосберегающих технологий нами были использованы технологии упрочнения рабочих органов почвообрабатывающей техники.

Так, при упрочнении рабочих органов плуга ПНЛ-8-40 экономический эффект сельхозтоваропроизводителя на условную площадь пахоты 100 га составил 19,0 тыс. руб. (при цене нового плуга в сборе 210,0 тыс. руб.), а годовой экономический эффект – 95,0 тыс. руб.

В последние годы основные объемы работ (более 90 %) по подготовке техники к сезонным полевым работам в России выполняются самими сельхозтоваропроизводителями: на машинных дворах, в центральных ремонтных мастерских, пунктах обслуживания, однако многие объекты по своей оснащенности находятся в крайне неудовлетворительном состоянии. В этой связи в большинстве регионов России при ремонте машин сохраняется востребованность в качественно восстановленных агрегатах машин. Развитие этого направления подтверждается и мировым опытом. Поэтому создание высокоресурсных агрегаторемонтных инновационных центров по двигателям, дизельной топливной аппаратуре, гидротрансмиссиям, турбокомпрессорам и другим сложным узлам становится необходимым направлением в ремонте техники. Такие центры требуют оснащения высокоточным оборудованием, оснасткой и нормативно-технической документацией. ГОСНИТИ для этого рекомендует эффективные технологии по ремонту узлов, с восстановлением и упрочнением деталей, в том числе с применением нанотехнологий и достижением 80–100 %-го послеремонтного ресурса.

Пример компановочной схемы размещения производственных участков в комплексном инновационном центре приведен на рисунке 1.

Для оснащения инновационных центров ГОСНИТИ разрабатывает и производит необходимое оборудование.

Для многих предприятий вопросы мойки вызывают трудности, связанные с нехваткой средств, недостатком эффективного малоэнергоемкого

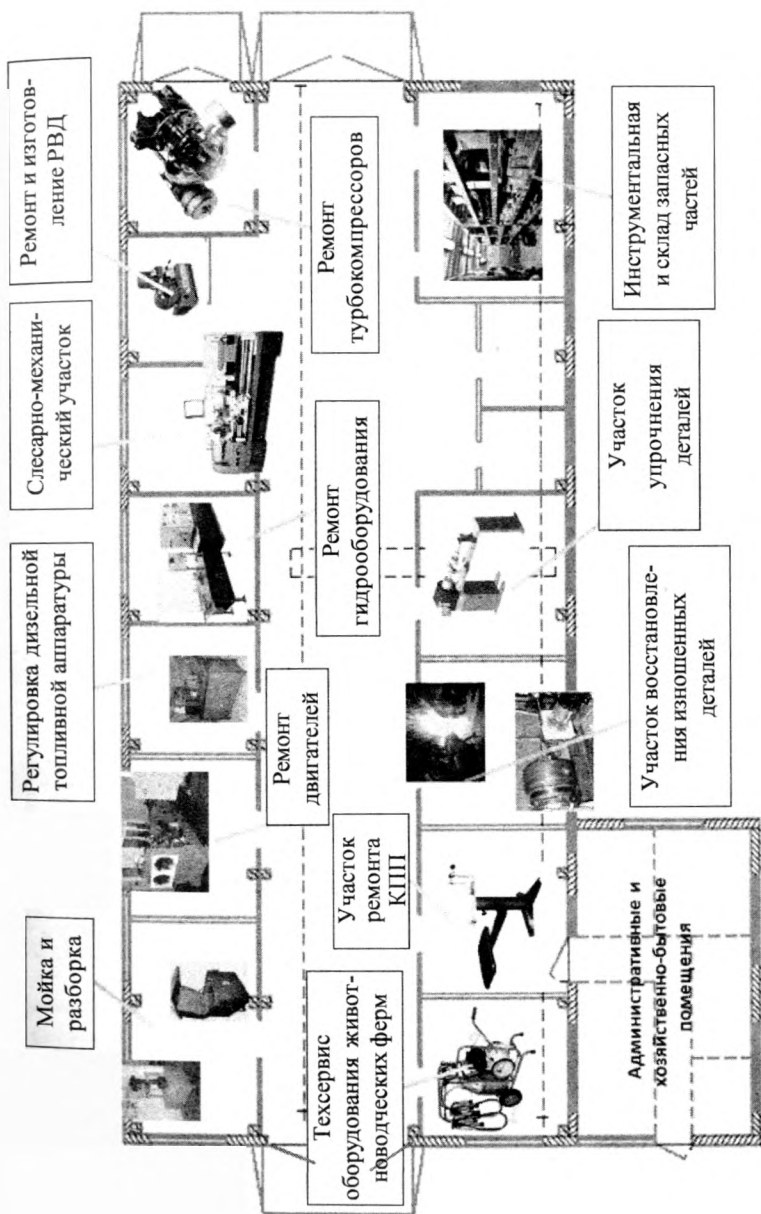
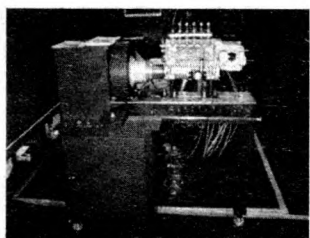


Рисунок 1 – Основные участки региональных инновационных центров высокоресурсного ремонта техники

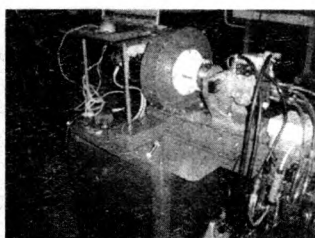
оборудования. Применение старых технологий мойки приводит к перерасходу электроэнергии и воды. Нами разработан комплекс моечных машин высокого давления, обеспечивающий экономию воды и электроэнергии. Моечные машины производятся в ГОСНИТИ и Рязанском филиале.

Нами проанализированы потери топлива при эксплуатации техники, в некоторых случаях потери могут достигать 35 % при нарушении регулировок или износе деталей топливной аппаратуры, при этом суммарные потери топлива по России в сельском хозяйстве оцениваются в 1,5 млн т. В ГОСНИТИ разработан комплекс оборудования для диагностики, регулировки и ремонта топливной аппаратуры. Комплекс включает как стационарный, так и мобильный варианты. При создании мобильного варианта применен новый принцип диагностики по одноканальной системе проверки топливного насоса. Это дало возможность снизить металлоемкость в два раза, уйти от 3-фазного подключения стенда, мощность подключения нового стенда составила 2 кВт, точность измерения повысилась на 20 %. Диагностика производится путем воспроизведения частоты вращения приводного вала ТНВД, давления подкачки топлива, измерения цикловой подачи и углов начала нагнетания топлива, регистрации в цифровом виде, обработки и отображения полученной информации (рис. 2).

На основе разработанной оснастки и оборудования мы предлагаем готовые решения «под ключ» – участки текущего ремонта и технического обслуживания дизельной топливной аппаратуры.



Стенд для регулировки топливной аппаратуры дизельных двигателей



Стенд для контроля топливных систем Common Rail

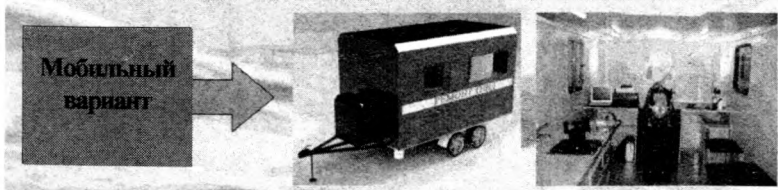


Рисунок 2 – Комплекс оборудования для регулировки топливной системы

Для оснащения центров разработана оснастка для наиболее ответственных и трудоемких операций сборки-разборки узлов и агрегатов, качество выполнения которых наиболее существенно влияет на после-ремонтный ресурс.

Для обкатки двигателей ГОСНИТИ разработал и производит автоматизированные обкаточно-тормозные стенды.

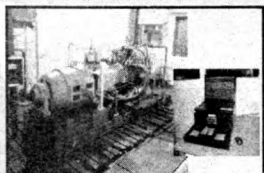
Управляющая система стендов имеет отличие от аналогичных систем, так как обеспечивает управление режимами стенда при постоянных значениях момента и частоты вращения. Все это обеспечивает полную автоматизацию процесса обкатки и сокращение затрат электроэнергии до 25 % (рис. 3).

Кроме этого, обеспечивается энергосбережение за счет разработанного нагрузочного устройства по рекуперации энергии торможения ДВС в электросеть.

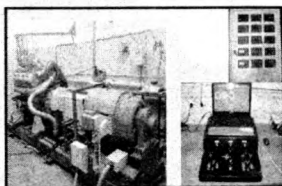
На базе производимого оборудования разработана универсальная технология ремонта двигателей, позволяющая обеспечить ресурс отремонтированного двигателя равный ресурсу нового.

ГОСНИТИ осуществляет проектирование «под ключ» универсальных ремонтных центров с повышенным ресурсом ДВС любых марок.

Автоматизированный стенд для обкатки и испытания двигателей КамАЗ, ЯМЗ



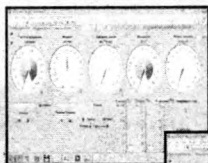
Автоматизированный стенд для обкатки и испытания двигателей ЯМЗ, 5Д20



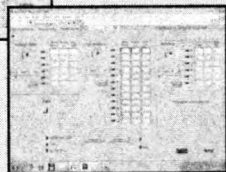
Испытание двигателей КамАЗ-740, ЯМЗ-238



Управление режимами



Интуитивно понятный «дружественный» интерфейс ПЭВМ с оператором



- обкатки, измерение и контроль параметров ведется с ПЭВМ:
- непрерывный контроль за процессом обкатки с удаленного рабочего места;
 - полная автоматизация работы стенда;
 - мгновенная и безаварийная остановка испытания при превышении заданного значения измеряемых величин;
 - сбор измеренных данных, их архивирование, обработка, печать протокола, запись на жесткий диск компьютера

Рисунок 3 – Новые стенды для обкатки и испытания двигателей

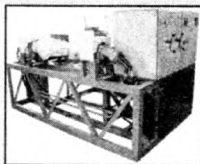
Проект включает разработку технорабочего проекта участка, поставку и наладку оборудования.

В России ежегодно ремонтируется более 180 тыс. коробок передач, большинство из которых устанавливается на трактор без проверки. Нами разработан и внедряется комплекс диагностирования и испытания коробок передач. Выявлено, что для оценки общего технического состояния КПП эффективен термографический метод, позволяющий оценивать техническое состояние по температурным аномалиям поверхности. Установлено, что применение динамических режимов позволяет снизить механические потери уже обкатанной КПП более чем на 30 %, при этом затраты времени снижаются более чем в 2 раза (рис. 4).

Для технического обслуживания и диагностики в ГОСНИТИ разработаны и внедряются различные приборы для двигателей, гидросистем, ТНВД, рулевого управления, трансмиссий, ходовой части. Приборы позволяют осуществить раннее диагностирование, выявить неисправности, сократить простои техники, снизить эксплуатационные затраты на 20 % (рис. 5).

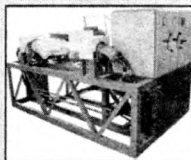
В ГОСНИТИ разработана добавка в масла, продлевающая ресурс двигателя.

**Стенд для контроля качества ремонта
и обкатки ведущих мостов
КИ-28312-ГОСНИТИ**



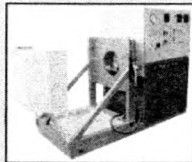
Стенд предназначен для испытания и обкатки ведущих мостов автотракторной техники. Обеспечивает проведение обкатки без нагрузки и под нагрузкой

**Стенд для обкатки и испытания
раздаточной коробки
КИ-28312.01-ГОСНИТИ**



Стенд предназначен для испытания и обкатки раздаточных коробок автотракторной техники

**Универсальный стенд
для настройки и
функциональной
обкатки коробок
перемены передач
КамАЗ, ЯМЗ
КИ-28291.01-ГОСНИТИ**



Стенд предназначен для проведения обкатки и испытаний коробок перемены передач КамАЗ, а также ЯМЗ без нагрузки на выходном валу. Под заказ стенд может быть доукомплектован системой нагружения выходного вала КПП.

**Стенд для испытания
гидрораспределителей
102 и 103**



Стенд предназначен для испытания гидрораспределителей 102 и 103.

Разработан и изготовлен ТЗ ОАО «Альметьевский трубный завод»

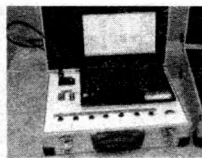
Рисунок 4 – Стендовое оборудование ГОСНИТИ



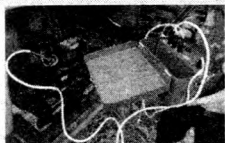
Диагностирование основных систем ДВС



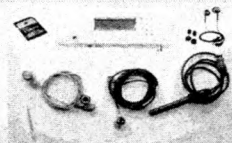
Диагностирование гидросистем навески



Диагностирование параметров ТНДВ в полевых условиях



Диагностирование ЦПГ



Электронный стетоскоп

Эффективность разработок:

- повышение точности измерений при диагностировании на 30–50 %;
- снижение эксплуатационных затрат на 20–25 %;
- повышение точности измерений и достоверности определения технического состояния деталей сельскохозяйственных машин при их диагностировании на 40–50 %;
- снижение трудоемкости за счет применения безразборного способа диагностирования;
- повышение надежности техники за счет накопления данных о характере эксплуатационных изменений и своевременного обнаружения неисправностей

Рисунок 5 – Приборы для диагностирования основных узлов и агрегатов сельскохозяйственной техники

Проведение длительных испытаний показало, что применение ремонтно-восстановительных составов может уменьшить расход топлива до 7 %, продлить ресурс двигателей на 30 % и ресурс масел – в 1,5 раза.

Трибопрепараты внедрены в Читинской, Челябинской, Тамбовской и других областях.

Особо следует остановиться на восстановлении и упрочнении деталей.

Экономическая сторона данного вопроса заключается в снижении издержек сельхозпроизводителей при ремонте как агрегатов, так и машин. Наши исследования показали, что за счет восстановления и упрочнения деталей ресурс можно увеличить в 1,5–2,0 раза. Международный опыт это подтверждает. Так, компания «Caterpillar» имеет производство по ремонту с восстановлением и упрочнением деталей ходовой части гусеничных тракторов: опорных и поддерживающих катков с ресурсом на уровне новых и стоимостью до 30 % от стоимости новых.

В институте разработаны и внедрены более чем на 35 предприятиях участки по ремонту и восстановлению деталей аксиально-поршневых

гидронасосов, турбокомпрессоров, шестеренных гидронасосов, гидравлических распределителей и других узлов. Применяемые технологии обеспечивают 100 %-й послеремонтный ресурс агрегатов за счет нанесения на рабочие поверхности наноструктурных покрытий специальными источниками концентрированной энергии.

В ГОСНИТИ разработаны и внедряются участки восстановления деталей широкой номенклатуры с применением сверхзвуковой электродуговой металлизации:

восстановления шатунов;

восстановления деталей ходовой части, других узлов и агрегатов машин.

Особое значение мы придаем разработке технологий и оборудования по упрочнению быстроизнашиваемых деталей в первую очередь рабочих органов сельхозмашин. В ГОСНИТИ разработана технология упрочнения долот, лемехов, отвалов, лап культиваторов, дисков, в том числе зарубежного производства. При минимальных затратах (от 15 до 30 руб.) на один лемех наша технология позволяет увеличить наработку до предельного износа в 1,5–2 раза.

Большое значение в последнее время придаем работам по формированию эффективной системы Сельхозрециклинга.

Научно-технический совет Минсельхоза России 28 октября 2014 г. рассмотрел и одобрил данное направление работ, поручив ГОСНИТИ разработку проекта, предусматривающего создание системы рециклинга тракторов, дорожно-строительных, мелиоративных, сельскохозяйственных и других самоходных машин.

Список использованных источников

1. Инновационные направления развития ремонтно-эксплуатационной базы для сельскохозяйственной техники / С.А. Соловьев [и др.]. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 154 с.

2. Соловьев, Р.Ю. Ресурсосбережение при техническом сервисе сельскохозяйственной техники / Р.Ю. Соловьев, С.А. Горячев // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2013. – С. 37–39.

Поступила 17.03.2015

Я.У. Яроцкий, кандидат технических наук

*Центр повышения квалификации руководящих работников
и специалистов Комитета по сельскому хозяйству
и продовольствию Могилевского облисполкома, г. Горки*

МНОГОМАШИННЫЕ ПОСЕВНЫЕ АГРЕГАТЫ

Аннотация. Технологический потенциал допосевных и послепосевных приемов агротехники может быть раскрыт только при качественном выполнении приема сева. Массовый переход в Республике Беларусь на посев комбинированными почвообрабатывающе-посевными агрегатами при недостаточном их количестве и ограниченной производительности вынуждает производителей начинать яровой сев в условиях агротехнически незрелых почв при повышенной влажности и недостаточной для дружного прорастания семян температуре. Качество работы в этом случае не соответствует агротехническим требованиям.

Посев ранних яровых культур с нормативной продолжительностью в благоприятный период агросрока предполагает наличие в хозяйствах высокопроизводительных широкозахватных посевных агрегатов, выполняющих технологический процесс сева по заранее подготовленному агрофону. При этом операционно-технологическая схема машины содержит только минимально необходимое количество рабочих органов для достижения параметров качества работы.

В технологиях возделывания сельскохозяйственных культур качественный посев представляет собой главное звено, которое не только связывает между собой допосевные и послепосевные приемы агротехники, но и раскрывает их потенциал.

Агротехнологическая эффективность посева при этом обуславливается двумя критериями: своевременностью выполнения приема и качеством работы агрегата. В контексте этих критериев отраслевые регламенты на типовые технологические процессы рассматривают следующие элементы:

- агросроки выполнения работ и их продолжительность;
- технологические параметры и нормативы, которым должна соответствовать выполненная работа;
- комплектование агрегатов, техническая их подготовка, технологические настройки и режимы функционирования.

Под агросроком понимается календарный период выполнения работы, за пределами которого вероятность получения агротехнологического

эффекта стремится к нулю. Нормативная продолжительность выполнения работы – это время в пределах агросрока, когда результаты работы наиболее полно соответствуют физиологическим требованиям возделываемой культуры и обеспечиваются эксплуатационно-технологическими возможностями агрегатов.

Если речь вести, например, о вспашке почв на зябь под посев яровых культур следующего года, то регламент устанавливает агросрок с 10–15 августа по 10–15 октября. Однако лучшим вариантом является августовская зябь и не позднее 20 сентября. Сев ранних яровых культур следует выполнять в течение 4–6 дней, как только почва достигнет агротехнической спелости – влажности на уровне 18–22 %, температуры на глубине заделки семян выше 5 °С (переход среднесуточной температуры воздуха через 5 °С). В случае с севом ранних яровых культур календарный период агросрока не строго фиксированный и опираясь на климатические факторы может начинаться как в марте, так и в апреле месяце.

Из приведенных примеров следует, что машинно-тракторные агрегаты, используемые на технологических приемах, и их количество в конкретных хозяйствах должны иметь такую производительность, чтобы выполнить работу своевременно, то есть не только в лучший период агросрока, но и с нормативной продолжительностью.

Рассмотрим аналитическую зависимость, описывающую часовую производительность посевного агрегата:

$$W = 0,1Bp \times Yp, \text{ га/ч} \quad (1)$$

где Bp – рабочая ширина захвата, м;

Yp – рабочая скорость, км/ч.

В этой зависимости присутствует фактор, который имеет агротехнически целесообразный предел и этим фактором является Yp – рабочая скорость. На каждый полевой прием наукой и практикой определены пределы оптимальных рабочих скоростей. В частности, посев существующими в настоящее время агрегатами рекомендуется выполнять на скорости 10–12 км/ч при предельно допустимом значении на прием 18–20 км/ч.

Простой анализ показывает, что при соответствующем техническом обеспечении производительность на посеве за счет повышения рабочей скорости может быть увеличена почти в 2 раза. Используется ли этот резерв? Для того чтобы ответить на этот вопрос, надо критически оценить и другой фактор аналитической зависимости Bp – рабочую ширину захвата агрегата.

Для этого приведем несколько иную зависимость, отражающую возможность единичного трактора реализовать тяговую мощность N тяг, сообразуясь с Bp .

$$N_{\text{тяг}} = 0,27 \times K \times B_r \times Y_r, \text{ кВт} \quad (2)$$

где K – рабочее удельное сопротивление агрегата, кН/м.

Рабочее удельное сопротивление агрегата, умноженное на рабочую ширину захвата, дает не что иное, как потребное тяговое усилие, которое должен обеспечить трактор:

$$P_{\text{тяг}} = K \times B_r, \text{ кН} \quad (3)$$

Общеизвестна тенденция значительного увеличения в последние 10 лет единичной мощности тракторов, поступающих в сельскохозяйственное производство. Номинальное усилие на крюке у них достигло 50 кН и продолжает расти (МТЗ-3022, МТЗ-3522 и др.).

Рационально использовать тяговое усилие, приближаясь к номиналу, можно путем увеличения удельного сопротивления агрегата, наполняя операционно-технологическую схему различными рабочими органами или, оставляя их минимально целесообразное количество со сниженным рабочим сопротивлением, увеличивать рабочую ширину захвата B_r .

В настоящее время в Республике Беларусь в массовом порядке реализуется первый вариант – использование комбинированных почвообрабатывающе-посевных агрегатов с удельным сопротивлением 9,0–9,5 кН/м, рабочей шириной захвата B_r , остановившейся на отметке 6 м, к энергонасыщенным тракторам класса 50; 60 кН. Таким образом, установленная для данных агрегатов рабочая скорость в 10–12 км/ч и не превышающая 6 м рабочая ширина захвата обозначили предел чистой производительности технологического приема посева, равной 7,2 га/ч ($W = 0,1 B_r \times Y_r = 0,1 \times 6 \times 12 = 7,2$ га/ч).

С учетом коэффициента использования рабочего времени $t(0,7)$ эксплуатационная производительность за час рабочего времени составляет 5,04 га.

Безусловно, комбинирование технологических операций при посеве в созревшую и подготовленную почву обеспечивает повышение качества работы, соответствие полученных результатов заданным параметрам.

Посев, по определению, есть размещение по площади пашни выбранным способом расчетного количества семян на установленную глубину заделки. На примере агрегата АППМ-6 (MSC Kverneland) производства Брестского электромеханического завода можно видеть технологическую последовательность операций, приводящую к точной заделке семян, как к одному из главных параметров качества сева (рис. 1).

Находясь на двух осях, рама стабильно сохраняет положение, параллельное поверхности агрофона, а подпружиненные рессорами сошники

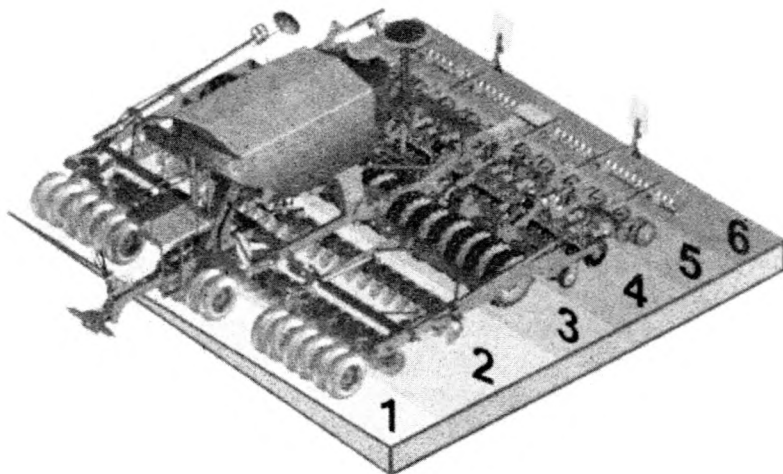


Рисунок 1 – Комбинированный почвообрабатывающе-посевной агрегат АППМ-6

Функции рабочих органов в операционно-технологической схеме:

- 1 – удержание рамы параллельно засеваемому агрофону пневматическими катками, 1-я ось передняя; 2 – рыхление посевного слоя дисками;
- 3 – уплотнение посевного слоя и удержание рамы параллельно поверхности почвы пневматическими катками, 2-я ось задняя; 4 – бороздообразование дисковыми сошниками; 5 – прикатывание поступивших в бороздки семян обрезиненными каточками; 6 – закрытие семян почвенной мульчей с выравниванием поверхности пружинными загорточами

с усилием 1,6 кН (160 кг) на каждый делают возможным укладку семян на строго заданную глубину.

Вместе с тем посевной агрегат в снаряженном состоянии массой 11,5 т не приспособлен для работы при повышенной влажности почвы, а также на почвах рыхлого механического состава (пески, супеси). Более того, нельзя добиться качественного сева при работе по свежевспаханной почве, что очень часто можно наблюдать в производственных условиях, где нарушаются требования к предпосевной подготовке агрофона. Еще большие неприятности возникают у посевных комбинированных агрегатов с опорно-транспортной системой, функции которой сохранены и при выполнении технологического процесса. У агрегатов серии АПП-6 (Лидагропромаш, Витебский МРЗ и др.) общая площадь следов транспортных колес с чрезмерным уплотнением почвы на гектар составляет примерно 16 % (рис. 2).

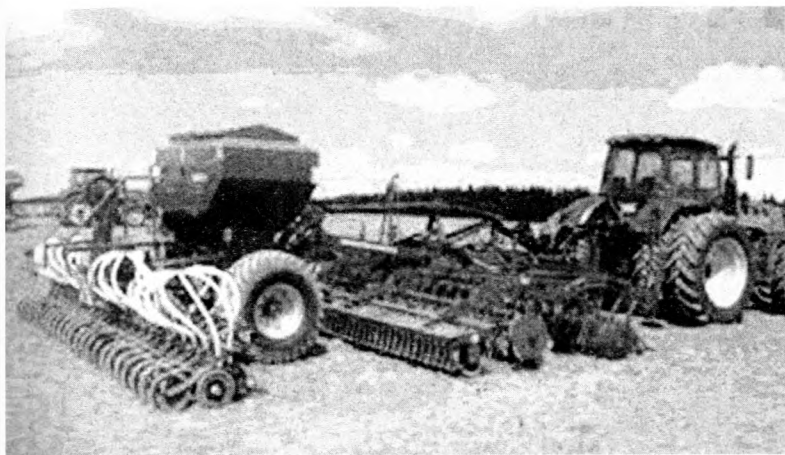


Рисунок 2 – Комбинированный почвообрабатывающе-посевной агрегат АПП-6Д

Рекомендации инструкции по переносу части веса с транспортных колес на каток практически невыполнимы, так как каток в этом случае в условиях взрыхленной почвы впереди идущими рабочими органами проседает, затормаживается и сгруживает рыхлый слой. Воспринимая же на себя значительную часть веса агрегата, транспортные колеса в работе оставляют уплотненную колею, где качество заделки семян, их полевая всхожесть и перезимовка резко снижаются (рис. 3).

Практика использования комбинированных почвообрабатывающе-посевных агрегатов показывает, что к изменяющимся почвенно-климатическим условиям возделывания культур с соблюдением требуемых показателей качества работы они не адаптированы.

Чтобы всходы были равномерными и дружными, производить посев необходимо в агротехнически зрелую и подготовленную почву.

Достигнутый уровень эксплуатационной производительности единичного комбинированного почвообрабатывающе-посевного агрегата в объеме 50 га за световой день и их общее количество в большинстве хозяйств не позволяют высеять ранние яровые культуры в нормативную продолжительность срока. Выход же в поле раньше срока с целью удлинения периода сева чреват снижением как параметров качества самого сева, так и потенциальной эффективности мероприятий по уходу за посевами.

Ранее отмечалось, что двукратного повышения производительности посева реально достичь при выполнении работы на более высоких скоростях. При этом, снижая удельное сопротивление агрегата путем



Рисунок 3 – Отсутствие полноценных всходов озимой пшеницы в следах опорно-транспортных колес посевного комбинированного агрегата АПП-6Д (24 марта 2015 г.)

оставления целесообразного количества рабочих органов, можно пойти на увеличение рабочей ширины захвата. Анализ современных тенденций развития посевной техники показывает, что ведущими европейскими фирмами сельхозмашиностроения (Kverneland, Lemken, Amazone и др.) активно разрабатывается направление, в котором посев выделен в самостоятельный технологический прием с рабочими параметрами скорости 15–18 км/ч, шириной захвата 12 м и более, при удельном сопротивлении 3–3,5 кН/м. Таким образом, допустимые технологические параметры сева и возможные конструктивные решения нового поколения агрегатов позволяют до четырех раз повысить производительность работы. Чтобы посев осуществлялся строго в срок, в обязательном порядке надо иметь соответствующий вариант таких агрегатов. Исполнение высокопроизводительных посевных агрегатов реализуется различными путями. Один из них – создание мономашинного полунавесного агрегата с увеличенным до 6 м³ объемом бункера для семян, централизованной пневматической высевальной системой, складывающимся сошниковым брусом с двухрядной расстановкой сошников (DG-12 Kverneland, Soliter-12 Lemken, Titan-12 Amazone). Целесообразное количество рабочих органов

и их функции представлены на примере посевного агрегата DG-12 фирмы Kverneland (рис. 4).

Второй путь – формирование прицепного многомашинного посевного агрегата из сеялок-модулей механического типа с помощью сцепки-носителя (рис. 5).

По утверждению фирмы Amazone, сцепка-носитель, а также навешенные на нее посевные модули рассчитаны на самые высокие требования к производительности и качеству работы.

Примечательно, что посевной модуль представляет собой классическую механическую высевашую систему с точной и равномерной подачей в однодисковые сошники семян. Заделка высевашего материала осуществляется подпружинными загортачами сплошного действия.

Три посевных модуля с шириной захвата 4 м каждый в рабочем положении засевают полосу шириной 12 м. Как отмечают специалисты фирмы, за счет раздельного выполнения обработки почвы и посева эффективность ступенчатой технологии значительно выше. Однако в представленных вариантах агрегатов отсутствует такая важная технологическая

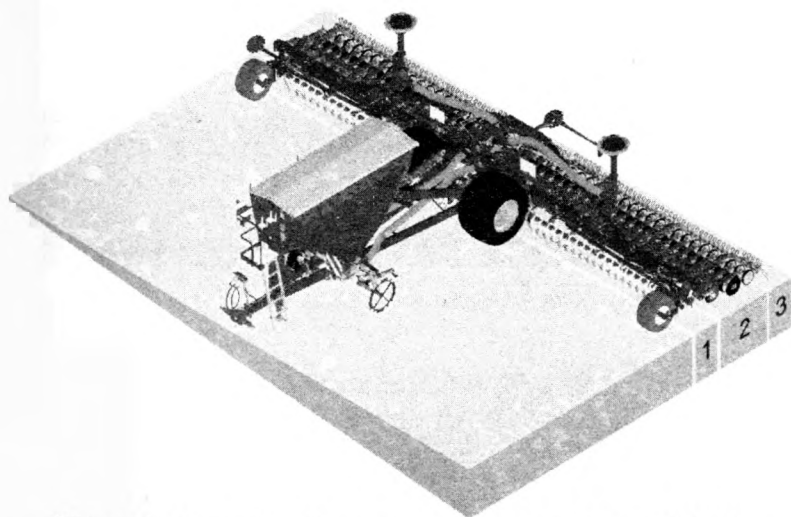


Рисунок 4 – Полунавесной мономашиный посевной агрегат DG-12.

Функции рабочих органов в операционно-технологической схеме:

- 1 – боронование подготовленной под посев почвы пружинными рабочими органами;
- 2 – бороздообразование дисковыми сошниками;
- 3 – прикатывание поступивших в бороздки семян обрезиненными каточками;
- 4 – закрытие семян почвенной мульчей с выравниванием поверхности пружинными загортачами

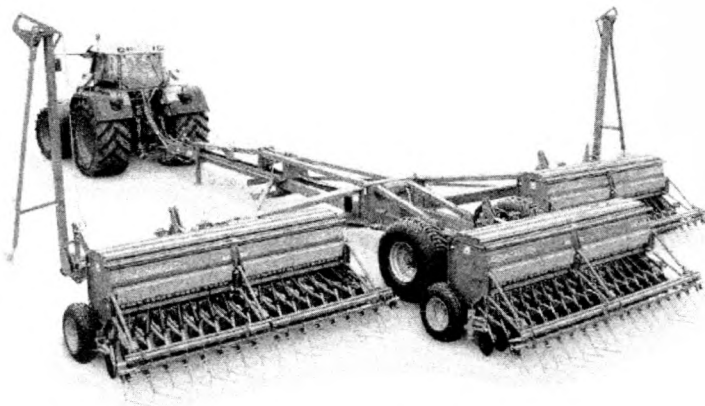


Рисунок 5 – Прицепной многомашинный посевной агрегат D9-120 Super (в транспорте – полунавесной)

функция, как высев стартовой дозы удобрений, что на почвах с невысокой кадастровой оценкой, а также в условиях дефицита средств и удобрений крайне важно. В этом отношении пристального внимания заслуживает инициатива РО «Белагросервис» по налаживанию в Республике Беларусь с 2004 г. в ОАО «Колядичагромаш» производства механической зерновой сеялки СЗ-4,2 (рис. 6).

На раме, опирающейся на два широкопрофильных колеса, смонтирован бункер для семян вместимостью 1000 дм³ и удобрений – 750 дм³. Высевальные аппараты катушечного типа с приводом от опорных колес. Сошники двухдисковые с опорно-прикатывающими регулируемыми каточками и двухрядной расстановкой на радиальных подпружиненных

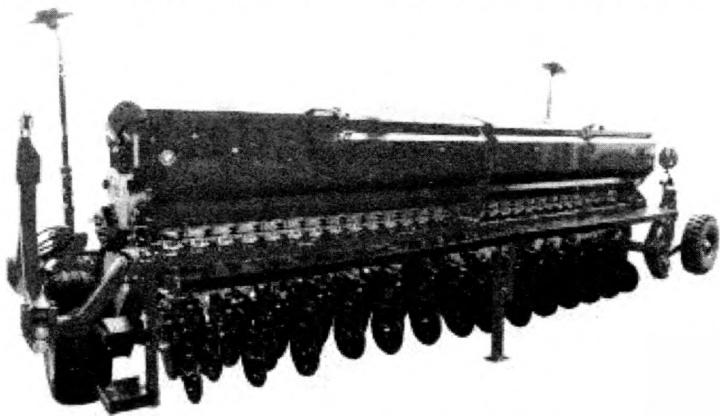


Рисунок 6 – Прицепная механическая сеялка СЗ-4,2

подвесках. Настройка норм высева семян и удобрений раздельная, при помощи бесступенчатых вариаторов. Включение и отключение валов высевающих аппаратов – гидрофицированное.

В одномашинном варианте сеялка агрегируется с тракторами класса 14 кН, а на повышенных скоростях до 15 км/ч – тракторами класса 20 кН (МТЗ-1221 и др.).

В недалеком прошлом опыт использования подобных машин – сеялок СЗ-3,6, СЗ-5,4 показал, что степень адаптации их к территориально-контурным и почвенно-климатическим условиям намного выше, чем у комбинированных почвообрабатывающих посевных агрегатов. Достичь же более высокой производительности следует за счет формирования варианта многомашинного их использования.

С участием автора была разработана и изготовлена на заводе «Бобруйсксельмаш» прицепная сцепка для двухмашинного агрегата на базе сеялок СЗ-5,4, выпускаемых заводом «Красная Звезда» (г. Кировоград, Украина) (рис. 7).

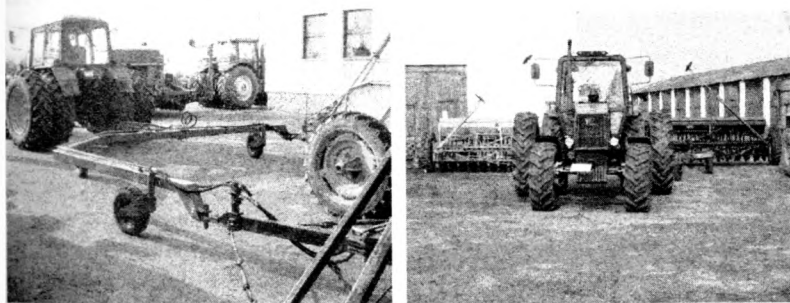


Рисунок 7 – Прицепной двухмашинный посевной агрегат на базе сеялки СЗ-5,4

Агрегатирование осуществляется трактором МТЗ-1221 со спаркой задних колес на скорости 8 км/ч и достижением дневной производительности 72 га. Очевидно, что и сеялки СЗ-4,2 в традиционной отвальной технологии возделывания зерновых культур по подготовленному к посеву агрофону на крупноконтурных полях должны использоваться в подобном варианте. Схема двухмашинного агрегата из сеялок СЗ-4,2 в работе представлена на рисунке 8, а в транспорте – на рисунке 9.

Удельное сопротивление сеялок типа СЗ находится в пределах 3 кН/м. С учетом прицепной сцепки оно не превышает 3,2 кН/м. Тогда потребное тяговое сопротивление агрегата составит

$$P_{\text{тяг}} = 3,2 \times 8,4 = 26,88 \text{ кН,}$$

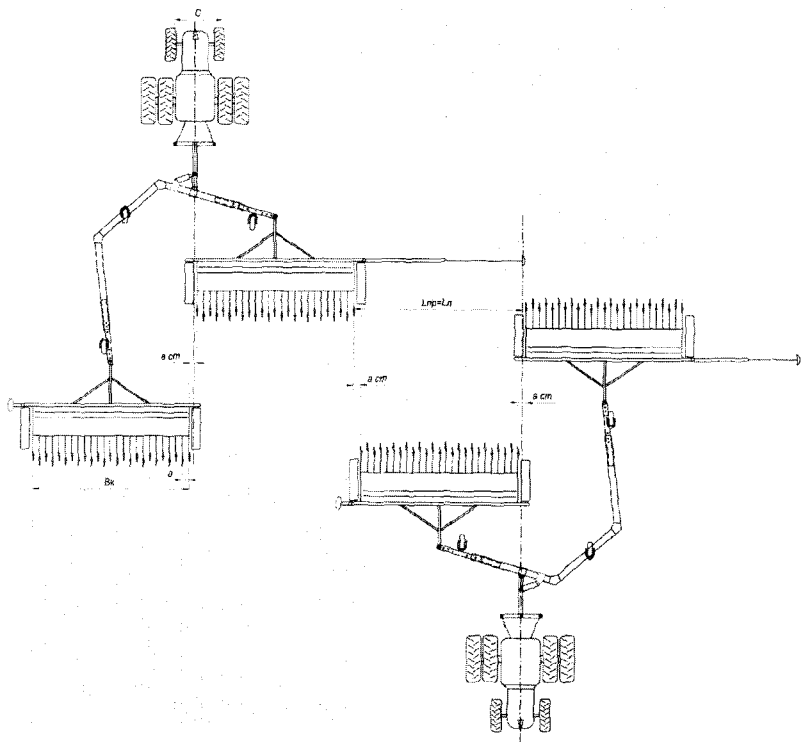


Рисунок 8 – Схема прицепного двухмашинного посевного агрегата на базе сеялки СЗ-4,2 в работе

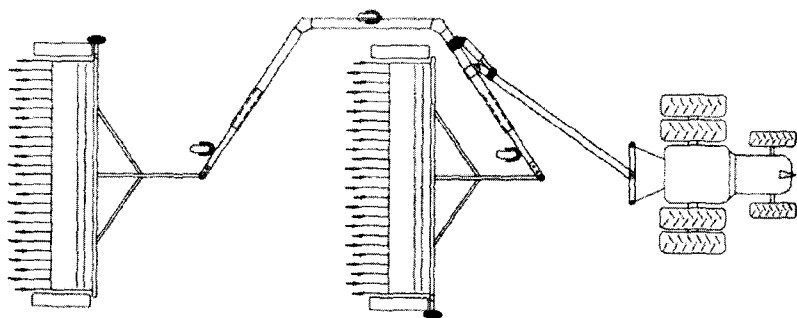


Рисунок 9 – Схема прицепного двухмашинного посевного агрегата на базе сеялки СЗ-4,2 в транспорте

а потребная тяговая мощность при рабочей скорости 15 км/ч

$$N_{\text{тяг}} = 0,27 \times 26,88 \times 15 = 108,86 \text{ кВт.}$$

При работе на спаренных колесах с достижением тягового КПД на уровне 0,6 потребуется трактор мощностью

$$N_e = 108,86 : 0,6 = 181,43 \text{ кВт } (\approx 250 \text{ л. с.}).$$

Дневная производительность составит

$$W = 0,1 V_p \times Y_p \times T_{\text{см}} \times t = 0,1 \times 8,4 \times 15 \times 12 \times 0,7 = 105,8 \text{ га.}$$

Заключение. Нормативная продолжительность сева в благоприятный период агросрока является важнейшим организационно-технологическим фактором в достижении планируемого результата.

Показатели качества сева и их заданные значения обеспечиваются посевными агрегатами в условиях агротехнически спелых почв на заранее подготовленных агрофонах. Использование комбинированного почвообрабатывающе-посевого агрегата при ограниченной производительности 50 га в смену, недостаточном их количестве в хозяйствах вынуждает специалистов смещать сев ранних зерновых культур в условия влажных, недостаточно прогретых почв. Технологическая эффективность приема при этом характеризуется неравномерной глубиной заделки семян, недружными всходами, переуплотнением почв ходовыми системами. Существующее положение можно исправить путем использования однооперационных широкозахватных посевных агрегатов на более высоких рабочих скоростях. При этом потенциальная производительность известных машин нового поколения в 4 раза выше достигнутой.

Для Республики Беларусь приемлемым является вариант двухмашинного использования механических сеялок СЗ-4,2 производства ОАО «Колядичиагромаш», составленных с помощью прицепной сцепки.

В соединении с тракторами класса 50 кН и работе на повышенной скорости до 15 км/ч производительность за дневную смену $T_{\text{см}}$ (12 часов) будет достигнута на уровне 105,8 га, что вдвое выше достигнутой комбинированным почвообрабатывающе-посевным агрегатом.

Поступила 05.05.2015

КАЧЕСТВЕННАЯ ОБРАБОТКА ПОЧВЫ – ОСНОВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКИХ УРОЖАЕВ

Аннотация. В настоящей статье авторами приведены теоретические исследования различных способов обработки почвы и предложен вариант комбинированного агрегата, совмещающего основную и предпосевную обработку почвы.

Качество обработки почвы напрямую влияет на появление всходов. При неравномерной глубине хода рабочих органов (рис. 1) сельскохозяйственных орудий в виде зубьев и лап ниже посевного горизонта возникают зоны, в которых нарушается подъем капиллярных почвенных вод, что препятствует прорастанию семян. Следствием этого, прежде всего в условиях отсутствия осадков, является неравномерное появление всходов, неравномерное развитие ростков, возникают трудности в выработке оптимальных сроков проведения мероприятий по защите растений.

Все вышеперечисленные моменты в развитии растений приводят к неравномерности созревания и снижению как количества, так и качества урожая [1].

Слишком тонко обработанная перед посевом почва с заиленной поверхностью приводит к залипанию поверхности, затвердевшую почвенную корку не могут пробить или пробивают с запаздыванием ростки, при этом недостаточен газообмен, неудовлетворительное обеспечение

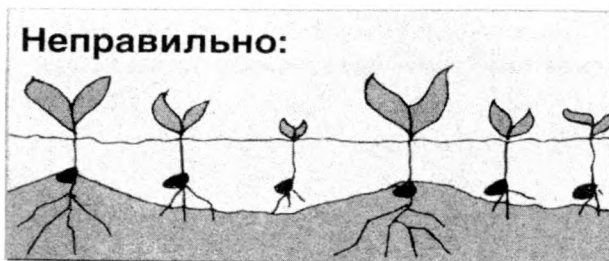


Рисунок 1 – Появление всходов при неравномерной глубине хода рабочих органов

ростков кислородом, недружное появление всходов, а это все в итоге резко снижает урожай возделываемых культур.

Равномерная глубина хода рабочих органов агрегата для предпосевной обработки почвы, и особенно комбинированного агрегата на базе плуга (рис. 2), обеспечивает:

- подключение всей поверхности посевного горизонта к капиллярным почвенным водам;
- создание плодородного посевного горизонта на необходимой глубине (2–3 см) для равномерной глубины заделки семян в почву;
- создание над посевным горизонтом верхнего 2–3 см слоя стабильной и неразмываемой структуры, поскольку комочки не превращены в пыль;
- быстрый прогрев почвы и хороший газообмен с достаточным обеспечением ростков кислородным питанием [1].

При этом раньше и равномерней появляются всходы, развиваются растения, а это облегчает выбор оптимальных сроков для проведения мероприятий по защите растений и подкормкам, тем самым создаются предпосылки для получения высоких урожаев.

В результате анализа различных технологий предпосевной обработки почвы [1–6] получены сравнительные агротехнические показатели, приведенные в таблице.

Результаты проведенных теоретических исследований показывают, что не все применяемые в производстве машины для предпосевной обработки почвы удовлетворяют агротехническим требованиям по выравниванию, выравниванию поверхности и уплотнению нижележащих слоев почвы.

Операции боронования и культивации с боронованием нельзя применять в качестве последних перед посевом, использование угольчато-планчатого шлейфа удовлетворяет требованиям к выравниванию и выравниванию, поверхностной глыбистости, не удовлетворяя уплотнению нижележащих слоев почвы, каткование – наоборот.

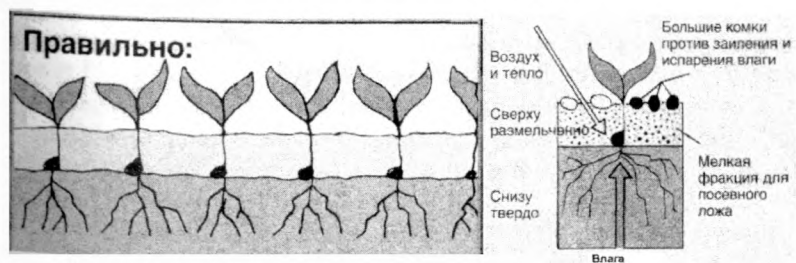


Рисунок 2 – Появление всходов при правильной обработке почвы

Таблица — Влияние различных операций предпосевной обработки почвы на агротехнические показатели

Операции предпосевной обработки почвы	Объемная масса почвы, кг/м ³	Средняя неровность, см	Продольный коэффициент		Коэффициент поверхностной глыбистости
			выравнивания	выравниваемости	
Боронование в два следа	0,91·10 ³	4,40	0,12	0,46	0,90
Культивация + боронование (два следа)	0,87·10 ³	4,70	—	0,43	0,91
Культивация + боронование + шлейф-борона	0,93·10 ³	2,00	0,58	1,00	0,96
Культивация + боронование + прикатывание (кольчато-шпоровый каток)	1,10·10 ³	2,60	0,40	0,77	0,93
Комбинированный агрегат Компрактор	1,18·10 ³	1,80	0,68	1,10	0,96

В связи с этим возникает необходимость в применении комбинированного агрегата на базе плуга, позволяющего качественно рыхлить, выравнивать и уплотнять почву. Приведенные данные по анализу агрономической эффективности применения данных комбинированных агрегатов дают право считать разработку, изучение и совершенствование конструкций плугов такого типа перспективным направлением в сельскохозяйственной науке и практике.

Фрезерные машины по агротехническим показателям выполнения некоторых операций имеют ряд явных и неоспоримых преимуществ перед другими почвообрабатывающими орудиями. Совмещение агрегатов с пассивными и активными рабочими органами позволяет уменьшить число проходов агрегатов по полю, а следовательно, снизить вредное воздействие движителей агрегатов на почву, повысить плодородие почвы и урожайность сельскохозяйственных культур [2].

В соответствии с применяемой в условиях Беларуси системой земледелия плуги общего назначения и их рабочие органы должны обеспечивать качественную вспашку почв с удельным сопротивлением до 0,09 МПа на глубину 0,18...0,27 м при выполнении требований агротехники. Рабочие органы плуга не должны залипать при влажности почвы до 75 % от наименьшей полевой влагоемкости [7]. Простота и надежность конструкции являются необходимыми требованиями для снижения стоимости орудия и затрат на обслуживание.

Ротационные машины и комбинированные агрегаты на их базе, позволяющие за один проход по полю выполнить несколько технологических операций, широко применяются в сельскохозяйственном производстве. Они наиболее полно удовлетворяют основным агротехническим требованиям, предъявляемым к машинам при интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур, – тщательное рыхление почвы на глубину заделки семян и выравнивание поверхности поля.

На основании проведенного анализа направлений совершенствования пахотных агрегатов и их рабочих органов установлено, что предъявляемым требованиям наиболее полно отвечает конструкция пахотного агрегата с приспособлением пальцево-ножевого типа, имеющего привод от ВОМ трактора (рис. 3). По сравнению с другими конструктивными решениями она обладает следующими преимуществами:

1. Обеспечивается повышение качества рыхления (в среднем на 12 %), крошения почвы (до 68,5...85,5 %) по сравнению с традиционным пахотным агрегатом [4].

2. Создаются условия для сочетания с другими конструктивными решениями, способствующими повышению технологических и агротехнических показателей вспашки (изменение формы сечения пласта,

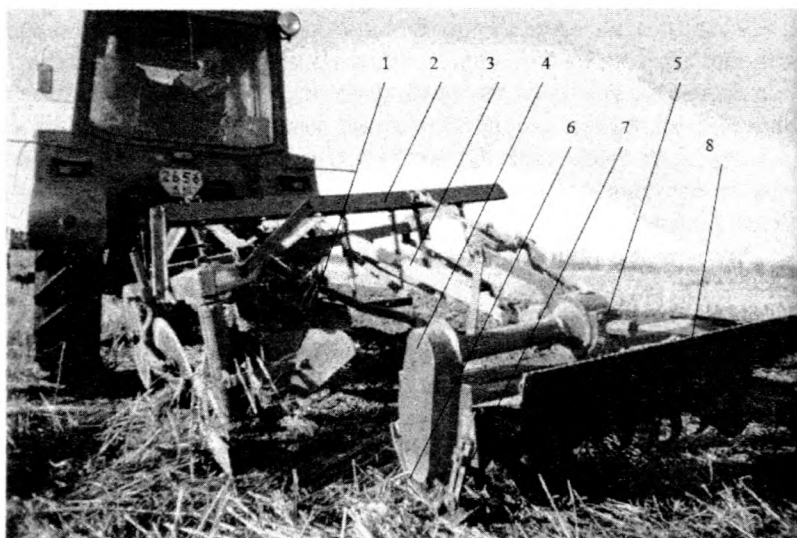


Рисунок 3 – Общий вид предлагаемого агрегата:

- 1 – корпус плуга; 2 – рама плуга; 3 – карданный вал; 4 – цепная передача;
5 – конический редуктор; 6 – копирующая лыжа; 7 – механизм изменения
глубины обработки; 8 – приспособление пальцево-ножевого типа

применение антифрикционных материалов, использование различных конструкций отвалов).

3. При составной конструкции приспособления возможно использование сменных комплектов ножей и пальцев для обработки почв с различными физико-механическими свойствами, а также замена отдельных элементов активного приспособления по мере их износа.

4. При рациональном выборе параметров ножей и пальцев возможно существенное сокращение площади рабочей поверхности и сил трения, более экономное использование металла в условиях серийного производства.

Комбинированный агрегат на базе плуга, совмещающий основную обработку почвы плугом ПЛН-3-35 и поверхностную обработку приспособлением с приводом активных рабочих органов от ВОМ, агрегируется с тракторами класса 1,4. За один проход он может использоваться при возделывании зерновых культур, рапса, пропашных и других сельскохозяйственных культур, при этом сокращение времени на обработку комков почвы, образующихся после прохода плуга, а также уменьшение числа проходов агрегата по полю позволяет снизить энергозатраты до 18,4 % [8].

Сменные рабочие элементы прикрепляются болтовыми соединениями к дискам, выполненным заодно с приводным валом. Вал приводится во вращение посредством карданной передачи от ВОМ трактора через цепную передачу и одноступенчатый конический редуктор, расположенный на корпусе приспособления. Приспособление крепится к раме плуга с помощью двух подпружиненных кронштейнов, обеспечивающих соединение с плугом, а также защиту рабочих органов при встрече с возможными препятствиями (камень). Необходимая глубина хода рабочих органов регулируется перемещением копирующих лыж. В состав рабочих органов входят Г-образные ножи и Г-образные пальцы, что позволяет комбинировать различные схемы их установки в зависимости от типа почвы и агрофона.

Известен рабочий орган в виде Г-образного ножа [9].

Недостатком этого рабочего органа является то, что он имеет только режущую часть и малоэффективен при работе на вспаханной или предварительно обработанной почве.

В настоящее время возникает необходимость улучшения качества обработки почвы при работе на разных агрофонах без смены рабочего органа за счет их совместного расположения на одном диске.

На основании вышеизложенного для проведения исследований была принята конструкция комбинированного рабочего органа (рис. 4), рабочие поверхности которого состоят из режущих и рыхлящих рабочих частей, расположенных последовательно.

Рабочий орган почвообрабатывающего орудия работает следующим образом.

Рабочий элемент 1 режет почву и перемешивает сорняки. Рабочий элемент 2 производит рыхление почвы (разрушение глыб, комьев, вычесывание сорняков и осадку нижележащих слоев почвы) [8, 10].

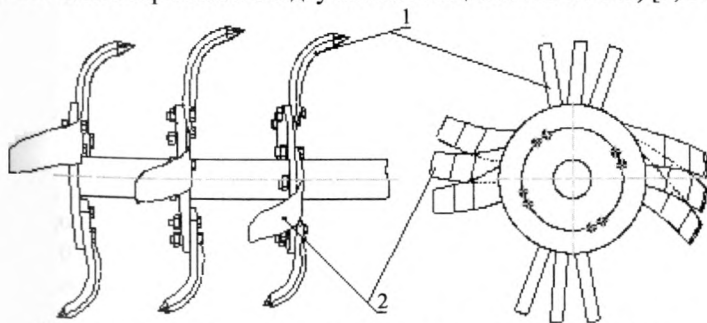


Рисунок 4 – Комбинированный режуще-рыхлящий рабочий орган (патент на полезную модель № 4227):

1 – рабочий элемент режущего типа; 2 – рабочий элемент рыхлящего типа

Для агрегатирования предлагаемого приспособления с оборотным плугом необходимо использовать специальное сцепное устройство (рис. 5).

Данное сцепное устройство обеспечивает нахождение приспособления в фиксированном положении относительно отваливаемого пласта почвы корпусами плуга.

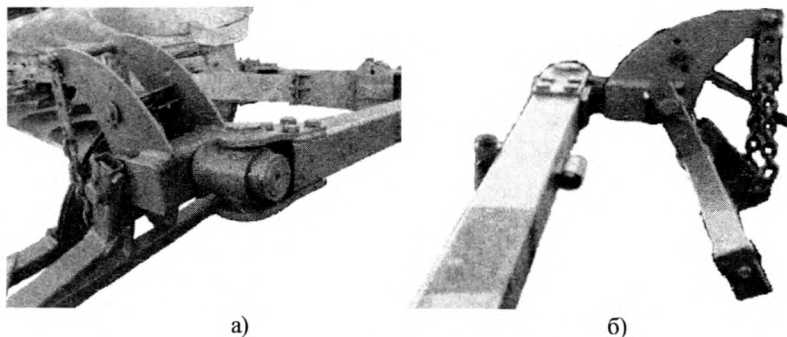


Рисунок 5 – Сцепное устройство к оборотному плугу:
а) вид спереди; б) вид со стороны плуга

Заключение. Разработана конструктивно-технологическая схема комбинированного агрегата на базе плуга с приспособлением пальцево-ножевого типа, имеющего привод от ВОМ трактора, обеспечивающего совмещение основной и дополнительной обработки почвы в соответствии с агротехническими требованиями при снижении затрат энергии до 18,4 % за счет отсутствия разрыва во времени между обработками и уменьшении числа проходов агрегата по полю.

Применение рабочего органа почвообрабатывающего орудия позволяет повысить качество предпосевной обработки почвы при работе на различных агрофонах за счет совмещения режущих и рыхлящих рабочих органов.

Список использованных источников

1. Добышев, А.С. Повышение эффективности возделывания зерновых культур применением комбинированных агрегатов и рабочих органов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01 / А.С. Добышев. – Горки, 2003. – 240 л.
2. Земледелие / С.А. Воробьев [и др.]; под ред. С.А. Воробьева. – М.: Агропромиздат, 1991. – 527 с.
3. Подскребко, М.Д. Агрономическая эффективность обработки почвы плугами с комбинированными рабочими органами / М.Д. Подскребко,

И.Я. Штейнерт, Г.В. Гайфулин // Почвообрабатывающие машины и динамика агрегатов: труды / ЧИМЭСХ. – Челябинск, 1976. – Вып. 98. – С. 51–61.

4. Ключков, А.В. Эффективная сельскохозяйственная техника / А.В. Ключков, Н.В. Чайчиц. – Минск: Ураджай, 1993. – 239 с.

5. Доспехов, Б.А. Современные методы обработки почв / Б.А. Доспехов, В.В. Бузмаков // Проблемы земледелия: науч. тр. / ВАСХНИЛ. – М.: Колос, 1978. – С. 312.

6. Яцук, Е.П. Ротационные почвообрабатывающие машины / Е.П. Яцук. – М.: Машиностроение, 1971. – 256 с.

7. Мацепуро, М.Е. Вопросы земледельческой механики / М.Е. Мацепуро. – Минск: Гос. изд-во БССР, 1959. – 388 с.

8. Добышев, А.С. Комбинированный агрегат на базе плуга / А.С. Добышев, К.Л. Пузевич // Вестник Белорус. гос. с.-х. акад. – 2009. – № 2. – С. 156–161.

9. Матяшин, Ю.И. Расчет и проектирование ротационных почвообрабатывающих машин / Ю.И. Матяшин, И.М. Гринчук, Г.М. Егоров. – М.: ВО «Агропромиздат», 1988. – 176 с.

10. Рабочий орган почвообрабатывающего орудия: пат. на полезную модель 4227 Респ. Беларусь МПК (2006) А 01В 33/00 / А.С. Добышев, Ф.Ф. Зубиков, К.Л. Пузевич, А.Р. Цыганов, В.А. Шуринов, О.В. Рехлицкий, А.А. Дюжев; заявитель БГСХА. – № u 20070298; заявл. 03.12.2007; опубл. 23.04.2007 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 2. – С. 13–14.

Поступила 09.02.2015

А.В. Червяков, С.В. Курзенков, кандидаты технических наук, доценты
А.С. Циркунов, ассистент

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», г. Горки

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ СПОСОБЫ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН

Аннотация. В статье представлены результаты исследования влияния обработки сверхвысокими частотами (далее – СВЧ) на посевные качества семян зерновых культур, рассмотрены биологические предпосылки применения предпосевной СВЧ-стимуляции.

Проблема качественных семян в настоящее время в сельском хозяйстве стоит достаточно остро. С одной стороны, она обусловлена ростом зараженности семян вредителями, головневыми и другими возбудителями заболеваний растений. С другой – тем, что зачастую даже самые качественные семена не используют при прорастании полностью свой биологический потенциал, заложенный природой, а в процессе длительного хранения посевные свойства семян, как правило, ослабевают.

Повышение урожайности сельскохозяйственных культур – одна из важнейших задач, которую вместе с селекционерами и агрономами в последние годы решают физики, биофизики и инженеры.

Воздействие электромагнитных полей на семенной материал может приводить к различным эффектам, проявление которых зависит в основном от частоты, мощности излучения и времени воздействия. К таким эффектам можно отнести стимуляцию семян, их возбуждение или подавление [1–3]. В режиме стимуляции происходит небольшая прибавка по проценту всхожести семян (порядка 2,5 %) и более быстрое их развитие, при возбуждении происходит максимальная прибавка по проценту всхожести, а в режиме подавления процент всхожести ниже контрольного, и растения развиваются медленнее или вообще не развиваются [2].

Обработка зернового материала СВЧ приводит к стимуляции метаболизма биоклеток семян: повышению активности ферментов (в частности, амилазы), активизации всхожести, энергии прорастания и силы роста. С увеличением доз вначале наблюдаются стрессовые явления в биоклетках, а затем их агония и некроз (гибель) [4, 5].

Установлено, что нагрев семян сорго в ЭМП (электромагнитное поле) СВЧ до 35–45 °С не приводит к снижению их посевных качеств [6]. Дальнейшее увеличение температуры нагрева семян влечет уменьшение этих показателей, причем особенно резко в области температур свыше

50–60 °С. Первое явление объясняется термоактивацией биологических процессов в семенах, второе – необратимыми температурными изменениями (денатурацией) белков.

Установлено, что технологический процесс обработки семян определяется совокупностью следующих параметров: частоты, мощности (или энергии) на единицу массы, времени обработки, времени отлежки, температуры нагрева [7].

По общепринятой на сегодняшний день технологии перед посевом семяна, согласно технологическому регламенту, подвергаются химическому протравливанию. Однако с экологической точки зрения приветствуется любое снижение количества этих ядохимикатов. Как показали исследования кандидата технических наук Г. Войнова, применение СВЧ при предпосевной обработке семян сельскохозяйственных культур уничтожает не только поверхностную инфекцию, но и болезнетворную микрофлору внутри семян [7]. К тому же ядохимикаты являются предметом импорта, что приводит к увеличению себестоимости сельскохозяйственной продукции. Им установлено, что при использовании ЭМП СВЧ в предпосевной обработке семян возможно снижение на 30 % количества ядохимикатов, а в ряде случаев полная их замена.

В Республике Беларусь технологией предпосевной обработки семян СВЧ-полем и разработкой соответствующего лабораторного и промышленного оборудования занимаются в НИИ «Институт ядерных проблем БГУ» и в РУП «Белорусский научный институт внедрения новых форм хозяйствования в АПК» [7, 8].

В 2006 г. в различных регионах Республики Беларусь была заложена серия опытов с целью получения данных по увеличению полевой всхожести семян, энергии прорастания, развитию корневой системы. Экспериментально выявлены несколько режимов взаимодействия: 1) стимуляции семян; 2) возбуждения семян; 3) подавления.

Многочисленные исследования по предпосевной стимуляции семян, проведенные в России и за рубежом (И.Д. Бородин – 1993 г., Ф.Я. Изаков, Б.В. Полевин, Б.В. Жданов – 1993 г., С.В. Вендин, В.М. Ковалев – 1995 г.), свидетельствуют о высокой эффективности исследования электромагнитного поля СВЧ для предпосевной обработки семян с целью повышения урожайности и качества продукции. В облученных семенах в результате увеличения концентрации свободных радикалов происходит увеличение проницаемости мембран, что обуславливает более быстрый приток воды и кислорода, необходимых для пробуждения и развития семян [9].

Воздействие электромагнитных полей на биологические объекты может приводить к различным эффектам, проявление которых зависит в основном от частоты, мощности излучения и времени воздействия.

А.В. Червяков, С.В. Курзенков, кандидаты технических наук, доценты
А.С. Циркунов, ассистент

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», г. Горки

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ СПОСОБЫ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН

Аннотация. В статье представлены результаты исследования влияния обработки сверхвысокими частотами (далее – СВЧ) на посевные качества семян зерновых культур, рассмотрены биологические предпосылки применения предпосевной СВЧ-стимуляции.

Проблема качественных семян в настоящее время в сельском хозяйстве стоит достаточно остро. С одной стороны, она обусловлена ростом зараженности семян вредителями, головневыми и другими возбудителями заболеваний растений. С другой – тем, что зачастую даже самые качественные семена не используют при прорастании полностью свой биологический потенциал, заложенный природой, а в процессе длительного хранения посевные свойства семян, как правило, ослабевают.

Повышение урожайности сельскохозяйственных культур – одна из важнейших задач, которую вместе с селекционерами и агрономами в последние годы решают физики, биофизики и инженеры.

Воздействие электромагнитных полей на семенной материал может приводить к различным эффектам, проявление которых зависит в основном от частоты, мощности излучения и времени воздействия. К таким эффектам можно отнести стимуляцию семян, их возбуждение или подавление [1–3]. В режиме стимуляции происходит небольшая прибавка по проценту всхожести семян (порядка 2,5 %) и более быстрое их развитие, при возбуждении происходит максимальная прибавка по проценту всхожести, а в режиме подавления процент всхожести ниже контрольного, и растения развиваются медленнее или вообще не развиваются [2].

Обработка зернового материала СВЧ приводит к стимуляции метаболизма биоклеток семян: повышению активности ферментов (в частности, амилазы), активизации всхожести, энергии прорастания и силы роста. С увеличением доз вначале наблюдаются стрессовые явления в биоклетках, а затем их агония и некроз (гибель) [4, 5].

Установлено, что нагрев семян сорго в ЭМП (электромагнитное поле) СВЧ до 35–45 °С не приводит к снижению их посевных качеств [6]. Дальнейшее увеличение температуры нагрева семян влечет уменьшение этих показателей, причем особенно резко в области температур свыше

50–60 °С. Первое явление объясняется термоактивацией биологических процессов в семенах, второе – необратимыми температурными изменениями (денатурацией) белков.

Установлено, что технологический процесс обработки семян определяется совокупностью следующих параметров: частоты, мощности (или энергии) на единицу массы, времени обработки, времени отлежки, температуры нагрева [7].

По общепринятой на сегодняшний день технологии перед посевом семяна, согласно технологическому регламенту, подвергаются химическому протравливанию. Однако с экологической точки зрения приветствуется любое снижение количества этих ядохимикатов. Как показали исследования кандидата технических наук Г. Войнова, применение СВЧ при предпосевной обработке семян сельскохозяйственных культур уничтожает не только поверхностную инфекцию, но и болезнетворную микрофлору внутри семян [7]. К тому же ядохимикаты являются предметом импорта, что приводит к увеличению себестоимости сельскохозяйственной продукции. Им установлено, что при использовании ЭМП СВЧ в предпосевной обработке семян возможно снижение на 30 % количества ядохимикатов, а в ряде случаев полная их замена.

В Республике Беларусь технологией предпосевной обработки семян СВЧ-полем и разработкой соответствующего лабораторного и промышленного оборудования занимаются в НИИ «Институт ядерных проблем БГУ» и в РУП «Белорусский научный институт внедрения новых форм хозяйствования в АПК» [7, 8].

В 2006 г. в различных регионах Республики Беларусь была заложена серия опытов с целью получения данных по увеличению полевой всхожести семян, энергии прорастания, развитию корневой системы. Экспериментально выявлены несколько режимов взаимодействия: 1) стимуляции семян; 2) возбуждения семян; 3) подавления.

Многочисленные исследования по предпосевной стимуляции семян, проведенные в России и за рубежом (И.Д. Бородин – 1993 г., Ф.Я. Изаков, Б.В. Полевин, Б.В. Жданов – 1993 г., С.В. Вендин, В.М. Ковалев – 1995 г.), свидетельствуют о высокой эффективности исследования электромагнитного поля СВЧ для предпосевной обработки семян с целью повышения урожайности и качества продукции. В облученных семенах в результате увеличения концентрации свободных радикалов происходит увеличение проницаемости мембран, что обуславливает более быстрый приток воды и кислорода, необходимых для пробуждения и развития семян [9].

Воздействие электромагнитных полей на биологические объекты может приводить к различным эффектам, проявление которых зависит в основном от частоты, мощности излучения и времени воздействия.

Возможные эффекты по результатам воздействия электромагнитных полей СВЧ на растительные и живые клетки можно отнести к следующим типам:

I. Энергетическое воздействие.

II. Биофизическое и биохимическое воздействие.

III. Информационное воздействие.

Энергетическое воздействие способно вызывать рост температуры в ткани, рост давления (причем наибольшее значение давления достигается в центре обрабатываемого вещества), развитие механических напряжений в плазматической мембране и в клеточных стенках.

Биофизическое и биохимическое воздействие отличаются низким уровнем мощности электромагнитного поля, неспособным привести к появлению энергетических эффектов [10].

К биофизическому типу воздействия следует также отнести эффекты, связанные с механическим взаимодействием макросоставляющих клетки под влиянием переменного ЭМП. К механическим взаимодействиям в растительной ткани мы относим взаимодействие колеблющихся в такт с ЭМП молекул воды с поверхностью пор и капилляров.

Механизм информационного воздействия изучен слабо. В настоящее время известно, что существует связь между слабыми ЭМП и функциональным проявлением ферментных структур.

Подобрав оптимальный режим обработки зерна, можно добиться стимулирующего эффекта и повышения всхожести. Однако существуют другие режимы обработки, которые могут привести к угнетению роста либо к аномальному развитию растений. Этим объясняется необходимость уяснения процессов, происходящих в семенах при микроволновой обработке, для чего целесообразно рассмотреть фазы прорастания семян и данные по физиологии прорастания:

1. Период покоя зерна прекращается – возможно, этому способствует растворение абсцизовой кислоты в условиях изменившегося теплового режима и влагосодержания [10, 11].

2. Начинается активное всасывание воды через микропиле (маленькая пора в семенной кожуре) и семенные оболочки.

3. После начала гидратации в клетках зародыша (особенно в корешке) изменения, соответствующие началу роста, наблюдаются уже через несколько часов, в эндосперме злаков значительно позже – через 1–2 дня.

4. Особое значение для проявления метаболической активности имеет активное вещество гиббереллин. Причем он эффективен в столь малых концентрациях, что действует на уровне «включения» и «выключения» генов [10]. Гиббереллин вырабатывается в зародыше (также есть предположение, что, возможно, в щитке, откуда потом поступает в зародыш) [10, 11]. Выработка начинается с набухания семян. Из зародыша

гиббереллин поступает в алейроновый слой и участвует в управлении расщепления питательных веществ.

5. Зерно не прорастет без: а) прохождения периода дозревания (отлежки); б) гидратации тканей.

МВ-обработка в режиме, параметры которого соответствуют нетепловому воздействию на растительный объект, представляет собой для семян управляющий сигнал, выводящий систему из состояния покоя и включающий в работу химические передатчики, такие как ауксин, цитокинины и гиббереллин. Причем в качестве управляющего сигнала выступает только магнитная составляющая электромагнитного поля.

Поры и капилляры живой ткани заполнены физиологической жидкостью, главным компонентом которой является вода. Под воздействием МВ-поля полярная молекула воды приобретает вращательный момент, под действием которого диполь ориентируется в направлении поля [1, 10, 12]. Так как направление поля меняется с частотой 2450 МГц, молекулы воды с той же частотой будут смещаться, и такое интенсивное трение их о поверхности капилляров приведет к выносу нежелательных включений и сглаживанию внутренней поверхности. Поэтому поглощательная способность клетки должна улучшиться. Другими словами, усиление питания клеточной ткани за счет улучшения транспортных свойств сети капилляров приводит к появлению эффекта биостимуляции.

Среди электрофизических способов обработки семян растений наиболее перспективной является обработка с применением электромагнитных волн сверхвысокой частоты [1–3, 5–8, 13, 15].

Работами ученых школы академиков И.Ф. Бородина, Н.Д. Девяткова экспериментально установлены проявления нетеплового низкоэнергетического (информационного) резонансного воздействия электромагнитных волн частотой $10^{11} \dots 10^{12}$ Гц (СВЧ-диапазон) на биологические системы [3, 14, 16]. Проведенными ими исследованиями было установлено, что повышение урожайности и качества урожая происходит только при определенных параметрах электромагнитных полей, таких как длительность воздействия, частотный диапазон, плотность мощности, пространственные характеристики электромагнитного поля. Причем оптимум этих параметров зависит от физико-механических свойств зернового материала, способов его хранения и послеуборочной обработки.

В БГУ разработано несколько типов оборудования для микроволновой предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур на основе микроволновых модулей. В основе технологии лежит информационное воздействие микроволновой энергии малого уровня мощности на биологические объекты [17]. Достигается увеличение урожайности на 10–12%. Технология применяется в тепличных хозяйствах Республики Беларусь.

Способ предпосевной обработки семян, который предложил Н.В. Цугленок, заключается в воздействии на предварительно увлажненные семена ЭМП СВЧ с целью уничтожения спор грибов и сухой головни. Поскольку эти споры обладают большей водопоглотительной способностью, чем зерно, попадая в поле СВЧ, основная часть энергии поглощается спорами, и они, интенсивно нагреваясь, гибнут. Наилучшие результаты для ячменя были получены при частоте колебаний 2450 МГц [15].

В Московском институте инженеров сельскохозяйственного производства им. В.П. Горячкина (МИИСП) разработан и испытан способ предпосевной обработки семян электромагнитным полем (ЭМП) сверхвысокой частоты (СВЧ), включающий предварительное увлажнение семян пленкообразующим водным раствором микроэлементов и биологически активных веществ и их отлежку в течение 3–15 мин. [18]. Облучение электромагнитным полем удельной мощности 30 кДж/кг с предварительным увлажнением и отлежкой позволяет снизить энергоемкость процесса в 15–20 раз, сократить время обработки с одновременным увеличением урожайности на 15–20 %.

Анализ существующих технологий и конструкций показывает, что микроволновая технология является эффективной мерой повышения урожайности широкого спектра зерновых и других культур. Благоприятные режимы обработки могут обеспечивать прирост урожая на 12–50 %. Однако существующее оборудование не обеспечивает необходимую равномерность СВЧ обработки в слое семян. В связи с этим необходимы дополнительные исследования для устранения этого недостатка.

Список использованных источников

1. Барышев, М.Г. Воздействие электромагнитных полей на биохимические процессы в семенах растений / М.Г. Барышев, Г.И. Касьянов // Известия вузов. Пищевая технология. – 2002. – № 1. – С. 21–23.

2. Кондратьева, Н.П. Предпосевная обработка семян зерновых культур / Н.П. Кондратьева // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2002. – № 8. – С. 9–10.

3. Мартинков, Р.Ю. Перспективы использования СВЧ-поля для предпосевной обработки семян / Р.Ю. Мартинков, А.С. Циркунов // Научный поиск молодежи XXI века: материалы Респ. науч. конф. студ. и магистрантов, Горки: БГСХА, 2012. – Ч. 1. – С. 336–339.

4. Червяков, А.В. Предпосылки и практическая реализация технологии предпосевной обработки семян СВЧ-полем / А.В. Червяков, С.В. Курзенков, А. С. Циркунов // Вест. Беларус. гос. с.-х. акад. – № 2. – 2012. – С. 111–115.

5. Пахомов, В.И. Активизация посевных свойств семян СВЧ-обработкой / В.И. Пахомов, Е.В. Ионова // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2004. – № 4. – С. 5–6.

6. Ионова, Е.В. Влияние электромагнитного поля сверхвысокой частоты на посевные, биохимические и физиологические качества семян сорго и других культур: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Е.В. Ионова; Дон. зон. НИИСХ. – пос. Рассвет: [б. и.], 2003. – 26 с.

7. Войнов, Г. Микроволновые технологии в сельском хозяйстве / Г. Войнов // Сейбіт. – 2006. – № 2. – С. 30–33.

8. Карпович, В.А. Резонансное воздействие электромагнитных волн низкой интенсивности СВЧ-диапазона на семена овощных культур / В.А. Карпович [и др.] // Междунар. аграр. журнал: Ежемесячный научно-производственный журнал для работников агропромышленного комплекса. – 2000. – № 3. – С. 8–10.

9. Гурецкий, Н.И. О механизме электромагнитного воздействия на биосистемы / Н.И. Гурецкий // Электрификация и автоматизация сельского хозяйства. – 1999. – С. 7–13.

10. Калинин, Л.Г. Механизм воздействия микроволнового электромагнитного поля (МВЭМП) на биологическую ткань растительных организмов / Л.Г. Калинин [и др.] // Микроволны в сельском хозяйстве [Электронный ресурс]. – 2008. – Режим доступа: <http://ceres.bip.ru/art/2.rtf>. – Дата доступа: 02.02.2008.

11. Овчаров, К.Е. Физиология формирования и прорастания семян / К.Е. Овчаров. – М.: Колос, 1976. – 256 с.

12. Биостимуляция семян // Микроволны в сельском хозяйстве [Электронный ресурс]. – 2007. – Режим доступа: <http://ceres.bip.ru/rbio.html>. – Дата доступа: 10.12.2007.

13. Курзин, Н.Н. Новые электромагнитные устройства сельскохозяйственного назначения / Н.Н. Курзин // Механизация и электрификация сел.хоз-ва. – 2004. – № 6. – С. 20–22.

14. Кучин, Л.Ф. Воздействие низкоэнергетическими СВЧ-полями на биологические объекты растениеводства / Л.Ф. Кучин // Использование СВЧ-энергии в сельскохозяйственном производстве. – ВНИПТИМЭСХ, зерноград, 1989. – С. 18–23.

15. Ксенз, Н.В. Обзор электрофизических методов предпосевной обработки семян / Н.В. Ксенз, Н.С. Гукова // Сб. науч. тр. / Азово-Черномор. гос. агроинж. акад. – Зерноград, 2003. – Вып. 3. – С. 90–93.

16. Микроволновое оборудование и технологии предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур // БГУ. – Научно-техническая продукция [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bsproduct.by/index.php/28.1037...0.0.0.html>. – Дата доступа: 26.02.2008.

17. Бородин, И.Ф. Анализ использования СВЧ-энергии в агропромышленном комплексе / И.Ф. Бородин // Использование СВЧ-энергии в сельскохозяйственном производстве. – ВНИПТИМЭСХ, зерноград, 1989. – С. 5–13.

Поступила 06.04.2015

Н.Н. Романюк¹, В.А. Агейчик¹, кандидаты технических наук, доценты
С.О. Нукешев², доктор технических наук, доцент
А.Е. Жунусова², А.А. Шамганова², магистранты

¹*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск*

²*Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г. Астана, Казахстан*

РАССЕИВАТЕЛЬ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Увеличение производства продукции растениеводства и животноводства остается ключевой проблемой сельского хозяйства страны. Повышение валового производства продукции во многом определяется разработкой и внедрением новых прогрессивных технологий и технических средств для возделывания сельскохозяйственных культур с учетом зональных условий производства.

Целью данных исследований явилось повышение эффективности внутрипочвенного внесения удобрений, регулирование ширины посева удобрений в зависимости от высеваемой культуры.

Проведенный патентный поиск показал, что известен рабочий орган для внесения минеральных удобрений одновременно с безотвальной обработкой почвы, включающий плоскорежущую лапу со стойкой, тукопровод, распределительную камеру с установленным в ней отражателем воздушно-туковой смеси, камеру завихрения воздушного потока [1].

Недостатком этого устройства является то, что оно обеспечивает только ленточное внесение минеральных удобрений в почву.

Известно устройство для внесения минеральных удобрений одновременно с безотвальной обработкой почвы, включающее плоскорежущую лапу с лемехом и полевой доской, стойку, тукопровод, распределительную камеру с установленным в ней отражателем воздушно-туковой смеси, выполненной в виде полой усеченной пирамиды, а отражатель выполнен в виде клина с полуконусом на задней грани [2].

К недостаткам данного устройства относится невозможность регулирования ширины посева минеральных удобрений в зависимости от высеваемой культуры.

Известен рабочий орган для внесения минеральных удобрений одновременно с безотвальной обработкой почвы, включающий плоскорежущую лапу со стойкой, тукопровод, распределительную камеру с установленным в ней отражателем воздушно-туковой смеси, в котором в основании тукопровода над отражателем воздушно-туковой

смеси установлена камера завихрения воздушного потока, а отражатель воздушно-туковой смеси выполнен в виде конической втулки с пластинами, расположенными на разной высоте и направленными в противоположные стороны [3].

К его недостаткам относится высокая степень неравномерности распределения минеральных удобрений, неспособность направить поток туков по ширине захвата рабочего органа.

Авторами разработана оригинальная конструкция рассеивателя минеральных удобрений (рис.).

Рассеиватель минеральных удобрений устанавливается перед рабочим органом фрезерного культиватора и представляет собой клин 1, сзади которого монтируется плита 2, в основании которой установлен патрубок 3. Внутри патрубка 3 размещен четырехзаходный винтовой завихритель 4, который регулируется по высоте относительно патрубка. Для надежной фиксации плиты 2 и клина 1 монтируется ребро 5 со стороны клина 1. В растворе патрубка 3 расположен распределитель минеральных удобрений 6, выполненный в форме части гиперболического полуконуса, который соединен с плитой 2 с помощью винтов 7. На патрубке 3 установлен держатель 8 с фигурными пазами для изменения положения рабочего органа – рассеивателя минеральных удобрений.

Рассеиватель минеральных удобрений работает следующим образом. Удобрения из бункера подаются к высевающему аппарату и далее по тукопроводу попадают в патрубок 3 рассеивателя. В патрубке 3

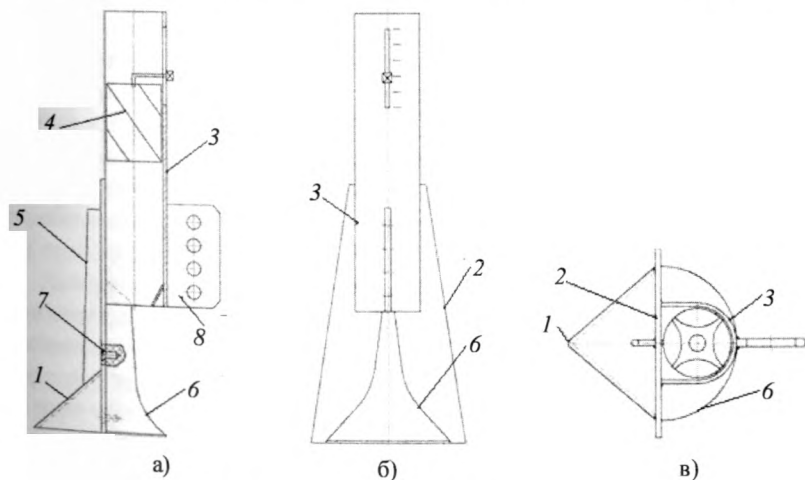


Рисунок 1 – Рассеиватель минеральных удобрений:
а) вид сбоку; б) вид сверху; в) вид спереди

минеральные удобрения вовлекаются во вращательное движение за счет четырехзаходного винтового завихрителя 4. Частицы удобрений приобретают упорядоченный закон движения и попадают на поверхность распределителя 6 и далее равномерно распределяются на обрабатываемый слой почвы на ширину захвата рабочего органа фрезерного культиватора.

Ширина посева регулируется изменением высоты расположения четырехзаходного винтового завихрителя 4.

Заключение. Рассеиватель минеральных удобрений обеспечит равномерность распределения удобрений на поверхность почвы. Заделывание удобрений рабочим органом фрезерного культиватора на весь объем обрабатываемой почвы позволит растениям использовать их на протяжении всего периода вегетации растений, что обеспечит рациональное питание и развитие растений. Подобное выполнение устройства позволяет регулировать ширину посева удобрений на поверхность почвы в зависимости от высеваемой культуры.

Список использованных источников

1. Заявка на изобретение RU № 94022954/15, М. кл. А01С 7/20, опубл. 20.03.1996.
2. Патент RU № 2363132, кл. А01С 7/20, бюл. № 22, 2009.
3. Патент RU № 2075273, кл. А01В 49/00, А01С 7/00, опубл. 20.03.1997.

Поступила 28.02.2015

И.Н. Шило¹, доктор технических наук, профессор

Н.Н. Романюк¹, **В.А. Агейчик**¹, кандидаты технических наук, доценты

С.О. Нукешев², доктор технических наук, доцент

А.Е. Жунусова², **А.А. Шамганова**², магистранты

¹УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск

²Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г. Астана, Казахстан

ТУКОВЫСЕВАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО

Отличительная особенность новых технологий в растениеводстве на современном этапе заключается в освоении методов управления продукционным процессом сельскохозяйственного производства. Главным ресурсом управления продукционным процессом являются удобрения. Их применение должно быть основано на программировании урожая с информацией о потребностях растений по фазам их роста и развития.

Целью данных исследований явилось повышение качества внесения удобрений, упрощение туковывсевающего устройства и повышение надежности работы агрегата в целом.

Проведенный патентный поиск показал, что известен высевающий аппарат, который используется на двухрядной картофелепосадочной машине для совмещения операций: посадки клубней и локального внесения органических удобрений [1].

Аппарат состоит из бункера сыпучих удобрений и дозирующе-транспортирующего блока, который содержит донный скребковый транспортер, установленный на выгрузном окне бункера, рыхлитель, опоры вала которого установлены на бункере и имеют возможность перемещаться по горизонтали, тем самым изменяя щель между рыхлителем и донным скребковым транспортером, что в совокупности со сменными звездочками позволяет регулировать норму подачи удобрений.

Дозирующе-транспортирующий блок содержит подающий шнек, принимающий удобрения с донного транспортера и сдвигающий их своими лопастями через щель, образованную его кожухом над транспортером подачи удобрений на ленту последнего. На ленте транспортера расположены лопасти, сдвигающие удобрения в лунки борозды. Для этого перестановкой сменных звездочек на ведущем валу подающего транспортера регулируют скорость его движения и добиваются правильного расположения лопастей относительно лунок.

Недостатками известного устройства являются:

– низкая степень локализации, которая определяется конструкцией подающего транспортера, неспособного из-за высокой влажности удобрений, сопровождающейся адгезионными процессами, обеспечить дискретность внесения и приводит к растягиванию порций вдоль посадочной борозды;

– конструкция высевающего аппарата увеличивает габариты посадочной машины по длине, что приводит к снижению производительности машинно-тракторного агрегата из-за увеличения времени его разворота на поворотной полосе, а также к необходимости отбивать достаточно широкие разворотные полосы.

Известен спиральный питатель-дозатор, включающий трубчатый корпус с загрузочной и разгрузочной горловинами и размещенной в нем транспортирующей спиралью, привод и стержень [2]. При этом стержень размещен в полости транспортирующей спирали с противоположной стороны от привода, с возможностью осевого перемещения на требуемую глубину.

Недостатком данного питателя-дозатора является дискретный характер регулирования дозы, поскольку при введении стержня на любую глубину в полость транспортирующей спирали площадь поперечного сечения перемещаемого потока сыпучего материала в трубчатом корпусе уменьшается на постоянную величину, равную площади поперечного сечения стержня. Кроме того, ограничена сфера использования данного типа питателя-дозатора, в частности, при размещении транспортирующей спирали непосредственно в бункерах при большом давлении вышележащего сыпучего материала.

Известен дозатор сыпучих материалов непрерывного действия, содержащий сужающийся книзу бункер с выгрузным отверстием, размещенный на днище бункера вал с транспортирующей спиралью и привод, при этом транспортирующая спираль расположена на валу с возможностью изменения шага витков и своими концами связана с валом посредством втулок с фиксатором [3].

Дозатор данного типа с изменяемым шагом витков транспортирующей спирали, по сравнению с ранее описанным, обеспечивает возможность плавного дозирования сыпучего материала. Однако в конструкции этого дозатора необходимое изменение шага витков спирали на длине ее рабочей части, находящейся в зоне выгрузного отверстия, осуществляется за счет осевого растяжения или сжатия всей длины спирали, что связано с громоздкостью конструкции дозатора.

Известен катушечный высевающий аппарат, содержащий бункер, выгрузное окно, высевающую катушку, являющуюся дозатором, которая имеет внутреннюю обойму, закрепленную на валу привода высевающего

аппарата, и наружную обойму с загрузочными окнами, имеющую возможность поворота относительно внутренней обоймы, причем наружная и внутренняя обоймы связаны между собой посредством упругого элемента [4].

Недостатками известного устройства являются сложность установления нормы высева, так как удобрения после высева в тукопровод имеют возможность отражаться от него, и часть их снова окажется в загрузочной полости, кроме того в процессе работы происходит усталостное изнашивание пластинчатых пружин, они теряют свою упругость, что сопровождается изменением нормы высева удобрений в тукопровод, а следовательно, влияет на локализацию размещения порции удобрения, которая определяется конструкцией подающего транспортера, способного обеспечить лишь ленточное внесение удобрений, но никак не луночное.

Авторами разработана оригинальная конструкция туковысевающего устройства (рис.).

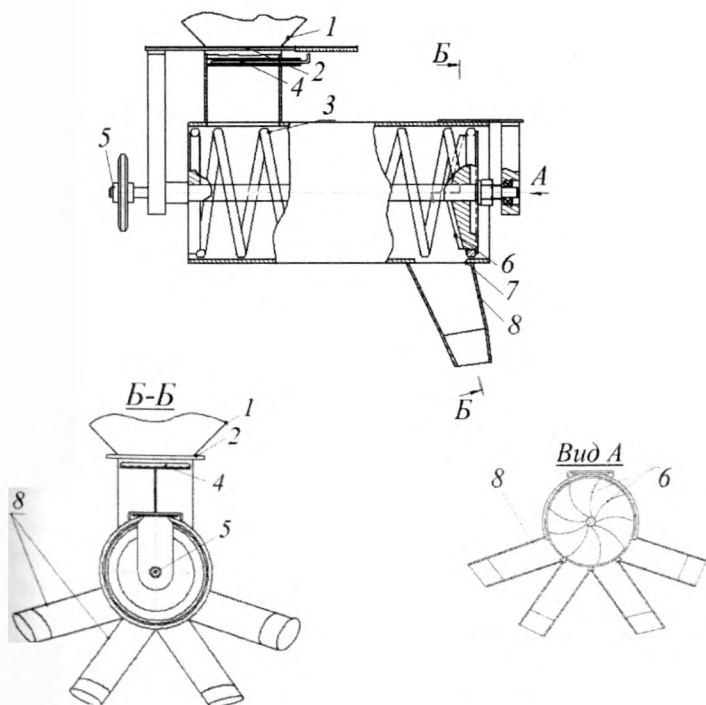


Рисунок – Туковысевающее устройство

Устройство включает бункер 1 зерновой сеялки в форме усеченного конуса, в нижнем отсеке бункера выполнено высевное окно 2, количество поступающего из бункера на дозатор 3 удобрения регулируется заслонкой 4, с регулировочной шкалой установки нормы высева материала. Дозатор 3 представляет собой спиралевидное упругое тело, закрепленное на валу 5 привода высевающего устройства, на котором закреплен конический сегментный отражатель 6 с выгрузными окнами 7 и тукопроводом 8.

Сегментный отражатель 6 представляет собой конус с рифами, форма которых описывается формулой

$$L = \pi r \alpha / 180^\circ,$$

где L – длина дуги, м;

r – радиус окружности, м;

α – центральный угол в градусах.

Туковысевающее устройство работает следующим образом. Удобрение из бункера 1 через высевное окно 2 самотеком поступает в спиральный дозатор 3. Дозатор 3, вращаясь, транспортирует удобрение к выгрузному окну 7, при этом сегментный отражатель 6 равномерно распределяет удобрение по тукопроводам 8.

Заключение. Предложена оригинальная конструкция туковысевающего устройства, использование которого позволит реализовать равномерное внесение сыпучих удобрений, повысить качество и надежность работы агрегата в целом.

Список использованных источников

1. Старовойтов, В.И. Локальное внесение органических удобрений при посадке / В.И. Старовойтов, М.В. Старовойтова // Картофель и овощи. – 1998. – № 2. – С. 11–12.
2. Патент RU №2012527, МКИ В65G 33/24, 1994.
3. А.с. СССР №222781, кл. А01С 15/16, 1967.
4. Патент RU №2130244, МКИ А 01 С 7/12, 1999.

Поступила 25.03.2015

В.В. Азаренко, доктор технических наук, доцент

А.Л. Мисун, магистрант

А.Ю. Ларичев, студент

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск

О РЕЗУЛЬТАТАХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НА КЛЮКВЕННЫХ ЧЕКАХ

При проведении исследований повышения безопасности и эффективности использования технических средств на клюквенных чеках, их технологических возможностей была взята одна из основных технологических операций, которая включала в себя расчесывание и обрезку стелющихся побегов клюквы. Исходя из полученных результатов было установлено, что существенное влияние на качество и безопасность механизированного расчесывания и обрезку побегов клюквы оказывают режимы работы технического средства.

Анализ литературных источников позволил сделать вывод, что рабочие органы технических средств для поднятия, расчесывания и обрезки стелющихся горизонтальных побегов клюквы (в дальнейшем стелющихся побегов) могут включать конструктивные элементы разнообразной конфигурации. Кроме того, большое количество факторов различной природы, влияющих на выполнение рассматриваемой технологической операции, делает целесообразным постановку отсеивающих экспериментов [1–2], позволяющих на первом этапе исследований выявить наиболее существенные факторы, которые могут в дальнейшем быть использованы для создания технического средства, потенциально обладающего требуемым комплексом эксплуатационных показателей (скорость, изменяющаяся в зависимости от длины стелющихся побегов, высота клюквенника, тип используемых технических средств и их конфигурация), различная комбинация которых оказывает влияние на полноту обрезки стелющихся побегов клюквенника.

Для постановки отсеивающего эксперимента был взят насыщенный план дробного факторного эксперимента типа 2^{3-1} с количеством опытов $N = 4$ и генерирующим соотношением $X_3 = -X_1X_2$ [3]. В результате проведения эксперимента и обработки данных методами математической статистики было получено следующее уравнение регрессии:

$$Y = 86,7 - 4,8X_1 - 29X_2 - 2,5X_3. \quad (1)$$

Анализ результатов отсеивающего эксперимента позволил сделать выводы [4]:

а) по степени значимости на параметр оптимизации линейные эффекты в выбранном интервале варьирования располагаются следующим образом: $X_1 > X_2 > X_3$ ($4,8 > 2,9 > 2,5$);

б) снижение скорости движения машинно-тракторного агрегата (трактор + рассматриваемое техническое средство) с 5,1 до 2,6 км/ч, вызванное изменением длины стелющихся побегов на 28 % повышает на 10 % количество обрезанных стелющихся побегов, то есть посадочного материала;

в) использование гребенки в конструкции технического средства вместо расчесывающего барабана также позволяет увеличить количество обрезанных стелющихся побегов на 6 %;

г) применение в качестве рабочих элементов расчесывающего устройства сдвоенных пружинных зубьев позволяет по сравнению с консолями-прутками увеличить полноту обрезки стелющихся побегов на 5 %, что ощутимо с учетом агротехнических требований на выполнение технологической операции;

д) оптимальное сочетание значений рассмотренных факторов для достижения высокой степени обрезки стелющихся побегов (более 95 %) следующее: $x_1 \approx 2,6$ км/ч ($X_1 = -1$); x_2 – гребенка ($X_2 = -1$); x_3 – сдвоенные пружинные зубья ($X_3 = -1$).

Таким образом, наилучшая конструкция технического средства для поднятия, расчесывания и обрезки стелющихся побегов клюквенника на чеке включает в себя расчесывающее устройство в виде гребенки со сдвоенными пружинными зубьями.

Вторая задача исследования включала в себя оценку приспособленности (удобства, доступности и безопасности) выполнения механизатором технологических регулировок технического средства для поднятия, расчесывания и обрезки стелющихся побегов клюквы, при промышленном ее выращивании на чеках все регулировки делились на оперативные и установочные. К оперативным относились технологические регулировки, выполнение которых не требовало прерывания технологической операции, либо регулировки, выполняющиеся неоднократно в течение рабочей смены с прерыванием технологической операции (остановкой машинно-тракторного агрегата, выключением рабочих органов и т. д.). Установочными считали регулировки, выполнение которых производилось не чаще одного раза в смену и требовало прерывания технологической операции.

С учетом вышеизложенного и положений нормативного документа для проведения исследований нами предложена методика, в основу которой положена оценочная шкала от одного до пяти баллов: пять баллов

означает высокую приспособленность рассматриваемого технического средства к проведению технологических регулировок, а в один балл оценивалась крайне низкая приспособленность регулировки рабочего органа для качественного выполнения технологической операции [5].

Для проведения экспертной оценки показателей приспособленности технологических регулировок, их удобства, доступности и безопасности были привлечены механизаторы, имеющие достаточную профессиональную квалификацию и практический опыт работы.

Исходя из полученных результатов следует, что наименее удобными и наиболее опасными являются регулировки высоты среза стелющихся побегов клюквенника и угла наклона дополнительной секции рассматриваемого технического средства.

Согласно нормативному документу выделяют три качественные оценки показателя приспособленности техники K_n к регулировкам: «хорошая приспособленность» ($0,8 \leq K_n \leq 1$); «недостаточная приспособленность» ($0,4 \leq K_n < 0,8$); «плохая приспособленность» ($0 \leq K_n < 0,4$) [5]. Приведенные критерии для оценки приспособленности техники к технологическим регулировкам в нашем случае позволили сделать вывод, что часть механизмов регулирования технического средства для поднятия, расчесывания и обрезки стелющихся побегов клюквенника плохо приспособлена к выполнению регулировочных операций – K_n для отдельных регулировок составляет $0,33 \dots 0,36$ (табл.).

На основании результатов ранее проведенных и собственных исследований определена средняя требуемая частота выполнения технологических регулировок рабочих органов технических средств, и в частности для поднятия, расчесывания и обрезки стелющихся побегов клюквенника [4; 6–7].

Количество выполненных механизатором регулировок за смену определялось с учетом сменной выработки технических средств, а также размеров клюквенного чека. Анализ полученных результатов показал, что для регулировок угла наклона на откосах чека установки высоты среза стелющихся побегов клюквенника технического средства для поднятия, расчесывания и обрезки стелющихся побегов, где показатель приспособленности к технологическим регулировкам самый низкий – количество их выполнения за смену составляет более 30 раз. И это притом, что более 11 % несчастных случаев в АПК приходится на поля, где имеются каналы, овраги, откосы.

Для выбора режимов механизированной обрезки стелющихся побегов клюквенника с учетом параметров производственной среды разработана номограмма (рис.).

Таблица – Результаты расчета показателя приспособленности основных технологических регулировок технического средства для поднятия, расчесывания и обрезки стелющихся побегов клоквы

Наименование регулировки	Показатель приспособленности основных технологических регулировок технических средств (K_{Π})	Показатель риска травмирования механизатора (P_R)	Обобщенный показатель приспособленности технического средства к управлению технологической операцией ($K_{\Pi O}$)	Показатель безопасности управления технологической операцией на клоквенном чеке (K_B)
Высота среза стелющихся побегов клоквенника:				
оперативная	0,36	0,520		
установочная	0,36	0,520		
Частота вращения режущего барабана	0,97	0,015	0,446	0,571
Угол наклона дополнительной секции хедера:				
оперативная	0,33	0,559		
установочная	0,43	0,447		

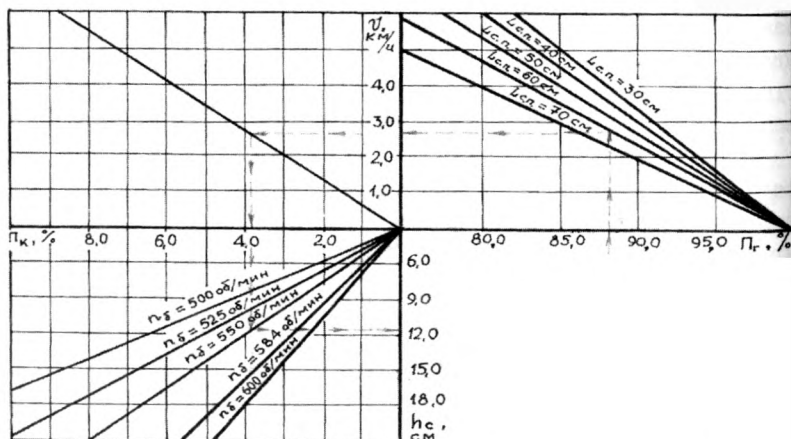


Рисунок – Номограмма для выбора режимов механизированной обрезки стелющихся побегов клоквенника с учетом параметров производственной среды

Обоснована зависимость для определения показателя приспособленности технического средства к технологическим регулировкам на клюквенном чеке. Анализ результатов исследований показал, что наибольшую опасность для травмирования механизатора на клюквенном чеке представляет выполнение технологической операции по поднятию, расчесыванию и обрезке стелющихся побегов клюквенника (показатель безопасности управления технологической операцией K_g равен 0,571). Для выбора безопасных режимов механизированного выполнения этой технологической операции с учетом изменяющихся параметров производственной среды разработана номограмма.

Список использованных источников

1. Леонов, А.Н. Основы научных исследований и моделирования: учебно-методический комплекс / А.Н. Леонов, М.М. Дечко, В.Б. Ловкис. – Минск: БГАТУ, 2010. – 276 с.
2. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – М.: Вышш. шк., 2000. – 480 с.
3. Мисун, Л.В. Обоснование режимов работы технического средства для ухода за клюквенным покровом промышленной плантации / Л.В. Мисун [и др.] // Агропанорама. – 2010. – № 2. – С. 6–13.
4. Аверьянов, Ю.И. Системный подход к исследованию безопасности процесса уборки зерновых культур / Ю.И. Аверьянов // Вестник ЧГАУ. – Челябинск, 2009. – Т. 55. – С. 5–9.
5. ГОСТ 26026-83. Машины и тракторы сельскохозяйственные и лесные. Методы оценки приспособленности к техническому обслуживанию. – М.: Изд-во стандартов, 1985.
6. Дмитриев, М.С. Исследование риска травмирования комбайнеров на основе оценки приспособленности зерноуборочных комбайнов к выполнению технологических регулировок / М.С. Дмитриев [и др.] // Наука. – Костанай, 2005. – № 3. – С. 4–10.
7. Азаренко, В.В. Результаты исследования приспособленности к технологическим регулировкам технического средства для поднятия, расчесывания и обрезки стелющихся побегов клюквы на риск травмирования механизатора / В.В. Азаренко, А.Л. Мисун, С.В. Коваев // Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 23–24 октября 2014 г.: в 2 ч. / редкол.: И.Н. Шило [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2014. – Ч. 2. – С. 123–124.

Поступила 19.03.2015

ПЛУГ С ОБОРОТНЫМИ КОМБИНИРОВАННЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ

Обработка почвы в сельском хозяйстве является одной из наиболее трудоемких операций. На нее приходится 30–40 % энергетических и 25 % трудовых затрат из всего комплекса работ при возделывании сельскохозяйственных культур, от 7,9 до 49 % общего расхода топлива. Плодородие почвы и урожайность сельскохозяйственных культур во многом зависят от качества обработки почвы. Урожайность при прочих равных условиях на 25 % зависит от качества обработки почвы, на 25 – от сорта возделываемой культуры и на 50 % – от удобрений.

Принцип развития механизации сельского хозяйства в современных условиях (ограничение природных и трудовых ресурсов) формулируется следующим образом: производство качественной сельскохозяйственной продукции в необходимых количествах при минимальных затратах труда, материалов и средств на единицу этой продукции. Экономия ресурсов – основной принцип при использовании сельскохозяйственной техники во всех промышленно развитых странах.

Тракторы сельскохозяйственного назначения, как основная движущая сила в мобильной энергетике агропромышленного комплекса, находятся в непрерывной динамике развития и совершенствования в самых разных направлениях.

В связи с требованиями ресурсосбережения необходимо пересмотреть некоторые положения как в построении сельскохозяйственных тракторов, так и в их эксплуатации, перейти от количественных изменений (наращивание мощностей) к качественным конструктивного и организационного характера. В решении этой задачи возможно два направления: повышение загрузки двигателя на отдельных операциях или увеличение доли работ с высокой степенью загрузки двигателя. Для обеспечения первого необходимо выбрать наиболее рациональную конструкцию и ширину захвата орудия (с учетом допустимого уровня буксования движителей), решить вопрос о рациональной эксплуатационной массе трактора (с учетом допустимого давления движителей на почву) и рациональной рабочей скорости (с учетом агротехнических ограничений) для достижения максимальной производительности и минимального

расхода топлива при соблюдении экологических требований. Реализация второго направления приведет к некоторому снижению универсальности трактора. Наилучшие результаты может дать совмещение указанных направлений в обоснованном соотношении.

Анализ тенденций развития энергетических средств и агрегируемых с ними сельскохозяйственных машин, совмещающих вспашку с дополнительной обработкой почвы, позволяет сделать следующие выводы: тракторостроение характеризуется в настоящее время ростом единичной мощности двигателей выпускаемых тракторов; эффективный путь использования мощности энергонасыщенного трактора – передача ее части на привод активных рабочих органов сельскохозяйственной машины; плуг с комбинированными рабочими органами значительно лучше, чем лемешно-отвальный перемешивает слои почвы, минеральные и органические удобрения, заделывает растительные остатки.

Перспективным направлением повышения производительности и рационального использования возрастающей мощности тракторов является создание пахотных агрегатов, у которых значительная часть мощности передается на рабочую машину, минуя ходовую систему трактора. Поэтому обоснование эффективных рабочих органов, параметров и режимов работы плуга с активными рабочими органами, осуществляющими обработку почв за один проход с наименьшими энергетическими затратами, является актуальной научно-технической задачей, имеющей важное значение для сельскохозяйственного производства.

В настоящее время известен ряд конструкций плугов с комбинированными рабочими органами (с активными рабочими органами). Однако они не позволяют выполнять гладкую вспашку, то есть без свальных гребней и развальных борозд, в отличие от оборотных лемешно-отвальных плугов.

В этой связи предлагается конструкция пятикорпусного полунавесного плуга с оборотными комбинированными рабочими органами (рис.), предназначенного для вспашки различных почв на глубину до 27 см с удельным сопротивлением до 0,1 МПа (1 кгс/см^2), влажностью обрабатываемого слоя до 25 %, высотой пожнивных остатков и травостоя до 20 см, с уклоном поля до 8° , засоренных камнями различных размеров и форм. Плуг агрегируется с трактором «Беларус-1523».

Плуг состоит из рамы, механизма навески, механизма регулировки глубины пахоты с опорным колесом, оборотных комбинированных корпусов с рессорными предохранителями и изменяемой шириной захвата.

Оборотный комбинированный рабочий орган сочетает лево- и правооборачивающие пассивные корпуса с одним активным рыхлящим органом – ротором, вращающимся вокруг вертикальной оси

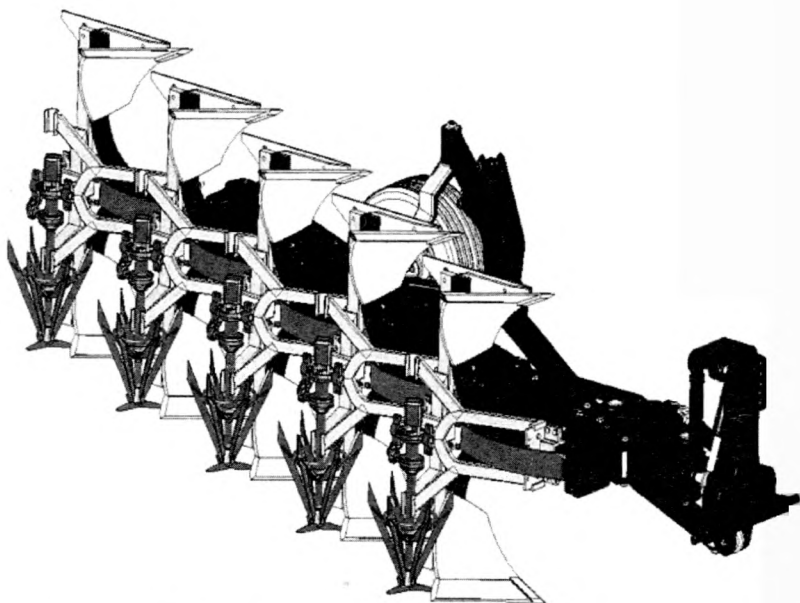


Рисунок – Плуг с оборотными комбинированными рабочими органами

от индивидуального гидромотора. Лемех трапецеидальной формы с усеченным основанием и накладным долотом. Отвал с полувинтовой отвальной поверхностью состоит из груди отвала и укороченного крыла отвала. Башмак сварной конструкции состоит их двух частей из листовой стали.

Грядиль представляет собой сварную конструкцию из трубы, к которой приварены с двух сторон кронштейны. На кронштейне крепится четыре упора, а к кронштейну крепятся стойки с корпусами. Кронштейн имеет по краям две пары цапф, которые взаимодействуют с упорами грядиля, и крепится к раме плуга при помощи двух болтов. Тяга проходит внутри грядиля и шарнирно крепится с одной стороны на оси в средней части кронштейна, а с другой стороны – на оси рычага. Она предназначена для направления перемещения грядиля. Рессора устанавливается при помощи осей и между кронштейном грядиля и рычагом. Она предназначена для обеспечения выплубления корпуса плуга при встрече с препятствиями и последующего его заглубления. Рессора устанавливается с предварительным натяжением. При встрече с препятствием корпус плуга воспринимает усилие со стороны препятствия. При этом грядиль поворачивается вокруг оси крепления тяги к раме плуга и освобождает нижние упоры грядиля предохранителя из контакта с нижними цапфами кронштейна. Грядиль предохранителя поворачивается относительно верхних цапф и

одновременно перемещается вдоль тяги, разворачивает рычаг относительно оси и сжимает (выгибает) рессору. После проезда препятствия рессора за счет жесткости пластин стремится занять исходное положение, воздействует на рычаг, возвращая его и грядиль в первоначальное положение и заставляя корпус заглубляться.

При встрече с препятствием больших размеров, если не хватает возможности корпуса плуга выглубиться в вертикальной плоскости, происходит боковое смещение корпуса в горизонтальной плоскости. При этом рессора разгибается (при смещении корпуса вправо) и изгибается (при смещении корпуса влево) и после объезда препятствия за счет сил внутренней деформации рессоры, стремящихся восстановить первоначальную жесткость листов рессоры, корпус возвращается в исходное положение.

Привод гидромоторов осуществляется от гидронасоса, монтируемого на тракторе и приводимого во вращение от ВОМ трактора. Перевод ротора из правооборачивающего положения в левооборачивающее производится с помощью гидроцилиндра. Сущность конструкции комбинированного рабочего органа состоит в том, что технологический процесс вспашки может выполняться только в комбинации пассивной и активной частей; в отдельности ни та, ни другая часть выполнять процесс вспашки не может. Ротор имеет нижние лопатки, поверхность которых располагается под углом к дну борозды. Верхние наклонные лопатки располагаются радиально под углом к оси вращения. В технологическом процессе вспашки пассивный корпус отрезает пласт от дна и стенки борозды, частично разделяет его на крупные глыбы и направляет на вращающийся ротор. Ротор верхними лопатками сбрасывает верхние слои почвы на дно борозды. Одновременно нижние наклонные лопатки сообщают вертикальное перемещение нижним слоям пласта почвы. Совместное действие нижних и верхних лопаток осуществляет крошение, перемешивание, оборот и укладку пласта в борозду.

Таким образом, применение для основной обработки почвы плуга с оборотными комбинированными рабочими органами обеспечит высокое качество вспашки как по крошению почвы, заделке растительных и пожнивных остатков, так и по выровненности поверхности поля.

Поступила 20.03.2015

С.А. Соловьев, доктор технических наук, профессор

В.А. Любич, С.В. Попов, М.Р. Курамшин, кандидаты технических наук

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский технологический институт ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка», г. Москва, Россия

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНИКИ В ТОЧНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

Использование точного земледелия в ресурсосберегающих технологиях возделывания сельскохозяйственных культур в сложившихся природно-климатическом, экономико-производственном и технологическом аспектах развития сельского хозяйства является перспективным с точки зрения получения стабильных запрограммированных урожаев. В течение последних восьми лет наш Институт активно занимается внедрением ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур с использованием элементов точного земледелия в них. Первый опыт связан с внедрением, как и у многих сельскохозяйственных товаропроизводителей, простейших с точки зрения точного земледелия систем: определения размеров сельскохозяйственных участков (полей) и параллельного вождения агрегатов. Использование навигационного оборудования в сочетании с подруливающим устройством положено начало работ в этом направлении в 2008 г., когда первый агрегат был оснащен подобным оборудованием.

Опыт использования параллельного вождения агрегатов позволил выявить эффективность его применения в первый же год эксплуатации. На примере химической защиты покажем эффективность подобных систем. В агрегате использовался опрыскиватель «Lemken Albatros 30» с конструктивной шириной захвата 24 м. Средняя рабочая ширина захвата опрыскивателя при работе без использования сигнала GPS составила 22,3 м (среднее квадратическое отклонение – 2,72 м, коэффициент вариации – 12,2 %), то есть в среднем перекрытие от смежных проходов составляло 1,7 м, причем почти в 30 % проходов агрегата наблюдались огрехи. Также следует отметить, что для ориентации прохода требуются дополнительные условия – наличие пространственных ориентиров (сигнальщики, вешки и т. п.).

В опыте с применением системы параллельного вождения агрегата наблюдалось более полное использование ширины захвата опрыскивателя, а огрехи отсутствовали вовсе. Средняя рабочая ширина захвата в этом опыте составляла 23,7 м (среднее квадратическое отклонение – 0,57 м,

коэффициент вариации – 2,4 %), что соответствует 98,8 % конструктивной ширины захвата опрыскивателя. Отсюда очевидна экономия (отсутствует перерасход) ядохимиката – не менее 0,23 л/га при норме внесения ядохимиката 4 л/га, или около 6 %, что в условиях стремительного роста стоимости средств защиты растений позволит экономить затраты на них.

В дальнейшем оборудовании для параллельного вождения стали оснащаться и другие агрегаты: для внесения удобрений, почвообрабатывающие и посевные.

Одним из основополагающих элементов точного земледелия является позиционирование на местности. Сюда можно включить географические информационные системы, системы ориентации на местности, различные математические модели и др. Подобные системы позволяют создавать электронные карты полей, являющиеся основой для электронной базы данных и, самое главное, реализации точного земледелия в разрабатываемых технологиях. Кроме этого, электронная карта полей позволяет: проводить строгий учет и контроль всех сельскохозяйственных операций, поскольку опирается на точные знания площадей полей, протяженности дорог, информации о полях и др.; проводить более полный анализ условий, влияющих на рост растений на данном конкретном поле или выделенном участке; оптимизировать производство с целью получения максимальной прибыли и рационального использования людских и технических ресурсов.

Таким образом, имея точную информацию о площадях полей и о взаимном их расположении, специалисты хозяйств могут: более рационально и качественно рассчитывать количество необходимых удобрений, химикатов и семенного материала; проводить учет урожайности; планировать расход горюче-смазочных материалов; ежегодно учитывать засеянные площади по каждой культуре; создавать историю полей и севооборотов; вести отчетность и документацию по всем технологическим операциям.

Для освоения ресурсосберегающих технологий ведется работа по созданию электронных карт полей, содержащих информацию о наличии макро- и микроэлементов в почве, урожайности культуры на конкретном участке поля. Электронная карта поля по распределению питательных веществ является основой для такой сложной операции, как дифференцированное внесение минеральных удобрений. Этот элемент точного земледелия позволяет в некоторых случаях сократить, по нашим наблюдениям, до 38 % вносимых удобрений. В испытаниях ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур по результатам опытов в 2011–2014 гг. исследованию подвергалось влияние

дифференцированного способа внесения фосфорных и азотных удобрений в сравнении с традиционным способом. Значительного превосходства одного способа внесения над другим не наблюдается, а по итогам 2014 г. на посевах нута наибольшая прибавка урожайности была достигнута при сочетании дифференцированного внесения фосфора и традиционного внесения азота, она составила 185 % по сравнению с контрольным участком (без внесения удобрений) и 115 % по сравнению с традиционным внесением азотных и фосфорных удобрений.

Реализация данного элемента включает несколько этапов: картирование урожайности, разбивка поля на участки с выделением «проблемных» (с низкой урожайностью) участков, отбор почвенных проб, агрохимический анализ отобранных почвенных образцов, составление карты задания для дифференцированного внесения удобрений и непосредственное внесение минеральных удобрений. Дифференцированное внесение удобрений охватывает и другие элементы точного земледелия: картирование полей по урожайности и химическому составу, параллельное вождение агрегатов, пространственное позиционирование. Капитальные вложения для реализации данного элемента точного земледелия значительны, но его реализация позволит внедрить не только этот, но и смежные элементы точного земледелия, например, систему мониторинга и управления производственным процессом. В нашем случае система картирования урожайности была установлена на комбайне «ClaasLexion 540», она включает в себя: приемник GPS, оптический датчик для определения объемного количества зерна, диэлектрический датчик влажности зерна, датчик поперечных и продольных отклонений, электронно-вычислительный модуль определения урожайности «Quantimeter», бортовую информационную систему «Cebis», калибратор, программный комплекс и карту памяти. Помимо определения урожайности на участках поля, данная система позволяет выполнять и другие операции, например, учитывать зоны, имеющие уплотнение почвы, плохой дренаж, пораженные сорняком и паразитами, вести учет убранных площадей, временных показателей, среднее и текущее значение влажности зерна, производительность работы комбайна и многие другие эксплуатационные параметры.

На следующем этапе агрономическая служба выявляет «проблемные» участки, для которых требуется повышение плодородия за счет внесения минеральных удобрений. Электронное картирование урожайности снижает в несколько раз количество проб, отбираемых для анализа, исключаются агрономические методики отбора проб, при которых практически вслепую (не учитывая отдачу данного участка в среднюю урожайность) отбираются почвенные образцы. Использование элементов

глобального позиционирования (обычный GPS-приемник) в сочетании с полевым компьютером позволяет нам отбирать пробы по истинной необходимости. Процесс отбора можно осуществлять вручную или используя средства механизации и автоматизации данного процесса. Если производитель зерна имеет достаточные площади или оказывает услуги по электронному картированию, то наиболее перспективным выглядит способ отбора проб с помощью автоматизированного пробоотборника «FritzmeierProfi-90», смонтированный на легковом прицепе. Это значительно ускоряет процесс отбора проб. В дальнейшем проводится анализ почвенных образцов. Для быстрого получения результатов мы пользуемся экспресс-анализом с применением мобильной (полевой) лаборатории «РПЛ-почва». В остальных случаях уместнее воспользоваться традиционным анализом лабораторных исследований.

Следующим этапом накопления информации в базе данных является создание электронных карт плодородия. Результаты исследования проб в лаборатории заносятся в базу данных и строится электронная карта содержания того или иного элемента в почве. Такая электронная карта позволяет определять участки поля, на которых наблюдается недостаток или избыток определенного элемента, включая его размер, конфигурацию, размещение. Она же является исходным элементом для создания технологических карт дифференцированного внесения удобрений или средств химической защиты растений.

Дифференцированная обработка полей учитывает данные о том, какой участок поля принесет больший урожай, исходя из оптимизации затрат и извлечения максимальной прибыли. Возможно решение и противоположной задачи – снижение затрат в соответствии с потенциалом урожая на обедненных участках поля, что повлияет на изменения в севообороте, конфигурации полей и выборе высеваемых культур.

Подробно рассмотрев одну из наиболее эффективных систем программного обеспечения – программу «SMS Advanced» производства компании «Ag Leader Technology» (производство США), мы пришли к выводу: исследуемая программа является полноценной геоинформационной системой, позволяющей работать с пространственно привязанными объектами, которые, в свою очередь, имеют индивидуальные географические координаты.

Таким образом, избирательный способ внесения удобрений – перспективный и необходимый элемент в ресурсосберегающем земледелии. Работа по дифференцированному внесению минеральных удобрений проводится в режиме «off-line». Для этого нами использовался следующий набор оборудования и техники: трактор «Terrion-3180» (MTЗ-1221),

навигационное оборудование «AgGPS EZ-Guide 500» с приемником-антенной «Trimble», бортовой компьютер «Ag Leader» с программным обеспечением «Insight», позволяющий загружать карту-задание для внесения удобрений, разбрасыватель «AmazoneZA-M 1500» с дополнительным оборудованием в виде контроллера и сервоприводов заслонок.

Агрегат выполняет обработку, двигаясь по участку при помощи навигационного оборудования. Применение параллельного вождения позволяет экономить на проходах, снижая перекрытия и исключая огрехи. Изменение нормы внесения осуществляется автоматически: навигационное оборудование определяет местонахождение агрегата, а программа «Insight» подает, в зависимости от электронной карты-задания, сигнал на управляющий блок разбрасывателя «Amatron+». Последний автоматически управляет положением заслонок, увеличивая или уменьшая подачу удобрений. Причем изменение подачи удобрений на правый и левый диски осуществляется независимо. Программа «Insight» также позволяет контролировать различные параметры: скорость движения агрегата, норму внесения удобрений, обработанную площадь, количество внесенных удобрений.

Для эксплуатационно-технологической оценки и оценки надежности используемой техники возможно использование телематического терминала для мониторинга техники. Подобное оборудование «Telematics» фирмы «Claas» представляет собой телематический программируемый логический контроллер, который регистрирует цифровые значения дискретных и аналоговых сигналов с установленных датчиков (уровень топлива, пройденный путь, урожайность и т. д.) и осуществляет передачу данных по каналу GPRS в базу данных системы. Это облегчает наблюдение за исследуемой техникой. Компьютер комбайна «Claas Lexion 540» позволяет разделять параметры при выполнении технологического процесса (соблюдение нескольких условий: включена и опущена жатка, включена молотилка, осуществляется движение комбайна) и холостых переездах. Так, общий пробег при холостом ходе комбайна в 2013 г. составил 317,292 км, а пробег при выполнении технологического процесса 572,622 км (при установке ширины захвата жатки с учетом перекрытия 7,4 м). Таким образом, переезды и холостые технологические ходы составили 35,6 % от общего пройденного пути за сезон.

Общий расход топлива комбайном «Claas Lexion 540» составил 5444,0 л за сезон, в том числе на выполнение технологического процесса – 4881 л, на холостые ходы и переезды – 563 л. В расчете на единицу продукции общий расход топлива составил 3,66 л/т, или 12,85 л/га. А расход топлива,

затраченный на выполнение технологического процесса, – 3,27 л/т, или 11,52 л/га.

Сравнивая полученные результаты оценки надежности зерноуборочных комбайнов «Claas Lexion 540» и РСМ-101 «Вектор», можно сделать вывод, что первый имеет почти двукратное превышение по наработке на отказ (38,6 ч для импортного комбайна против 20,5 ч для отечественной марки). Коэффициент готовности также превышает для импортного комбайна (0,92 против 0,87). Среднее время восстановления сопоставимо – 3,15 ч для комбайна РСМ-101 «Вектор» и 3,35 ч для комбайна «Claas Lexion 540», но этот показатель вряд ли уместно сопоставлять в силу разницы организации этого вида работ в эксплуатирующих организациях.

Перспектива использования точного земледелия очевидна, в нашем Институте продолжается работа по апробации ресурсосберегающих технологий возделывания различных сельскохозяйственных культур с применением элементов точного земледелия.

Поступила 17.03.2015

В.М. Изонто, кандидат технических наук

Е.В. Кислов, старший научный сотрудник

А.Е. Лукомский, научный сотрудник

Н.Г. Винченко, руководитель группы

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск*

НОВОЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЕ КУДЕЛЕПРИГОТОВИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

В настоящее время эксплуатируемое на наших льнозаводах куделеприготовительное оборудование в основной своей массе физически и морально устарело. Около 90 % линий получения короткого льноволокна эксплуатируются сверх нормативного срока службы (табл. 1).

Единственным предприятием среди стран СНГ, серийно выпускающим оборудование для выработки короткого льноволокна – АКЛВ-1 (агрегат короткого льяного волокна), является ОАО «Завод им. Г.К. Королева» г. Иваново (Российская Федерация). Среди западноевропейских производителей льноперерабатывающего оборудования наиболее широко известна фирма «Demaitere» (Бельгия), выпускающая линии выработки короткого льноволокна.

В результате исследований установлено, что АКЛВ-1 не обеспечивает необходимого качества льяного волокна вследствие чрезмерного его повреждения в процессе обработки [1]. Волокно, получаемое на импортных линиях «Demaitere», также не отличается высокими качественными показателями, что наряду с высокой металлоэнергоемкостью и стоимостью делает использование такого оборудования в условиях отечественных льнозаводов экономически неэффективным.

В связи с этим в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» была обоснована конструктивно-технологическая схема, разработан и изготовлен на ОАО «Калинковичский РМЗ» опытный образец линии выработки короткого льноволокна ЛКЛВ-0,75. С августа 2013 г.

Таблица 1 – Количественный состав линий получения короткого льноволокна на льнозаводах республики по сроку службы (нормативный срок службы – 9 лет)

Срок эксплуатации, лет	Количество линий	
	единиц	%
От 5 до 10 лет	8	12
От 10 до 20 лет	15	22
Свыше 20 лет	44	66

опытный образец линии ЛКЛВ-0,75 установлен и проходит приемочные испытания в режиме производственной эксплуатации на ОАО «Любанский льнозавод».

Линия ЛКЛВ-075 предназначена для выработки короткого льноволокна из обработанных в трясильной машине отходов трепания, образующихся в трепальной машине линии выработки длинного волокна, а также предварительно промятой и обработанной в трясильной машине низкосортной льнотресты и путанины.

Линия включает в себя последовательно установленные секции: мяльно-утоняющую (1), трепальную (2), конвейер (3), трясильную (4), систему управления и электрооборудования (рис.).

Секция мяльно-утоняющая (1) предназначена для утонения слоя, параллелизации и направленной ориентации составляющих его волокон, разрушения содержащейся в отходах трепания костры и частичного ее удаления. Секция включает в себя три мяльно-утоняющих узла, представляющих кинематически связанные между собой зубчатой передачей колковые барабаны и мяльные вальцы.

Секция трепальная (2) предназначена для отделения костры от льноволокна и ее частичного удаления.

Секция трепальная представляет собой два идентичных трепальных механизма, включающих в себя по две пары последовательно установленных

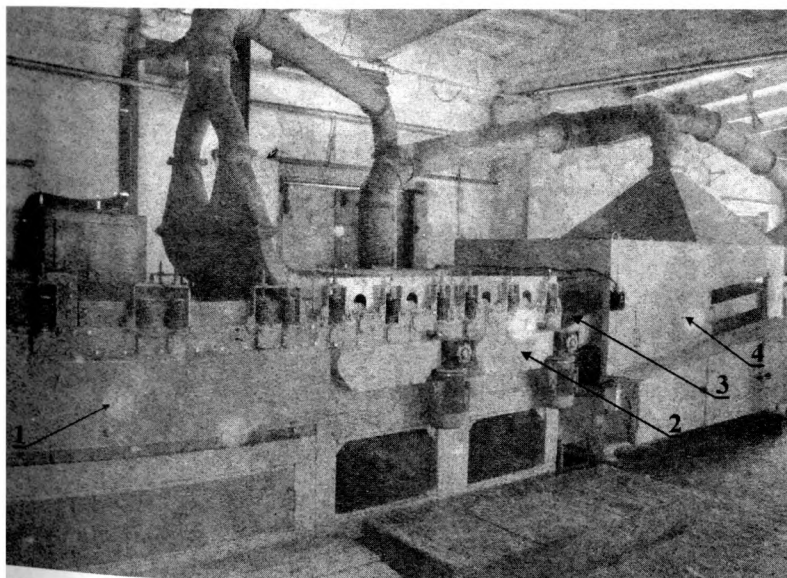


Рисунок – Общий вид линии выработки короткого льноволокна ЛКЛВ-0,75

трепальных узлов и пару рифленых выпускных вальцов. Трепальный узел включает в себя пару рифленых питающих вальцов и пару планчатых трепальных барабанов.

Секция трясильная (4) предназначена для окончательной очистки волокна от костры и представляет собой традиционную трясильную машину с нижним гребенным полем.

Технологический процесс работы линии ЛКЛВ-0,75 заключается в следующем.

Отходы трепания льнотресты с мяльно-трепального агрегата или предварительно промятая низкосортная льнотреста и путанина после обработки в приемной трясильной машине и подсушки до влажности 6–8 % поступают в зону действия пары колковых барабанов мяльно-утоняющей секции (1). Колками вращающихся барабанов слой отходов трепания перемещается к первой паре мяльных вальцов, вращающихся с большей окружной скоростью, и захватывается ими. Волокнистая фракция отходов трепания прочесывается колками пары барабанов, при этом толщина слоя уменьшается, волокна частично распрямляются, параллелизуются и располагаются в направлении, перпендикулярном рифлям мяльных вальцов. В результате происходит частичное высвобождение из отходов трепания свободной костры, которая падает в бункер и удаляется системой пневмотранспорта. В мяльных парах происходит разрушение (излом) костры и отделение ее от волокон. Далее во втором и третьем мяльно-утоняющих узлах секции происходит аналогичный процесс.

Из последней мяльной пары третьего узла мяльно-утоняющей секции слой материала поступает в пару питающих рифленых вальцов трепального узла соответствующей секции (2). Питающие вальцы подводят слой материала к трепальным барабанам, одновременно удерживая его. На подаваемый питающими вальцами слой с обеих его сторон воздействуют планки трепальных барабанов, вращающихся с большой угловой скоростью. В результате воздействий высокоскоростного скользящего изгиба, создаваемого планками барабанов, происходит отделение костры от волокон и удаление ее из слоя материала. Прошедший обработку трепальными барабанами слой материала подхватывается питающими вальцами второго трепального узла, и процесс трепания повторяется во втором механизме трепальной секции. Костра, удаляемая из нижних участков слоя, падает в бункер и удаляется из него системой пневмотранспорта. Костра, удаляемая из верхних участков, выводится из трепальной секции через костроотсос также в систему пневмотранспорта. После обработки трепальными барабанами последнего по ходу узла слой материала захватывается выпускными вальцами, попадает на ленту транспортера передачи 3 и подается им на трясильную секцию (4).

В трясильной секции материал падает на колосниковую решетку, захватывается иглами игольчатых валов трясильного механизма, встряхивается ими, одновременно перемещаясь по решетке, при этом свободная костра просыпается между колосниками решетки в бункер, а очищенный материал по колосниковой решетке передается на последующую обработку. В процессе трясения толщина слоя материала увеличивается, а волокна теряют свою направленную ориентацию.

После трясильной секции короткое волокно подвергается ручной сортировке, увлажнению и прессованию.

Краткая техническая характеристика линии выработки короткого волокна ЛКЛВ-0,75 приведена в таблице 2.

Результаты приемочных испытаний, неоднократные сравнительные контрольные разработки, а также опыт производственной эксплуатации в течение полутора лет (наработка составила порядка 1500 машиночмен, выработано порядка 2 тыс. т короткого льноволокна) показали высокую техническую и технологическую надежность линии ЛКЛВ-0,75, удобство и простоту в обслуживании. Максимальная производительность по переработке отходов трепания стланцевой льнотресты, соответствующей № 1,00 по СТБ 1194-2007, при лабораторно-заводских испытаниях составила 745 кг/ч по основному времени.

Таблица 2 – Краткая техническая характеристика линии

Наименование показателя	Значение
Масса конструкционная, кг, не более	10 500
Габаритные размеры, мм, не более:	
длина	10 500
ширина	1 800
высота	3 000
Производительность по пропуску отходов трепания льнотресты за 1 час основного времени, не более, т	0,75
Установленная мощность электродвигателей, кВт	21,9
Удельная масса, кг/(кг/ч)	14
Удельный расход электроэнергии, кВт/(кг/ч)	0,029
Количество обслуживающего персонала	2
Эксплуатационно-технологические коэффициенты:	
технологического обслуживания, не менее	0,98
надежности технологического процесса, не менее	0,98
использования сменного времени, не менее	0,94
Показатели качества выполнения технологического процесса при переработке отходов трепания из льнотресты номера 1,00 по СТБ 1194-2007:	
выход короткого льноволокна, %, не менее	14,4
средний номер короткого льноволокна по ГОСТ 9394, не менее	3,8

Специалистами льнозавода и членами приемочной комиссии было отмечено, что повышению эффективности очистки волокна от костры будет способствовать включение в линию дополнительной трясильной машины. Мы считаем, что существующий набор машин линии ЛКЛВ-0,75 позволяет при соблюдении режимов и условий эксплуатации получать нормативные показатели по выходу и качеству короткого льноволокна. Необходимо понимать, что для повышения степени очистки волокна следует увеличивать количество и интенсивность воздействия рабочих органов машин, входящих в технологическую линию, а это, в свою очередь, приводит к разрушению волокон, что отрицательно отражается на таком показателе их качества, как разрывная нагрузка скрученной ленточки. По совокупности этих двух показателей качество волокна в целом не улучшается.

Впрочем, модульное исполнение позволяет комплектовать линию ЛКЛВ-0,75 по желанию заказчика дополнительно и трясильной секцией, и трепальной, и мяльно-утоняющей в любых вариантах.

Среди достоинств новой линии ЛКЛВ-0,75 следует отметить исключительную возможность замены старых куделеприготовительных агрегатов (КПАЛ) с незначительной доработкой существующих систем пневмотранспорта и аспирации льнозавода.

Отсутствие импортных комплектующих (за исключением редукторов); 100 %-е изготовление линии отечественными предприятиями ОАО «Калинковичский РМЗ», РУП «ГЗ СИиТО»; меньшая установленная и потребляемая мощность электродвигателей в сравнении с эксплуатируемым и импортным оборудованием; дистанционный контроль и микропроцессорное управление основными технологическими параметрами линии; возможность изменения конфигурации линии за счет изменения количества и очередности секций линии – все это также несомненные достоинства новой линии ЛКЛВ-0,75.

Таким образом, разработанный опытный образец линии выработки короткого льноволокна ЛКЛВ-0,75, с учетом устранения замечаний приемочных испытаний, может быть достойной заменой устаревших куделеприготовительных агрегатов на действующих льнозаводах Республики Беларусь в рамках программ импортозамещения и модернизации предприятий.

Список использованных источников

1. Сравнительный анализ оборудования для получения короткого льноволокна / В.П. Чеботарев [и др.] // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Минск, 2012. – С. 276–279.

Поступила 06.04.2015

А.Г. Вабищевич, кандидат технических наук, доцент
В.А. Дубинчик, А.Ю. Калюта, А.В. Делендик, М.Ю. Ходаковский,
студенты

УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск

МОДЕЛИРОВАНИЕ МАЛОГАБАРИТНЫХ АГРЕГАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПАС-3Д

Аннотация. В статье рассматриваются некоторые возможности использования компьютерных технологий для моделирования малогабаритных сельскохозяйственных агрегатов с применением графического редактора КОМПАС-3Д.

Подготовка творчески мыслящих специалистов является сегодня одной из важных задач профессионального образования.

В системе профессиональной подготовки инженера любого профиля важное место занимает графическая подготовка, во многом определяющая уровень инженерно-технического образования специалиста. Причем крайне необходимо формирование нового типа графической культуры, технического мышления, адаптированного к конструкторско-технологическим инновациям современного производства [1].

Использование компьютерных технологий становится обязательным условием качественного обучения и подготовки будущих специалистов, обучающихся после средней школы и по системе непрерывного образования (школа – среднее специально-техническое учебное заведение – высшее учебное заведение).

Возможности современных компьютерных программ позволяют создать динамическую, пространственную и плоскостную модель любого механизма. При создании чертежей общего вида и сборочных чертежей отпадает необходимость в наличии реальных узлов, поскольку существует возможность заменить их компьютерными моделями и продемонстрировать процессы сборки и работы непосредственно на экране монитора. Рекомендуется создание моделей деталей, узлов, агрегатов, входящих в сборочные чертежи, для наглядной демонстрации процесса сборки, облегчения понимания назначения, устройства и принципа действия машины.

Компьютерная модель призвана заменить реальный агрегат для изучения его устройства, принципа действия и последовательности сборки и рекомендуется в качестве наглядного пособия для студентов, выполняющих сборочный чертеж узла, агрегата или машины.

В этих целях могут использоваться графические редакторы, такие как КОМПАС-3Д, AutoCAD, различные САД-системы.

Для составления схем малогабаритных сельскохозяйственных агрегатов использован графический редактор КОМПАС-3Д.

С целью наглядной демонстрации процесса составления агрегатов, облегчения понимания назначения, устройства и принципа действия машины создана библиотека (банк данных) деталей, моделей, узлов, агрегатов, входящих в сборочные единицы и технологические схемы «мини-трактор» – «сцепка» – «малогабаритная сельхозмашина».

Ниже приведен комплекс агрегатов, составленный из малогабаритной техники к мини-трактору класса 3кН.

Компоновка агрегатов выполнена на базе мини-трактора со сменными экспериментальными образцами машин.

На рисунках 1–3 представлены агрегаты, составленные из мини-трактора и малогабаритных сельскохозяйственных машин, предназначенные для индивидуальных и подсобных хозяйств в условиях мелкотоварного производства.

Комплекс машин включает модули: культиватора для сплошной и междурядной обработки почвы, бороны, культиватора-окучника, комбинированного почвообрабатывающего агрегата с внесением удобрений, картофелесажалки, зерновой и свекловичной сеялки, граблей, картофелекопателя.

Комбинированный агрегат для предпосевной обработки почвы с внесением минеральных удобрений имеет рыхлительные секции, выполненные на базе рабочих секций широкозахватного парового культиватора, прикатывающий опорно-приводной каток, туковысевающий аппарат (рис. 1).

Экспериментальный образец картофелепосадочного агрегата с роторным высаживающим аппаратом с внесением удобрений представлен на рисунке. 2. Данная картофелесажалка не имеет аналогов и принципиально отличается от выпускаемых образцов машин по конструкции и принципу работы высаживающего аппарата. Ее модульное исполнение позволяет комплектовать агрегаты для 1-, 2-рядковых гребневых посадок картофеля.

Агрегат для сгребания сена выполнен на базе рабочих секций колесно-пальцевых граблей (рис. 3).

Кроме вышеуказанных имеются и другие малогабаритные агрегаты. Комплект малогабаритных агрегатов предназначен для выполнения различных технологических операций по возделыванию сельскохозяйственных культур в личных подсобных хозяйствах и является результатом творческой инженерно-технической работы студентов, обучающихся после колледжей.

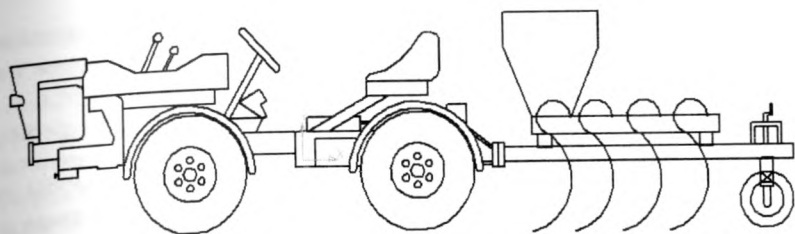


Рисунок 1 – Схема мини-трактора с агрегатом для предпосевной обработки почвы и внесения удобрений

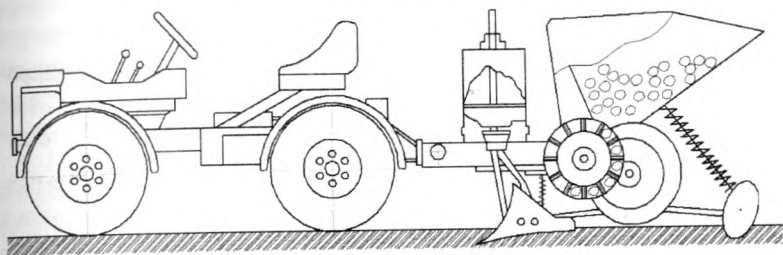


Рисунок 2 – Схема мини-трактора с роторной картофелесажалкой

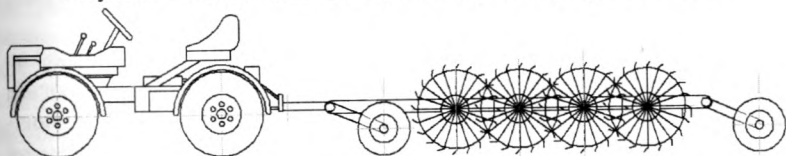


Рисунок 3 – Схема мини-трактора с граблями

Заключение. Таким образом, для моделирования малогабаритных сельскохозяйственных агрегатов весьма удобно использовать компьютерные технологии с применением графического редактора КОМПАС-3Д.

В ходе определенной творческой работы по созданию технологических схем агрегатов студенты приобретают знания и практические навыки решения инженерных задач графическими методами. Все это способствует формированию у них навыков создания конструкторской документации, что весьма важно для развития инженерного мышления.

Знание и использование компьютерных технологий по графическим дисциплинам – важное условие качественного обучения и подготовки будущих специалистов.

Список использованных источников

1. Шабека, Л.С. Принципы построения и реализации графической подготовки инженера в современных условиях / Л.С. Шабека // Известия Международной академии технического образования. – 2003. – С. 63–75.

Поступила 01.04.2015

С.А. Соловьев¹, доктор технических наук, профессор

В.С. Герасимов¹, заведующий лабораторией

В.И. Игнатов², кандидат технических наук, доцент

¹*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский технологический институт ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка», г. Москва, Россия*

²*Московский государственный университет леса, г. Москва, Россия*

ЗАЧЕМ НУЖНА СИСТЕМА УТИЛИЗАЦИИ ТЕХНИКИ

Аннотация. В статье приведены мотивация необходимости формирования системы утилизации техники, результаты расчетов финансовых средств, необходимых для создания этой системы в ближайшие 2–3 года.

Анализируя техническую политику Германии, Японии и других развитых стран, многие эксперты приходят к выводу, что они представляют собой авангардную модель государства, практически лишенного собственных природных ресурсов и использующего ресурсы других стран, но имеющего прогрессивные технологии и методы их сохранения.

Отсутствие собственных ресурсов в этих странах явилось одной из основных причин разработки энергоресурсосберегающих технологий, в том числе технологий утилизации (рециклинга) техники, обеспечивающей максимально возможный уровень повторного использования материалов техники после вывода ее из эксплуатации. Пример этих стран и их подходы к вопросам энергоресурсосбережения используются в настоящее время всем мировым сообществом, поскольку с дефицитом ресурсов столкнутся все.

Соответствующие структуры правительства России уже в течение нескольких лет проводят подготовительные работы по созданию системы утилизации выведенной из эксплуатации техники (ВЭТ). Это говорит о том, что данная проблема все-таки стоит на повестке дня и ей уделяется определенное, но пока второстепенное внимание в расчете на то, что пока дефицита ресурсов нет, есть возможность отложить решение этого вопроса.

Тем не менее к настоящему моменту проведен целый ряд работ, связанных с проблемой утилизации: от решения локальных задач типа создания отдельных видов технологического оборудования до попыток сформулировать базовые положения систем утилизации отдельных видов техники [2]. При этом следует отметить, что большинство работ такого плана носит инициативный по проведению, «кусочный» по содержанию

и локально-территориальный характер, а их результаты не обеспечивают комплексного решения проблемы.

В России эта важнейшая работа пока носит экспериментальный характер. Первый эксперимент был проведен в 2010 г., основной целью которого была поддержка отечественных производителей автомобилей [3]. Результаты показали, что утилизация около 50 % машин, на которые были выделены средства, проводилась с нарушением экологических норм, а многие автомобили вообще не попали на пункты утилизации [4]. Тем не менее эти эксперименты показали экономическую целесообразность проведения утилизации даже при минимальной поддержке государства. В этом эксперименте приняло участие большое количество предприятий, осуществивших утилизацию 600 тыс. автомобилей, что почти на 100 тыс. шт. превысило запланированный экспериментом объем утилизированных машин.

С 1 сентября 2014 г. Минпромторг РФ возобновил программу утилизации автомобилей. Оценивая эти эксперименты, можно сказать, что предприятия, которые участвовали в этой работе, по сути, уже создали определенную базу для формирования новой отрасли промышленности – рециклинга техники. Государству остается только провести организационные работы, создать условия для расширения сферы их деятельности и разработать требования, которые должны соблюдаться, а также систему контроля. До настоящего времени таких регламентирующих правил (порядка) пока не разработано.

Существенный шаг к созданию *системы утилизации ВЭТ* был сделан 1 сентября 2012 г., когда был введен утилизационный сбор на колесную технику [6]. Средства от этого сбора планировалось использовать на формирование системы утилизации колесных транспортных средств. По состоянию на сентябрь 2014 г. утилизационные сборы составили десятки миллиардов рублей.

Серьезный шаг в направлении обработки технологии утилизации сделало Правительство Москвы, которое в 2013 г. приняло программу «Развитие системы комплексной утилизации вышедших из эксплуатации транспортных средств», которая начала действовать в 2014 г. [7, 8]. Эта Программа в значительной мере аккумулирует наработки прошлых лет, но направлена в основном на линейное развитие производств по переработке компонентов машин и не затрагивает сферу использования этих компонентов. В Программе также не отражены направления, касающиеся разработки нормативной базы, без которой проведение всех видов утилизационных работ будет связано с нарушением требований безопасности их проведения и экологии. Несомненно, что реализация этой Программы позволит накопить определенный опыт формирования

системы утилизации, но не решит проблемы в целом даже в формате отдельного региона или отдельного вида техники.

Анализируя характер и содержание всех перечисленных программ, можно отметить, что пока эти эксперименты не способствуют созданию единой системы утилизации техники, которая бы была всем понятна и приносила выгоды.

В настоящее время все доходы от утилизации техники получают предприятия, не связанные ни с производителями техники, ни с ее потребителями. Большинство предприятий, занимающихся утилизацией, по сути дела занимаются заготовкой и сбытом металлических частей машин. При этом большинство из них не соблюдают даже имеющихся требований к этим видам работ [10, 11].

Взимание утилизационного сбора с производителей и потребителей колесных машин в течение нескольких лет не дало ощутимых результатов, поскольку за прошедшие годы проблема создания *системы* утилизации не находит решения. Складывается ситуация, при которой и те и другие, неся дополнительную экономическую нагрузку, связанную с утилизационным сбором, не получают от этого никаких выгод, а формирование стратегии и инфраструктуры системы утилизации техники откладывается на неопределенные сроки. Это приводит к тому, что оплачивать этот сбор не хотят как производители, так и потребители техники.

По нашему мнению, основные причины этого заключаются в следующем:

- до введения утилизационного сбора не был раскрыт механизм его создания и использования, понятного как производителям, так и потребителям техники;
- не сформулированы принципы и стратегия создания и развития системы утилизации техники, на формирование которой планировалось использование утилизационного сбора,
- не разработаны программные документы, в том числе нормативно-законодательные акты, в которых были бы сформулированы этапы создания системы утилизации, права и обязанности каждой из сторон, участвующей в процессе создания, а также организационно-экономический механизм и индикаторы системы;
- не сформирована компетентная группа специалистов для разработки и реализации стратегии развития системы утилизации техники в масштабах страны.

Как показывает практика проведения утилизации как в России, так и за рубежом, проблема должна решаться комплексно, без создания отраслевых границ, но с учетом специфики технологий утилизации, свойственной конкретным видам техники. Поэтому над проблемой утилизации должны

работать специалисты всех отраслей. При этом локальные задачи технологического, организационного плана, информационного, экономического и нормативно-законодательного обеспечения должны решаться после разработки базовых положений системы утилизации техники.

В основе разработки системы утилизации техники должна лежать стратегия ее развития. Главной составляющей этой стратегии должна быть модель ее развития, которая позволит определить оптимальные сроки разработки всех подсистем и начать их разработку. В первую очередь должны быть определены сроки (продолжительность) формирования системы и годовые объемы утилизации машин, которые будут характеризовать интенсивность роста мощности системы утилизации. На рисунке 1 показан один из возможных вариантов модели формирования системы утилизации ВЭТ.

По мере развития системы ежегодный прирост мощностей ΔN будет постепенно снижаться и в момент T_i система достигнет проектной мощности N_r .

Малая интенсивность роста мощности системы ΔN приведет к тому, что период ее становления увеличится. Сокращение периода становления системы можно обеспечить за счет увеличения интенсивности роста мощности системы, но это потребует увеличения инвестиций I , особенно на начальном этапе становления системы.

Формирование системы потребует решения целого ряда других задач. Развернутый портфель основных задач, которые решаются при формировании системы, дан в Методике формирования величины утилизационного сбора для формирования системы сельхозрециклинга [9].



Рисунок 1 – Модель формирования системы утилизации ВЭТ

При правильно построенной стратегии развития системы утилизации величина ΔN на каждом этапе будет уменьшаться, и в момент T_i мощность системы стабилизируется и будет максимальной, обеспечивающей утилизацию всей выводимой из эксплуатации техники в количестве N_r .

К этому моменту потребности в инвестициях существенно уменьшатся и стабилизируются на величине I_r , достаточной для поддержания системы в рабочем состоянии.

До 2018 г. Программой предусмотрено строительство предприятий по утилизации компонентов машин [8]. В таблице показаны участники системы утилизации. В столбце 2 приведены программные показатели развития системы утилизации за этот период, в частности строительство 4-х заводов по переработке металлолома; 3-х – по переработке шин; 2-х – по переработке аккумуляторов. Создание других специализированных предприятий для переработки других компонентов машин программой не предусмотрено. Это означает, что стекло, антифризы, масла, пластмассы и прочие компоненты снова будут свозить на свалки.

В источнике [9] приведена методика расчета инвестиций на формирование инфраструктуры системы утилизации сельскохозяйственной техники, которая может быть использована для единой системы утилизации техники. Были определены потребности во всех видах предприятий, указанных в таблице 1. Расчеты показали, что для осуществления утилизации отдельных компонентов часто требуется «дробное» количество предприятий, например, 2,7 шредерных установок. Такой «дробности» можно избежать, если учитывать потребности в утилизации других (а в идеале – всех) видов техники.

Поскольку сама система предназначена для сохранения остаточного ресурса машины, который имеет определенную стоимость, то при проведении утилизации предприятия, занимающиеся этими работами, начнут получать доход D , пропорциональный величине программы утилизации (см. рис. 1). Этот доход по мере развития предприятий(я) будет расти и при достижении предприятием проектной мощности в момент T_i достигнет стабильных значений D_r .

По данным экспертов, остаточный ресурс ВЭТ составляет 20–40 % от стоимости машины. При стоимости условного утилизируемого парка 16,5 млн долл. США доходы предприятий, занимающихся только продажей запчастей, составят от 3,3 до 6,3 млн долл. США, не считая стоимости прочих компонентов машин. Но это касается только предприятий, осуществляющих непосредственно разборку, дефектацию, восстановление и продажу компонентов машин, в первую очередь годных к эксплуатации деталей.

Таблица – Участники системы утилизации машин

№ п/п	К-во	Наименование предприятия	Краткая характеристика работ
1	2	3	4
1		Сервисные центры	Сбор, накопление и реализация отходов эксплуатации
2		Площадки сбора	Накопление и юридическое оформление ВЭТ (БРТ), с последующей отгрузкой их демонтажерам
3		Демонтажеры 1-го уровня	Накопление и юридическое оформление ВЭТС, а также частичный демонтаж ВЭТ с целью дальнейшей продажи отдельных узлов и деталей. Остальное передают демонтажерам 2-го уровня
4		Демонтажеры 2-го уровня	Покупка ВЭТС, их демонтаж, реализация б/у запчастей и вторичных материалов. Восстановление деталей. Глубокая селекция по группам материалов, как правило, не проводится
5		Демонтажеры 3-го уровня	Организации, занятые заготовкой и безшредерной переработкой лома металлов, направляемых на переплавку. Чаще всего небольшие организации, работающие вручную, при помощи пресс-ножниц и автогена, прессовальных установок
6		Перевозчики машин (материалов)	Могут представлять собой транспортные подразделения предприятий демонтажеров или переработчиков
7	4	Шредерное производство	Переработка компонентов машин с последующей их продажей потребителям
8	2	Переработчики аккумуляторов	
8.1		Площадка сбора и дефектации шин	
9	3	Шиноперерабатывающий завод	
10		Пластикоперерабатывающий завод	
11		Стеклоперерабатывающий завод	
12		Переработка антифризов	
13		Регенерация масел	

№ п/п	К-во	Наименование предприятия	Краткая характеристика работ
1	2	3	4
14		Предприятия – потребители рециклированных материалов	Осуществляют производство продукции из рециклированных материалов

Но технологическая подсистема единой системы утилизации техники предполагает проведение целого ряда работ, которые проводятся на различных производственных предприятиях (рис. 2, табл.).

Первая группа предприятий (п. 1–6, табл.) выполняет работы 1, 2 и 3, показанные на рисунке 2.

Проведением такого рода работ могут заниматься как специализированные предприятия, так и сами потребители машин, имеющие производственные подразделения по проведению определенного вида работ, которые соответствуют конкретным требованиям. Эти требования в соответствии с международными стандартами должны разрабатываться производителями машин и излагаться в инструкциях по утилизации, в которых должны быть изложены требования к безопасным



Рисунок 2 – Структура работ, проводимых в технологической подсистеме

приемам работ, технология их проведения, а также к техническому оснащению и квалификации работников.

В соответствии с международными стандартами перечень предприятий по утилизации должен устанавливать производитель машин. Этот перечень приводится в эксплуатационной документации в разделе «инструкция по утилизации». Производитель машин должен заключить с такими предприятиями договор, в соответствии с которым делегирует этому предприятию функцию утилизации машин (которая законодательно закреплена за предприятием-производителем), которые производит. В соответствии с этим договором производитель машин должен осуществлять технологическую и организационную поддержку (интегрированную логистическую поддержку). Предприятие, осуществляющее утилизацию машин, должно поддерживать с производителем машин информационную связь и предоставлять ему необходимую информацию.

Предприятия (пп. 2, 6 табл.), выполняющие подготовительные работы, не связанные с реализацией компонент или агрегатов утилизируемых машин (сбор, хранение, учет, транспортировка машин и их компонентов), не могут получать прибыль от такого рода работ и должны получать инвестиции из фонда утилизационного сбора. Механизм поддержки таких предприятий должен быть изложен в соответствующих законодательных актах.

Еще один вид работ, на проведение которых требуется господдержка, – информационная составляющая системы утилизации. Эта проблема будет стоять и при проведении утилизации техники. Одной из задач государства на этапе формирования системы будет создание условий для разработки и применения информационных систем при учете, хранении, транспортировке и прочих операциях (см. рис. 2). Аналогом такой системы может служить компьютерная программа Avito – сайт бесплатных объявлений, на котором можно легко разместить и найти нужную информацию о товарах или услугах всего за несколько минут.

Без разработки и использования информационной системы, обеспечивающей единое информационное пространство для всех ее участников (см. рис. 2), все попытки создать цивилизованную систему утилизации техники окажутся малоэффективными, что будет способствовать процветанию «серых» схем утилизации. Несомненно, разработка таких информационных систем потребует государственных инвестиций (не только на создание информационной системы, но и на поддержание ее в работоспособном состоянии) из фонда утилизационного сбора.

Группе предприятий (пп. 1, 3–5 табл.) на этапе формирования инфраструктуры единой системы утилизации также потребуются значительные инвестиции, которые могут быть получены как из фонда

утилизационного сбора, так и из других источников, в том числе от индивидуальных предпринимателей, планирующих заняться утилизационным бизнесом. Эти предприятия являются одной из главных составляющих системы утилизации. Именно они выполняют «финишные» операции утилизации – переработку компонентов машин с целью рециклирования входящих в них материалов, пригодных для повторного использования. При их отсутствии все подготовительные и промежуточные работы теряют смысл. А поскольку предприятия по переработке компонентов машин применяют достаточно дорогие технологии, то введение их в эксплуатацию потребует больших инвестиций, источником которых должен послужить фонд утилизационного сбора.

Практически все эти предприятия рассчитаны на большие объемы работ. Поскольку их работа не связана с отраслевой принадлежностью машин, то такие предприятия могут перерабатывать компоненты всех типов машин. Поэтому их количество должно рассчитываться, исходя из всего парка машин вне зависимости от отраслевой принадлежности. При создании отраслевых систем утилизации такие предприятия могут быть не загружены, или оказаться лишними при наличии аналогичных предприятий в других отраслях.

После выхода на проектную мощность такие предприятия, при условии их полной загрузки, будут самокупаемыми и снизят дополнительную экономическую нагрузку на производителей и потребителей машин. Результатом снижения этой нагрузки должны стать более низкие ставки утилизационного сбора.

И, наконец, в решении задач ресурсосбережения должна участвовать еще одна группа предприятий (п. 14, табл. 1), которые реализуют идею ресурсосбережения.

Это еще одна проблема, с которой сталкиваются переработчики утилизируемых машин, – отсутствие или недостаток предприятий, способных «переварить» рециклированные материалы. С такой проблемой сталкиваются, например, переработчики шин. Продукция шинопереработки не всегда находит потребителей, что приводит к снижению производительности этих предприятий и снижению интереса инвесторов к созданию таких производств. Поэтому разработка сбалансированного соотношения предприятий трех групп – достаточно сложная задача.

Не менее сложная задача – разработка и реализация нормативно-законодательной базы, обеспечивающей прозрачность механизма накопления и расходования фонда утилизационного сбора, а также определения начальной величины сбора и динамики его снижения. И еще одна задача – управление единой системой утилизации техники. Решение

этих задач необходимо осуществлять на государственном уровне, должны быть созданы благоприятные условия для их выполнения, включая экономическую поддержку исполнителей этих задач.

Производители машин должны быть не только плательщиками утилизационного сбора, но и участниками процесса разработки инфраструктуры системы утилизации техники, заинтересованными в скорейшем ее развитии. Кроме того, на правах инвестора они должны участвовать не только в разработке механизма создания средств фонда утилизационного сбора, но и в контроле над использованием этих средств.

При правильно организованной системе утилизации, основанной на взаимодействии государства, производителей и потребителей техники и обеспеченной экономическими ресурсами в виде утилизационного сбора, все участники системы смогут не только положительно решать локальные экономические вопросы на уровне предприятия или отрасли, но и активно участвовать в решении глобальных экологических задач.

Заключение. То, что процесс формирования системы утилизации техники будет продолжаться и приведет к формированию системы утилизации техники – факт неоспоримый, поскольку эта проблема не только взята под контроль мировым сообществом, но и обрела вполне конкретные контуры, обозначенные в законодательных актах технически развитых стран.

Несомненно, что применяемые в технически развитых странах системы утилизации техники могут служить базой для создания в России и в странах Таможенного союза аналогичной системы с учетом национальных особенностей стран.

Проводимые в России и других странах Таможенного союза эксперименты и подготовительные работы в данном направлении носят локальный характер, в результате чего формирование отечественной системы утилизации затягивается на неопределенный срок, хотя экономические рычаги в виде утилизационного сбора созданы, но пока не имеют законодательного обеспечения.

Разработка локальных систем утилизации техники отдельного отраслевого уровня нецелесообразна с учетом создания предприятий, занимающихся только утилизацией машин определенного типа. Как показывает опыт проведения утилизации, количество заводов, необходимых для переработки компонентов машин, должно определяться исходя из общего парка утилизируемой техники.

В настоящее время Всероссийский научно-исследовательский технологический институт ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка предлагает вариант расчета величины утилизационного сбора, необходимого для формирования инфраструктуры системы утилизации, который может быть распространен на всю технику.

В статье также приведены базовые положения стратегии развития единой системы утилизации техники, которые могут лечь в основу разработки официального варианта такой стратегии.

Разработка и реализация единой стратегии утилизации техники обеспечит получение положительного эффекта всеми участниками процесса утилизации, который в масштабах страны может измеряться десятками миллиардов рублей и тысячами новых рабочих мест.

Список использованных источников

1. Индекс глобальной конкурентоспособности. – Режим доступа: <http://gtmarket.ru/ratings/global-competitiveness-index/info>.

2. Трофименко, Ф.В. Утилизация автомобилей / Ф.В. Трофименко, Ю.В. Воронцов, К.Ю. Трофименко. – М.: АКПРЕСС, 2011. – 336 с.

3. Программа утилизации старых автомобилей. – Режим доступа: <http://222avto.ru/zakon-i-avtobiznes/programma-utilizacii-staryx-avtomobilej.html>.

4. Ясинская, С. Госпрограмма утилизации автотранспорта: попытка номер два / С. Ясинская // Рециклинг отходов. – 2014. – № 6 (54). – С. 16–20.

5. Минпромторг возобновит программу утилизации автомобилей. – Режим доступа: <http://interfax.ru> «Экономика» 393761.

6. РФ с 1 сентября вводит утилизационный сбор на автомобили. – Режим доступа: <http://ria.ru/economy/20120901/734711280.html>.

7. Об утверждении инвестиционной программы Московской области «Развитие системы комплексной утилизации вышедших из эксплуатации транспортных средств в Московской области в 2013–2018 годах»: постановление Правительства Московской области, 10 июля 2013 г. № 519/29 // КонсультантПлюс [Электронный ресурс].

8. О внесении изменений в Государственную программу Московской области «Экология и окружающая среда Подмосковья» на 2014–2018 годы: постановление, 25 фев. 2014 г., № 104/7 // КонсультантПлюс [Электронный ресурс].

9. Методика формирования величины утилизационного сбора для формирования системы сельхозрециклинга / Н.В. Арпюх [и др.] // Рециклинг отходов. – 2014. – № 6 (54). – С. 26–26.

10. Правила обращения с ломом и отходами черных металлов и их отчуждения: утв. постановлением Правительства РФ, 11 мая 2001 г., № 369 // КонсультантПлюс [Электронный ресурс].

11. Правила обращения с ломом и отходами цветных металлов и их отчуждения: постановление Правительства РФ, 11 мая 2001 г., № 370 // КонсультантПлюс [Электронный ресурс].

Поступила 18.03.2015

А.Ф. Ильющенко^{1,2}, доктор технических наук, профессор,
член-корреспондент НАН Беларуси

В.М. Капцевич³, доктор технических наук, профессор

В.К. Корнеева³, **Н.Н. Якимович**⁴, **И.В. Якимович**⁴, **Р.А. Кусин**³,
кандидаты технических наук

И.Н. Черняк², заведующая лабораторией фильтрующих материалов

¹ Государственное научно-производственное объединение
порошковой металлургии, г. Минск

² Государственное научное учреждение «Институт порошковой
металлургии», г. Минск

³ УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск

⁴ Государственное научное учреждение «Институт
физико-органической химии НАН Беларуси», г. Минск

ПРИМЕНЕНИЕ ПОРОШКОВЫХ ФИЛЬТРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ НА ПРОИЗВОДСТВАХ АПК

Аннотация. Представлены сведения о перспективных направлениях использования порошковых фильтрующих материалов (ПФМ) на производствах агропромышленного комплекса (АПК). Приведены примеры эффективного использования ПФМ на основе титановых порошков. Описаны методы регенерации этих материалов, обеспечивающие возможность их длительной эксплуатации.

Основным назначением ПФМ является очистка жидкостей и газов от посторонних примесей: жидкостей от твердых частиц, газовых пузырьков и включений другой нерастворимой жидкости, газа от твердых или жидких частиц. Отличительной их особенностью является осуществление фазоразделения в результате процесса фильтрования. Применение таких фильтров позволяет повысить качество выпускаемой продукции, надежность и долговечность пневмо- и гидросистем различного назначения, обеспечить защиту окружающей среды. В настоящее время для этих целей широко применяются бумажные, стеклянные, керамические, тканевые, войлочные, полимерные фильтрующие материалы. Однако о применении на производствах АПК порошковых фильтрующих материалов, которые по ряду достоинств занимают особое место среди фильтрующих материалов, в литературе имеется относительно немного сведений [1]. Цель данной работы – раскрыть перспективные области применения ПФМ в агропромышленном комплексе.

Одними из наиболее перспективных материалов для изготовления ПФМ, предназначенных для производств агропромышленного комплекса, являются порошки титана. Фильтрующие материалы на основе порошков титана хорошо показали себя в процессах тонкой очистки воды, стерилизации и бактериальной очистки воздуха, диспергации воздуха и озоносодержащей смеси, очистки пара на производствах по выпуску кормовых добавок и ферментных препаратов для производства этилового спирта, в установках замкнутого водоснабжения при выращивании рыбы и др. Они обеспечивают тонкость очистки от долей микрометра до нескольких сотен и коэффициент проницаемости от 0,2 до $1000 \cdot 10^{-13} \text{ м}^2$ при высокой прочности.

Пропускная способность изделий из ПФМ определяется из выражения Дарси через коэффициент проницаемости [2]:

$$Q = K \frac{\Delta p S}{\mu h},$$

где Q – объем пропускаемой через ПФМ среды (жидкости или газа), прошедшего через поры за единицу времени;

μ – коэффициент динамической вязкости среды;

Δp – перепад давления на ПФМ;

h – толщина ПФМ;

S – площадь фильтрации.

На рисунке 1 для примера приведены зависимости коэффициента проницаемости от технологических режимов изготовления (давления прессования) для трех фракций титанового порошка (на графике указаны средние размеры вычисленных по формуле Андерсона частиц следующих гранулометрических составов: («минус» 400 + 315), («минус» 630 + 400) и («минус» 1000 + 630) мкм), анализ которых свидетельствует о возможности регулировать пропускную способность в широких пределах, а на рисунке 2 – характерная структура двухслойного ПФМ, обеспечивающего повышение свойств изделий.

В качестве примера эффективного использования ПФМ на рисунке 3 приведены конструкция разработанного диспергатора на основе трубчатых титановых элементов (а), процесс обеззараживания с его помощью среды обитания рыб (б) и внешний вид отработанного импортного диспергатора (в).

Эксплуатация этих диспергаторов в условиях ООО «Ремона» (г. Могилев) показала, что по истечении двух лет использования показатели отечественных изделий не изменились, тогда как аналогичные изделия импортного производства пришли в негодность в результате саморазрушения через полтора года эксплуатации (рис. 3, в).

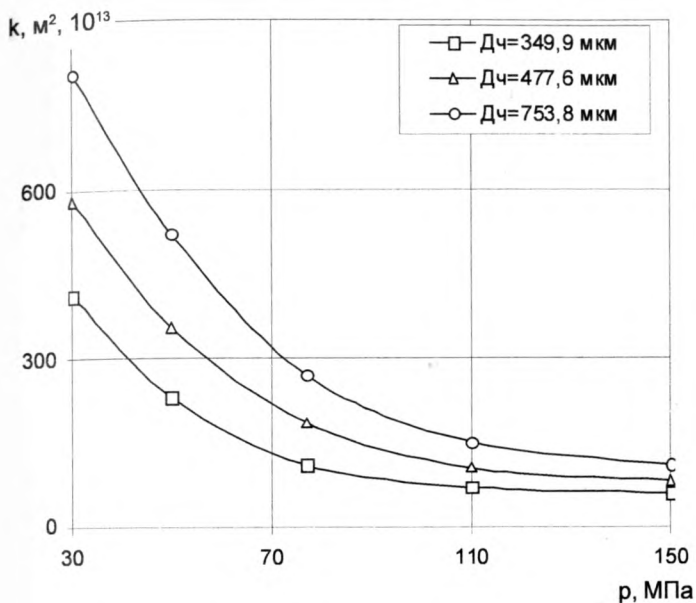


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента проницаемости ПФМ от давления прессования

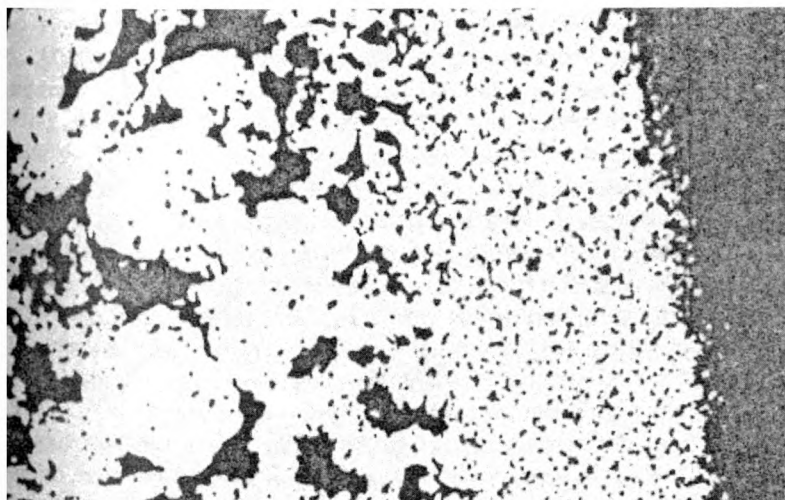


Рисунок 2 – Структура двухслойного ПФМ, полученного совместным прессованием порошков разных фракций путем послойной засыпки

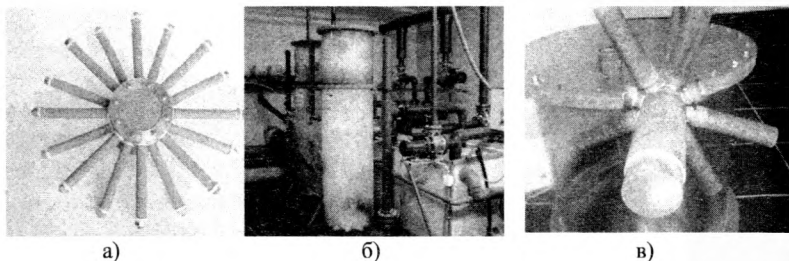


Рисунок 3 – Внешний вид (а) и процесс эксплуатации (б) диспергатора на основе пористых порошковых титановых элементов и внешний вид импортного диспергатора после 1,5 лет эксплуатации (в)

Применение порошковых фильтроэлементов для очистки пара на Пинском заводе кормовых витаминов позволило существенно снизить затраты, связанные с повышенным абразивным износом уплотнений вентиляей и негерметичным перекрытием вентилями трубопроводов из-за попадания на уплотнения содержащихся в паре продуктов коррозии трубопроводов.

Внедрение фильтров для стерилизации (на заводе БВК, г. Новополоцк) и бактериальной очистки (на Гродненском заводе медпрепаратов) позволило сэкономить валютные средства на закупке импортных аналогов.

Области применения ПФМ не исчерпываются вышеперечисленными: они могут также эффективно использоваться для очистки технических масел, воздуха, влагоотделения, глушения шума, огнепреграждения [3].

Важным преимуществом ПФМ является возможность проведения многократной регенерации. Существует несколько основных методов регенерации: механические, химические и термические [4]. Выбор способа регенерации определяется условиями работы фильтра, а также химической природой ПФМ и осаждаемого загрязнителя.

Из механических методов наиболее часто применяют регенерацию противодействием (противотоком). В этом случае очищенную среду (жидкость или газ) пропускают через засоренный ПФМ в направлении, противоположном направлению фильтрации. Очистка должна производиться под давлением, превышающем давление фильтрации. Регенерация противотоком производится без демонтажа фильтрующих элементов. В большинстве случаев (в частности, в непрерывных технологических потоках) устанавливаются параллельно два фильтра, один из которых работает, а другой в это время подвергается регенерации.

К механическим методам регенерации фильтрующих материалов также относятся ультразвуковая регенерация и механическая обработка

загрязненных поверхностей с помощью щеток, скребков и т. п. В этом случае регенерация фильтрующих элементов осуществляется после разборки устройства, в котором они установлены.

Химические методы регенерации заключаются в растворении частиц, застрявших в порах ПФМ, и производятся в том случае, если обратная продувка малоэффективна.

Термические методы регенерации ПФМ основаны на нагреве загрязненных фильтроэлементов до высоких температур и применяются, главным образом, для удаления органических загрязнений.

Качество регенерации оценивается по изменению ряда эксплуатационных показателей фильтроэлемента: приращение массы, увеличение начального гидравлического сопротивления, уменьшение ресурса работы до снижения скорости фильтрования на заданную величину или до достижения максимально допустимого перепада давлений и т. д.

Заключение. Приведены перспективные области использования ПФМ на производствах АПК. Показаны примеры эффективного применения этих материалов и описаны способы восстановления работоспособности по мере загрязнения.

Список использованных источников

1. Витязь, П.А. Фильтрующие материалы: свойства, области применения, технология изготовления / П.А. Витязь, В.М. Капцевич, Р.А. Кусин. – Минск: НИИ ИП с ОП, 1999. – С. 304.

2. Капцевич, В.М. Фильтрующие материалы: перспективные области применения в агропромышленном комплексе и современные технологии получения / В.М. Капцевич [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2006. – 189 с.

3. Шибряев, Б.Ф. Пористые проницаемые порошковые материалы / Б.Ф. Шибряев. – М.: Металлургия, 1982. – 168 с.

4. Регенерация фильтрующих элементов на основе металлических порошков, волокон и сеток в хозяйствах агропромышленного комплекса / А.А. Андрушевич [и др.] // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации: материалы конф., посвящ. 60-летию создания БГАТУ и памяти Сулова, Минск, 4–6 июня 2014 г.: в 2 ч.; под общ. ред. И.Н. Шило, Н.А. Лабушева. – Минск, БГАТУ, 2014. – Ч. 1. – С. 221–225.

Поступила 25.03.2015

Г.Ф. Бетенья, Г.И. Анискович, кандидаты технических наук, доценты
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск

УПРОЧНЕНИЕ БЫСТРОИЗНАШИВАЮЩИХСЯ СМЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН ИМПУЛЬСНОЙ ЗАКАЛКОЙ

Аннотация. В статье приведены технологические аспекты упрочнения деталей из сталей пониженной прокаливаемости (55ПП, 60ПП) с применением импульсной закалки. Показано, что технология импульсной закалки позволяет формировать мелкозернистую структуру, являющуюся основой повышения конструкционной прочности и износостойкости деталей.

Сменные детали рабочих органов почвообрабатывающих, посевных и кормоуборочных машин определяют их технический уровень и относятся к числу наиболее сложных изделий сельскохозяйственного машиностроения [1, 2]. Они работают при статических, циклических и ударных нагрузках, а также с различными рабочими средами (почвой, растительной массой, влагой и т. д.). Этим экстремальным условиям эксплуатации должны соответствовать основные критерии работоспособности сменных деталей (прочность, твердость, ударная вязкость, пластичность, износостойкость).

Традиционно применяемые при изготовлении сменных деталей материалы и технологии их упрочнения термической обработкой (закалка и отпуск) достигли своего предела в получении требуемого уровня конструкционной прочности и износостойкости и подлежат эффективной замене. Основная причина состоит в том, что с увеличением прочности (твердости) и износостойкости пластичность сталей уменьшается [3, 4].

Для решения проблемы повышения ресурса сменных деталей необходима разработка эффективных и доступных для широкого применения инновационных технологий на основе новых подходов повышения свойств конструкционных сталей в результате формирования в них объемного микро- и наноструктурированного состояния [4, 5]. Исследования последних десятилетий показали, что наиболее эффективным способом повышения прочности при обеспечении достаточной вязкости и пластичности является измельчение структуры путем применения микролегирования, контролируемой прокатки и других способов обработки [6].

К настоящему времени установлено, что наряду с интенсивной пластической деформацией эффективное формирование мелкодисперсных структур может быть достигнуто и при закалке конструкционных сталей за счет фазового превращения в процессе охлаждения [5]. Практические результаты достигнуты европейскими, американскими и японскими производителями. Есть сведения о получении в промышленных условиях стальных заготовок толщиной более 200 мм с размером структурных элементов не более 40 нм [7].

В последние годы при производстве сменных деталей сельскохозяйственных машин получила распространение технология импульсной закалки. Она применяется для упрочнения деталей, изготавливаемых преимущественно из сталей пониженной прокаливаемости. По аналогии с традиционными методами термической обработки технология импульсной закалки включает три основных этапа: нагрев, изотермическую выдержку, охлаждение заготовок в заданных параметрах этих режимов.

Технологическая схема упрочнения деталей с применением импульсной закалки разрабатывалась для условий печного нагрева заготовок (рис. 1). В технологической схеме стадии охлаждения стальных заготовок предшествуют стадия нагрева до температуры аустенитизации и стадия выдержки при температуре аустенитизации.

Стадия нагрева стальных заготовок до температуры аустенитной области при использовании печей сопротивления протекает в реальных условиях от исходной комнатной температуры со скоростью 1,5–2,5 °C/с. Заготовки нагревались до температуры закалки с точностью ± 5 °C. Продолжительность аустенитизации составляла порядка 10 минут.

Охлаждение осуществлялось потоком воды при различных значениях давления и расхода. Температура воды находилась в пределах 5–35 °C, время охлаждения – в интервале 0,5–5 с в зависимости от толщины изделия.

Охлаждение заготовок в заданных параметрах технологических режимов обеспечивается функционированием взаимосвязанных технических средств, с помощью которых реализуются:

- импульсная подача охлаждающей жидкости к закалочному устройству;
- управление продолжительностью технологического цикла охлаждения;
- управление в автоматическом режиме обратным снабжением охлаждающей жидкостью (рис. 2).

Для реализации технологии импульсной закалки в составе технологического модуля имеется закалочное устройство, которое предназначено для фиксации деталей в процессе закалки потоком охлаждающей жидкости и разрабатывается для каждого типоразмера деталей

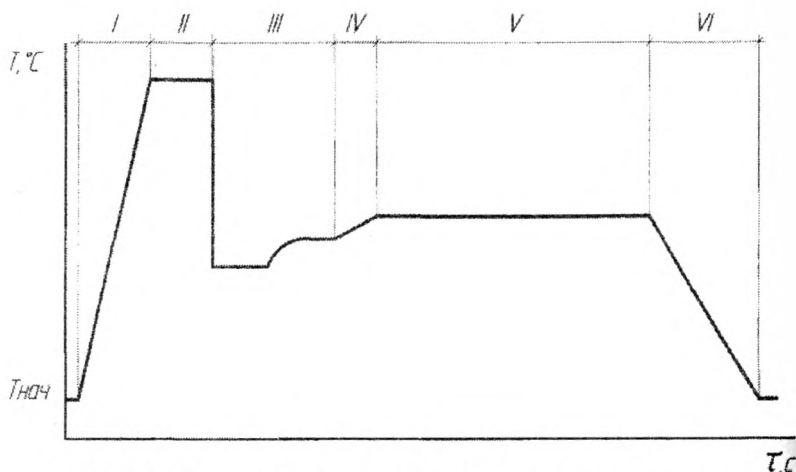


Рисунок 1 – Технологическая схема упрочнения стальных заготовок с применением импульсной закалки:

- I – стадия нагрева до температуры аустенитизации; II – стадия выдержки при температуре аустенитизации; III – стадия охлаждения до температуры самоотпуска; IV – стадия нагрева до температуры низкого отпуска;
- V – стадия выдержки при температуре низкого отпуска;
- VI – стадия охлаждения на воздухе

индивидуально. Принципиальная схема закалочного устройства для закалки дискообразных деталей представлена на рисунке 3.

Применение закалочных устройств позволяет охлаждать детали при их термической обработке с учетом требуемой критической скорости охлаждения, регламентируемой для данной марки стали, со скоростью от 400 до 5000 °C/с и более. Режим и время термообработки изменяются в зависимости от формы детали, марки материала заготовки и требований, предъявляемых к детали в эксплуатации.

Оценка оптимальных технологических параметров термического цикла осуществлялась по показателям качества изделия. На первое место среди этих показателей ставится структурное состояние металла изделия, приобретаемое в процессе термической обработки.

По разрабатываемой технологии, включающей закалку с импульсным охлаждением жидкостью, осуществлялось упрочнение экспериментальных образцов деталей. В связи с необходимостью уточнения структурного строения проводились измерения микротвердости в поперечном сечении макрошлифов (сторона 2 рис. 4а). Было выявлено убывание (диссипация) значений микротвердости в направлении к сердцевине образца (рис. 4б).

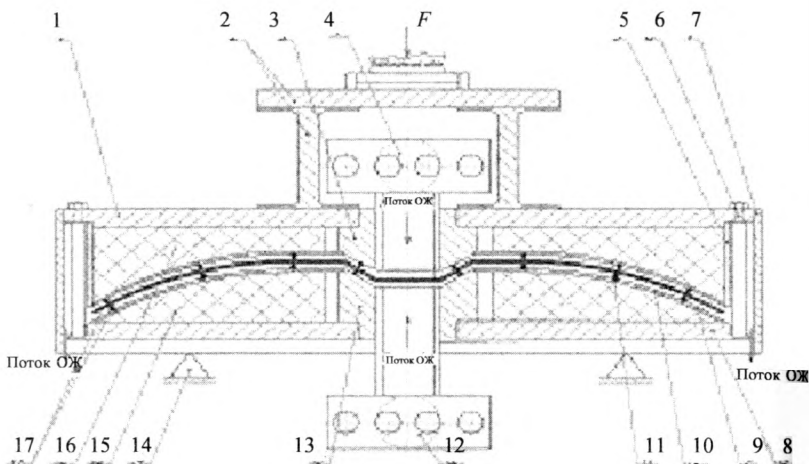


Рисунок 3 – Принципиальная схема закалочного устройства дисков:

- 1 – плита верхняя; 2 – фланец; 3 – вставка верхняя; 4 – коллектор верхний;
 5 – кожух внутренний; 6 – упор; 7 – кожух наружный; 8 – плита нижняя;
 9 – матрица; 10 – заготовка диска; 11 – пуансон; 12 – коллектор нижний;
 13 – вставка нижняя; 14 – опора; 15 – плита монтажная нижняя;
 16 – плита монтажная верхняя; 17 – фиксатор

Анализ численных значений микротвердости в поперечном сечении макрошлифов свидетельствует о наличии в поверхностном слое упрочненных деталей структуры мартенсита, далее – троостомартенсита, а в сердцевине – трооститной структуры. Изучение микроструктурного строения показало, что в поверхностном слое (рис. 5а) образовалась микроструктура весьма мелкоигльчатого мартенсита, наибольшая длина игл которого по оценке металлографическим методом составляет до 1 мкм, что свидетельствует об их мелкозернистости (дисперсности и баллу между 1 и 2) [8].

При увеличении соответственно $\times 50\,000$ и $\times 80\,000$ выявлена фрагментация (дробление) мартенситных пластин (рис. 6). Их размер в поперечном сечении составляет 50–100 нм, а размер фасеток отдельных пластин мартенсита находится в пределах 20–80 нм.

На отдельных фрагментах проявляются очертания субмикрозерен. Края мартенситных пластин и фрагментов частично размыты, что говорит об их аморфно-кристаллическом состоянии.

Статистические данные по средней длине фрагментов мартенситных пластин стали 60ПП после упрочнения рабочей поверхности деталей толщиной 6–12 мм показали, что размер 80 % фрагментов находится в диапазоне 0,02–0,08 мкм. После низкого отпуска при 180 °С размер

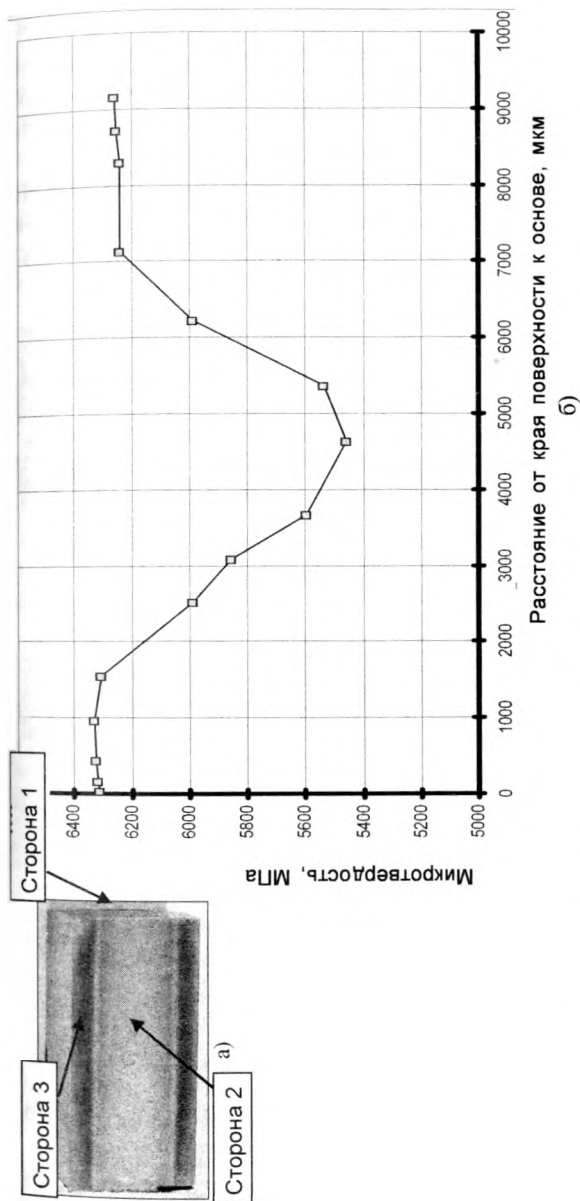
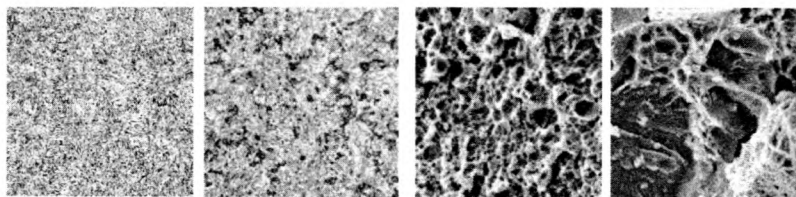


Рисунок 4 – Схема исследования (а) и график (б) изменения микротвердости в поперечном сечении (сторона 2) плоского образца

фрагментов изменяется незначительно, 60 % составляют фрагменты зерен мартенсита размерами 0,02–0,06 мкм.

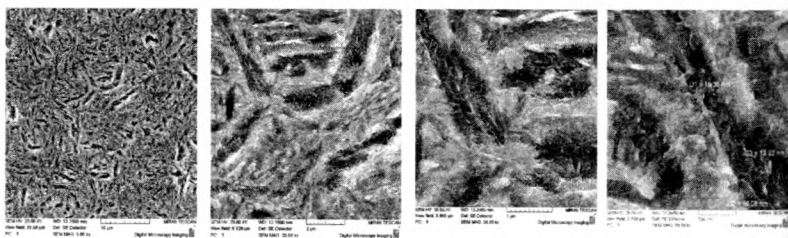
Снимки микроструктуры троостита в сердцевине плоского образца также свидетельствуют о его дисперсности (рис. 5б). В поперечном сечении размеры фрагментов троостита составляют 20–60 нм, а длина трооститных пластин находится в пределах 120–500 нм.

Результаты испытаний на трехточечный изгиб образцов стали 60ПП после импульсной закалки (без и с отпуском) показали, что наноструктурные изменения приводят к значительному увеличению предела прочности на изгиб в 1,35–1,45 раза (табл. 1).



а) $\times 200$ б) $\times 200$ в) $\times 10\ 000$ г) $\times 10\ 000$

Рисунок 5 – Микроструктура внешних поверхностей (а) и сердцевины (б) и морфология ячеистого излома образца, испытанного на ударный изгиб (в – наружного слоя, г – сердцевины)



а) б) в) г)

Рисунок 6 – Микроструктура упрочненного слоя образца стали 60ПП толщиной 8 мм после импульсного закалочного охлаждения водой и низкого отпуска: а) $\times 5000$; б) $\times 20000$; в) $\times 50000$; г) $\times 80000$

Таблица 1 – Результаты испытаний упрочненной стали 60ПП на трехточечный изгиб

Номер образца	Геометрические размеры сечения образцов		Разрушающая нагрузка, кН	Предел прочности на изгиб, МПа
	толщина, мм	ширина, мм		
04/850/ без отпуска	11,93	7,59	50	3022,5
05/800/ без отпуска	11,92	7,92	50	2796,4
1т/800/+ низкий отпуск	9,75	8,05	50	3803,3
2т/850/+ низкий отпуск	9,46	8,62	50	4433,6

Таким образом, технологией импульсной закалки достигается формирование в плоских изделиях объемного наноконпозиционного состояния. Оно характеризуется, во-первых, наличием диссипативного структурного строения в поперечном сечении изделия, во-вторых, субмелкокristаллическим зерном мартенсита. В ходе интенсивного закалочного охлаждения жидкостью заготовок из сталей ПП в них формируются продукты мартенситного превращения нанометрового размера. Придание такого дисперсного структурного строения деталям является основой повышения их конструкционной прочности и износостойкости [9, 10].

В настоящее время с использованием сталей пониженной прокаливаемости (55ПП, 60ПП) и технологии упрочнения импульсной закалкой изготавливается целый ряд различных по конструкции сменных деталей почвообрабатывающих и кормоуборочных машин (рис. 7). Разработанные технологии изготовления сменных деталей нового поколения освоены на ОАО «КЗТШ» (г. Жодино), РУП «МЗШ» (г. Минск), ОАО «БЭМЗ» (г. Брест), ОАО «Дрогичинский ТРЗ», ОАО «ВМРЗ» (г. Витебск), ОАО «Минский Агросервис», КУПП «Березаагросервис» и др. Стоимость деталей отечественного производства на 20–30 % ниже стоимости импортных аналогов.

Отличительными свойствами сменных деталей нового поколения являются сочетание высоких показателей твердости (около 60 HRC), прочности (свыше 2000 МПа), ударной вязкости (не менее 1,0 МДж/м²), пластичности, с наличием наноразмерного (20–80 нм) структурного строения, абразивной износостойкости (коэффициент не менее 3,0–3,5). По техническому уровню детали, изготовленные в соответствии с разработанной технологией, являются конкурентоспособными изделиями в сравнении с лучшими зарубежными аналогами.

Заключение. На основании полученных результатов исследований структурного строения образцов из стали 60ПП, упрочненных импульсной закалкой, можно сделать следующие выводы:

- технологией импульсной закалки достигается формирование в плоских изделиях объемного наноконпозиционного состояния. Оно характеризуется, во-первых, наличием диссипативного структурного строения в поперечном сечении изделия, во-вторых, субмелкокristаллическим зерном мартенсита;

- установлено, что в ходе интенсивного закалочного охлаждения жидкостью заготовок из сталей ПП в них формируются продукты мартенситного превращения нанометрового размера (20–80 нм). Придание такого дисперсного структурного строения является основой повышения конструкционной прочности и износостойкости;

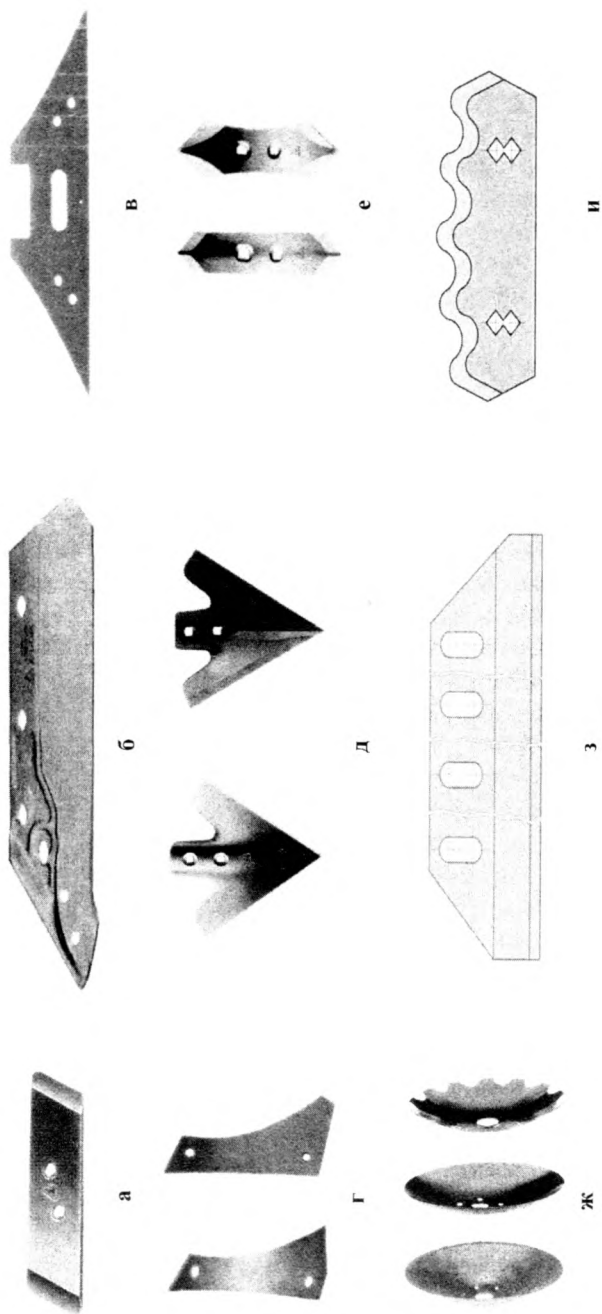


Рисунок 7 – Типовые представители сменных деталей почвообрабатывающих и кормоуборочных машин:
 а – долото; б – лемех; в – полевая доска; г – груди отвалов; д – стрелчатые лапы; е – оборотные лапы; ж – диски;
 з – нож измельчающего аппарата кормоуборочного комбайна; и – нож измельчителей рулонов

– технология импульсной закалки обладает высокой производительностью, экономической эффективностью и адаптирована к производственным условиям упрочнения сменных деталей сельскохозяйственной техники.

Список использованных источников

1. Машиностроение: энциклопедия / ред. совет: К.В. Фролов [и др.]. – М.: Машиностроение. Сельскохозяйственные машины и оборудование. – Т. IV-16 / И.П. Ксенович [и др.]; под ред. И.П. Ксеновича. – 2002. – 720 с.

2. Повышение работоспособности деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин / И.Н. Шило [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2010. – 320 с.

3. Лахтин, Ю.М. Материаловедение: учебник для высш. техн. учеб. заведений / Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтьев. – М.: Машиностроение, 1990. – 528 с.

4. Материаловедение: учебник для вузов / Б.Н. Арзамасов [и др.]. – Изд. 8-е. – М.: Изд-во МГТУ, 2008. – 648 с.

5. Лякишев, Н.П. Наноматериалы конструкционного назначения / Н.П. Лякишев, М.И. Алымов // Российские нанотехнологии, 2006. – Т. 1. – № 1–2. – С. 71–81.

6. Рыбин, В.В. Технологии создания конструкционных наноструктурированных сталей / В.В. Рыбин, В.А. Малышевский, Е.И. Хлусова // МИТОМ. – 2009. – № 6 (643). – С. 3–7.

7. Bulk nanocrystalline steel // Ironmaking and steelmaking. – 2005. – V. 32. – P. 405–410.

8. Сталь. Эталоны микроструктуры: ГОСТ 8233-56. – Введ. 07.01.1957. – Послед. изм. 18.05.2011. – Минск: Межгос. совет по стандартизации и сертификации, 2011.

9. Панин, В.Е. Физическая мезомеханика и неравновесная термодинамика как методологическая основа наноматериаловедения / В.Е. Панин, В.Е. Егорушкин // Физическая мезомеханика. – 2009. – Т. 12, № 4. – С. 7–26.

10. Панин, В.Е. Наноструктурные состояния в твердых телах / В.Е. Панин, В.Е. Егорушкин // Физика металлов и металловедение. – 2010. – Т. 110, № 5. – С. 486–496.

Поступила 20.03.2015

С.А. Соловьев², доктор технических наук, профессор

С.С. Хохлов¹, кандидат химических наук

А.Ф. Елеев¹, доктор химических наук

К.Н. Герасимов¹, инженер-химик

А.В. Дунаев², кандидат технических наук

¹Государственный научный центр Российской Федерации,
Федеральное государственное унитарное предприятие
«Государственный научно-исследовательский институт
органической химии и технологии», г. Москва, Россия

²Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский технологический
институт ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка»,
г. Москва, Россия

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ ТРИБОСОСТАВОВ НА ОСНОВЕ СОЛЕЙ 1,1-ДИГИДРОПЕРФТОРПОЛИОКСААЛКИЛ- β -КЕТОСУЛЬФОКИСЛОТ

Аннотация. Синтезированы и исследованы соли 1,1-дигидроперфторполиоксаалкил- β -кетосульфокислот. Показана их высокая эффективность в качестве антифрикционных присадок к минеральным маслам даже в концентрациях 0,004–0,1 %, когда коэффициент трения и скорость изнашивания снижались на 20–50 %. Выявлено соответствие антифрикционных свойств солей электропотенциалам их металлов. По итогам трибологических испытаний, с учетом доступности сырья и простоты синтеза, сделан вывод о перспективности использования созданных солей как профилактических присадок к смазочным маслам и топливу.

Параметры процессов трения современных сопряжений деталей в основном обусловлены силами адгезии смазочной среды. И ее назначение состоит в надежном разделении вершин микронеровностей деталей антифрикционными пленками, устраняющими металлический контакт и взаимное внедрение шероховатостей.

Коэффициент трения при упругом ненасыщенном контакте поверхностей в зависимости от сближения их шероховатостей представляется уравнением

$$f = \frac{24\alpha(1-\mu^2)\sqrt{R}}{E\sqrt{h}} + \beta + 0,2\lambda(0,5h)^{0,5}, \quad (1)$$

где f – коэффициент внешнего трения;

E, H, μ, λ, R – механические параметры трибопары;
 α, β – не раскрытые параметры взаимодействия адгезионных сил
 смазочной среды с материалами трибопары [1].

При сближении поверхностей трибопары молекулярная составляющая коэффициента трения уменьшается, а деформационная шероховатостей возрастает [1]. Таким образом, с увеличением нагрузки и при неуклонном сближении поверхностей трибопары коэффициент внешнего трения проходит через минимум. При этом минимальное значение коэффициента внешнего трения определяется выражением [1]:

$$f_{\min} = \frac{24\alpha(1-\mu^2)\sqrt{R}}{E\sqrt{h}} + \beta. \quad (2)$$

Для стандартного класса обработки поверхностей трибопар значение первого члена формулы (2) в сравнении с β пренебрежимо мало и f_{\min} определяется только величиной β адгезионного взаимодействия смазки с поверхностями деталей [1]:

$$f_{\min} \approx \beta. \quad (3)$$

Это условие не абсолютно, хотя из него правдоподобно следует, что для обеспечения минимального коэффициента трения необходимо подбирать смазочную среду и материал трибопар, исходя из обеспечения минимума константы β . Как правило, это достигается эмпирическим подбором присадок к маслам. Поэтому выявление параметров адгезии смазочной среды, позволяющих минимизировать β , является важной задачей.

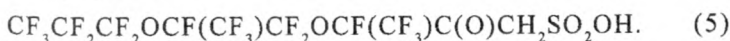
В этом направлении исследованы соли щелочных металлов 1,1-дигидроперфторполиоксаалкил- β -кетосульфокислот формулы



где $R_F = CF_3CF_2O(CF_2CF_2O)_m CF_2$ или $CF_3CF_2CF_2[CF(CF_3)CF_2O]_m CF(CF_3)-$,
 $n = 1-3$, $m = 1-3$, а $M = Li, K, Mg, Na, Al, Zn$ и другие щелочные металлы.

При этом выявлено, что эти соли даже при низких концентрациях эффективно улучшают антифрикционные свойства минеральных моторных масел, что вызывает научный и практический интерес [2, 3].

В связи с этим был синтезирован ряд вышеназванных солей, определены их физико-химические и трибологические характеристики. Синтез солей вели по схемам без экстремальных условий [4], а прекурсором выбрана 1,1-дигидроперфтор-4,7-диокса-3,6-диметилдеканон-2-сульфокислота формулы



Наиболее значимы соли формулы



где $R_F = CF_3CF_2CF_2OCF(CF_3)CF_2OCF(CF_3)$, $n = 1$, M – различные катионы металлов, представленные в таблице 1.

По составу и структуре данные соединения относятся к анионным поверхностно-активным веществам (ПАВ) – фтортензидам. А критическая концентрация мицеллообразования их хлорангидрида сульфокислоты $R_F C(O)CH_2SO_2Cl$ (неофлон-310) в воде и перхлорэтилене составляет всего $2,7 \cdot 10^{-3}$ моль/л. Известно, что Неофлон-310 снижает поверхностное натяжение воды и органических растворителей до 19–20 мДж/м. Обработка текстильных волокон растворами Неофлон-310 или его аналога ПФСК-8 придает тканям высокую гидрофобность. Можно было ожидать, что соли (6) в таких же низких концентрациях будут эффективны и как антифрикционные присадки к смазочным маслам.

Правомерность этого постулата основана на структурных особенностях молекул анионных ПАВ, которые сочетают в себе **суперолеофильные** и гидрофобные перфтороксаалкильные длинноцепочечные радикалы и две **гидрофильные** электроноакцепторные группы –C=O и –SO₂OM, находящиеся в β -положении друг к другу. Для веществ с такой структурой молекул правомерно ожидать не только высоких поверхностно-активных свойств, но и выраженной комплексообразующей способности с атомами металлов трибопар по типу β -дикетонов.

Таблица 1 – Физико-химические свойства солей (6) на основе 1,1-дигидроперфтор-4,7-диокса-3,6-диметилдеканон-2-сульфокислоты

Соль формулы (6), где M – катион	Молекулярный вес	$T_{пл.}, ^\circ C$	Растворимость в H ₂ O, моль/л	Растворимость в изопропанол-е, %	Растворимость в метилэтилкетоне, моль/л, %	pH насыщенного раствора в воде
Na ⁺	596	270	0,383	–	0,022 (1,3)	4,6
K ⁺	612	> 300	0,008	–	0,013	3,9
Li ⁺	648	212	0,918	2,3	0,17 (11,2)	7,9
Mg ²⁺	1170	> 300	0,011	5	0,07 (8)	6,8
Ca ²⁺	1187	135	0,180	–	0,005 (0,6)	3,4
Zn ²⁺	1211	246	0,025	2	0,08 (9,6)	6,1
Cu ²⁺	1209	164	–	–	–	2,8
Ba ²⁺	1283	91	0,016	–	0,023	5,3
In ³⁺	1834	160	–	1,94	0,05 (9,6)	2,7
Ni ²⁺	1205	150	–	–	–	2,3
Al ³⁺	1746	> 350	0,082	1,8	0,01 (1,8)	2,0

Примечание. Значения pH примерно соответствуют значениям электропотенциалов металлов.

Предполагалось, что эти свойства проявятся в адсорбции фтортензидов (6) из смазочной среды на активных центрах шероховатостей деталей с образованием пленок ориентированных молекул (6). Наличие пленок с низкоэнергетическими фторсодержащими фрагментами, снижающими энергетику поверхностей деталей, создает условия для снижения сил трения, интенсивности изнашивания, улучшения противозадирных свойств смазочной среды.

Другим критерием выбора солей (6) являлась их экологическая безопасность. Эти соли являются практически нейтральными, не горючи, не токсичны, не вызывают коррозию металлов. В отличие от кислот на основе олигомеров окиси гексафторпропилена, как эпиламов и трибосоставов [5], соли (6) не токсичны и при терморазложении.

На этом основании выполнена сравнительная оценка смазывающих свойств моторных, промышленных масел и дизельного топлива с синтезированными солями сульфокислот, отличающихся катионами. В качестве растворителя солей выбран метилэтилкетон.

Трибоиспытания проведены в Наноцентре ГОСНИТИ на трибометре TRB-S-DE Швейцарской фирмы CSM Instruments по схеме «палец – диск» из сталей Ст. 3 при диаметре пятна контакта 0,71 мм, нагрузках до 60 Н, то есть до давления 220 МПа в режиме ступенчатого нагружения с шагом 5Н; скорости скольжения 100 см/с; пути трения до 250 м; частоте регистрации сил трения 1 Гц.

Результаты испытаний солей с концентрациями 0,004–0,078 % в маслах М-10Г_{2К}, М-6, 10Г₁ и И-20А представлены на рисунках 1–6. Из графиков видно, что с повышением нагрузки коэффициент трения f проходит через минимум. Положение f_{min} практически для всех смазочных композиций находится в интервале малых нагрузок 10 ± 2 Н. Все же испытанные смазочные композиции по значениям f , f_{min} значительно превосходят промышленные масла. Это прослеживается во всем интервале нагрузок и, особенно, в интервале 10 ± 4 Н.

Из рисунка 1 (кривые 3, 4) видно, что моторные масла М-10Г_{2К} разных производителей (ОАО «НК «Роснефть» и ООО «Лакирис») обладают хорошей смазывающей способностью. Тем не менее смазочные свойства этих масел заметно улучшаются (кривые 5, 6) при добавлении ультранизких концентраций (0,05 %) солей лития или алюминия. Коэффициент трения f в присутствии этих соединений стабилен в широком диапазоне нагрузок и ниже, чем у товарных масел на 0,02–0,03.

Высокая эффективность присадок на основе солей (6), где в качестве катиона использовали ионы магния, прослеживается и на примере сравнительного анализа значений f , представленных на рисунке 2. Коэффициент трения масла М-10Г_{2К} (ОАО «НК «Роснефть», кривая 4) в 2 раза

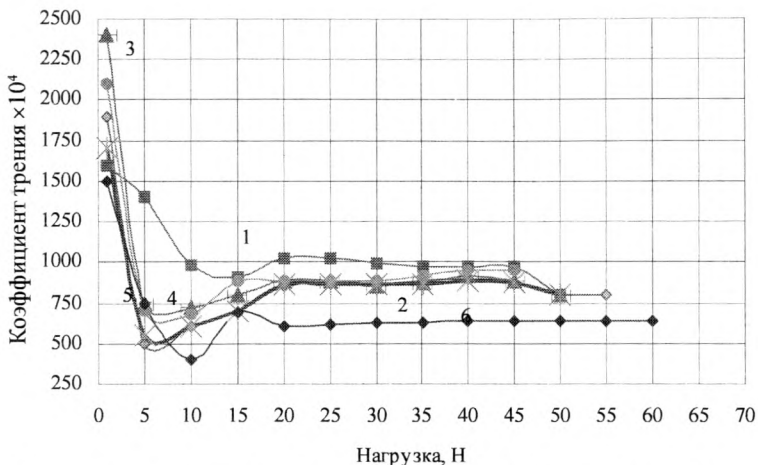


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента трения от нагрузки в трибопаре сталь 3 – сталь 3 в масле до и после введения фторсодержащих присадок: 1 – масло И-20А, 2 – масло М-10Г_{2К} (ООО «Лакирис») и 0,05 % соли лития, 3 – масло М-10Г_{2К} (ООО «Лакирис»), 4 – масло М-10Г_{2К} (ОАО «НК «Роснефть»), 5 – масло М-10Г_{2К} (ОАО «НК «Роснефть») и 0,05 % соли лития, 6 – масло М-10Г_{2К} (ОАО «НК «Роснефть») и 0,05 % соли алюминия

превышает значения f в масле с магниевой солью концентраций 0,5; 0,05 и 0,005 % масс. (кривые 1, 2, 3). А соли лития в масле М-10Г_{2К} (ООО «Лакирис») снижают коэффициент трения в 1,2 раза при малых нагрузках, а при нормальных и повышенных – в 1,5 раза (рис. 3, кривые 2–4).

Соли In^{2+} и In^{3+} (рис. 4, кривые 2–4) в сравнении с промышленным образцом масла М-10Г_{2К} (ОАО «НК «Роснефть») снижают f_{min} на 0,014–0,035 (рис. 2, кривая 4). При больших нагрузках трибосоставы солей In^{3+} в 1,2 раза эффективнее, чем соли In^{2+} . Это же характерно и для этих солей в масле И-20А (рис. 5).

Обобщая полученные результаты, можно сделать вывод, что для оптимизации f в различных трибопарах необходимо подбирать тип катиона соли и концентрацию присадки. Например, для обеспечения минимального коэффициента трения в гироскопах и часовых механизмах, работающих с низкими нагрузками, эффективна Zn-соль 6 (рис. 6, кривые 2–4). Здесь при нагрузках (2–8 Н) f_{min} в масле М-10Г_{2К} с 0,05 % Zn-соли снижается до рекордно низкого значения 0,006–0,010. Однако для достижения минимальной скорости изнашивания перспективны трибосоставы на основе Al- и In-солей. Они обеспечивают низкий f и высокую нагрузочную способность от 177 до 212 МПа.

Лабораторные результаты были проверены на промышленных изделиях с акцентом на экологический мониторинг (табл. 2). Так, при

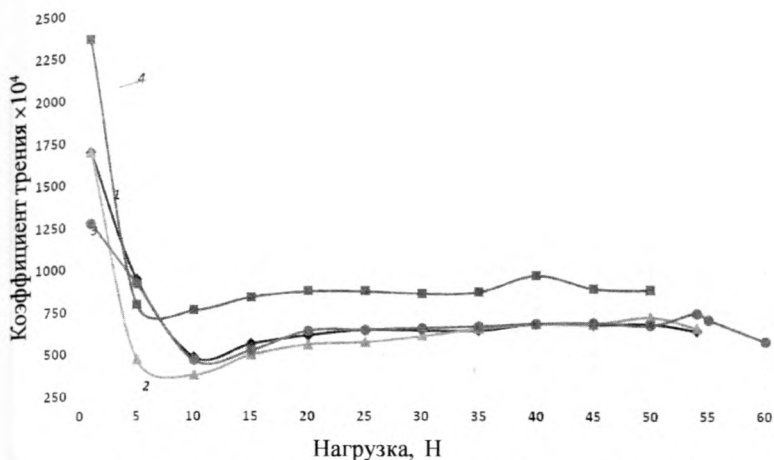


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента трения в трибопаре сталь 3 – сталь 3 от нагрузки в масле М-10Г_{2К} без присадок (кривая 1) и при введении соли магния концентраций 0,5 (2), 0,05 (3) и 0,005 % масс. (4); после нагревания трибопары в течение 1 час при 220 °С в присутствии 0,05 % соли магния (кривая 5, магний каленый)

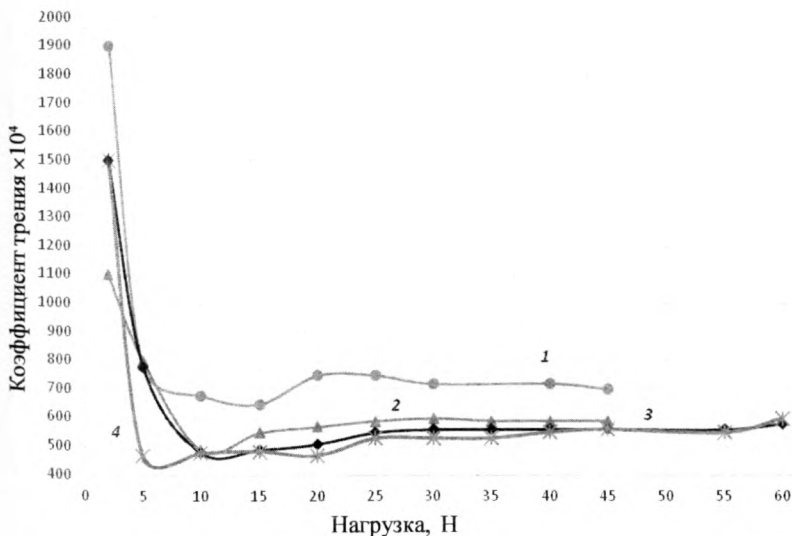


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента трения трибопары от нагрузки в масле М-10Г_{2К} (ООО «Лакирис») 1 – масло М с-10Г_{2К}; то же с солями лития концентраций: 2 – 0,5 %; 3 – 0,05 %; 4 – 0,005 %

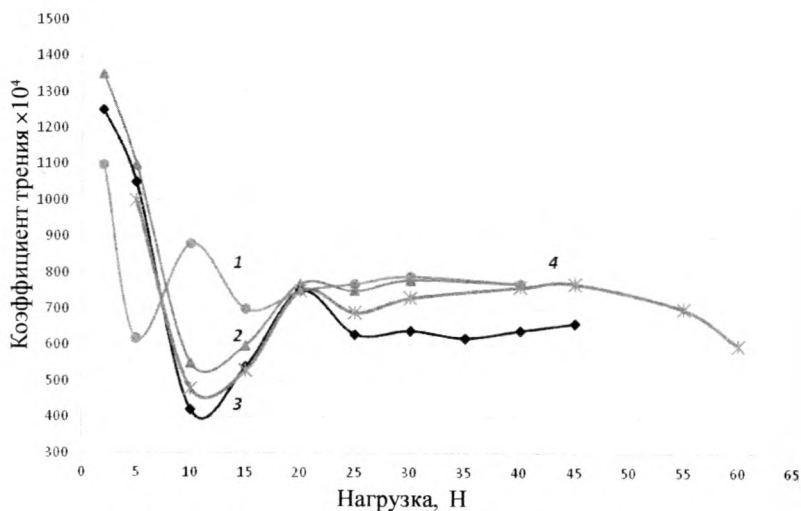


Рисунок 4 – Зависимость коэффициента трения трибопары от нагрузки в масле М-10Г_{2К} содержащей присадки солей двух- и трехвалентного индия концентраций: 1 – In²⁺ 0,041 %; 2 – In²⁺ 0,004 %; 3 – In³⁺ 0,05 %; 4 – In³⁺ 0,005 %

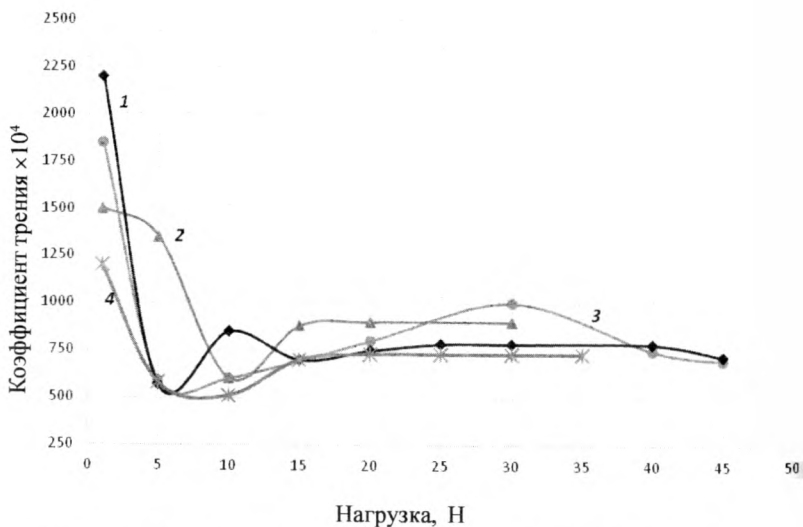


Рисунок 5 – Зависимость коэффициента трения трибопары от нагрузки в масле И-20А с солями двух- и трехвалентного индия концентраций: 1 – In³⁺ 0,005 %; 2 – In²⁺ 0,004 %; 3 – In²⁺ 0,041 %; 4 – In³⁺ 0,049 %

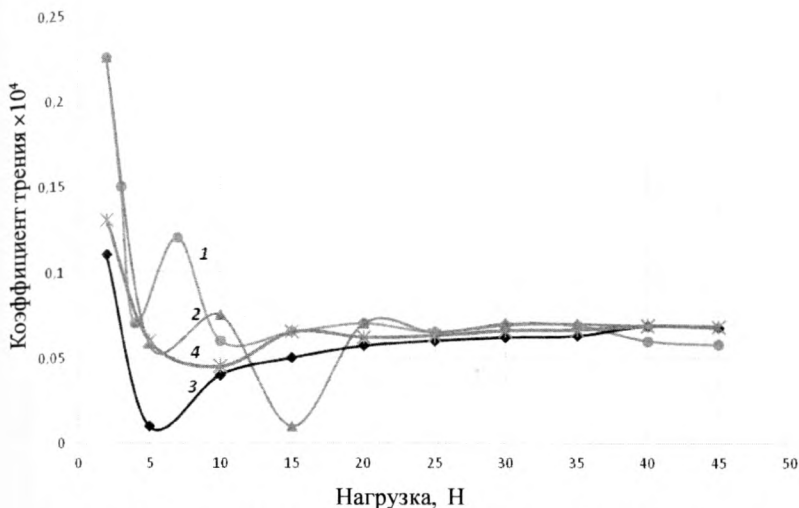


Рисунок 6 – Зависимость коэффициента трения трибопары от нагрузки в масле М-10Г_{2К7} содержащей присадки солей концентраций: 1 – Mg²⁺ 0,05 %; 2 – Zn²⁺ 0,5 %; 3 – Zn²⁺ 0,05 %; 4 – Zn²⁺ 0,005 %

испытании масла с 0,02 % (масс.) соли двухвалентного индия мощность и крутящий момент малолитражного двигателя ДМ-1К повысились на 25 %. При аналогичном испытании лодочного мотора «Салют» снижение износа деталей цилиндропоршневой группы составило 50 %. При этом отмечен более легкий запуск и уменьшение шума работы двигателя. При испытании двигателя 6L160pns речного теплохода в течение 6 мес. с введением в моторное масло 0,02 % In²⁺-соли компрессия в цилиндрах возросла на 6,7 %, температура отработавших газов (ОГ) снизилась на 10,6 %, расход топлива – 4, дымность ОГ – 7, содержание СО в ОГ – 6, а износ деталей мотора – на 50 %. Отмечены более мягкий пуск и уменьшение шума работы мотора. При введении 0,08 % Zn-соли в смазку подшипников качения ресурс их работы увеличился на 500 %.

Таким образом, предпосылки перспективности трибосоставов (6) подтверждены. Трибосоставы из солей 1,1-дигидроперфторполиоксаалкил-β-кетосульфокислот в низких концентрациях (10⁻³–10⁻¹ %) эффективно снижают трение и характеризуются противоизносным эффектом, способствуют снижению температуры трения, стабилизируют условия работы пар трения.

В рассмотренном ряду солей с адекватным снижением электропотенциала металлов и увеличением коэффициента трения ($f_{Li} < f_{Al} < f_{Mg} < f_{Zn} < f_K < f_{In}$), наиболее перспективной является литиевая соль, а по нагрузочной способности – алюминиевая и индиевые соли.

Таблица 2 – Испытания солей (2) в качестве трибосоставов в промышленных изделиях

Характер испытаний	Результаты испытаний
1. Испытание клапанов DN 25.50 и КПП-80 с вводом в масло 0,02 % Zn соли	Устраняется задиры и заклинивание резьбовых соединений
2. Испытания двигателя ДМ-1К мотоблока «Нева» при вводе в масло 0,02 % Zn соли	Повысился крутящий момент и мощность. В несколько раз снизилось время притирки пары шатунная шейка – коленвал. Отмечена зеркальная поверхность после притирки
3. Исследовано влияние добавки 0,08 % Zn соли в смазку на ресурс подшипников качения	Ресурс подшипников увеличился на 500 %
4. Испытание двигателя 6L160pns в период навигации (6 мес.) при вводе 0,02 % In-соли в моторное масло	Давление сжатия по цилиндрам увеличилось на 6,7 %, расход топлива уменьшился – 4, температура отработавших газов – 10,6, их дымность – 7, содержание СО – 4, износ деталей мотора – на 50 %. Отмечен более мягкий пуск и уменьшен шум при работе мотора

Синтезированные соли обладают универсальными эксплуатационными характеристиками, предъявляемыми к современным трибосоставам. В ультранизких концентрациях они обеспечивают высокие антифрикционные свойства смазочной среды, высокий ресурс работы модифицированных поверхностей, отвечают требованиям экологии и экономики.

Список использованных источников

1. Основы трибологии. Трение, износ, смазка: учеб. для техн. вузов / А.В. Чичинадзе [и др.]; под ред. А.В. Чичинадзе. – М.: Центр «Наука и техника», 1995. – 779 с.

2. Результаты сравнительных испытаний трибопрепаратов минеральных и на основе солей сульфокислот / А.В. Дунаев [и др.] // Вестник РАСХН. – 2013. – № 2. – С. 78–79.

3. Противозносная присадка к смазочным средам и топливу: пат. 2206605 РФ // А.Ф. Елеев [и др.]. – 2003.

4. Способ получения поверхностно-активных фторсодержащих β-кетосульфокислот: пат. 2503658 РФ / В.И. Черноиванов, С.С. Хохлов, А.Ф. Елеев, С.А. Фролова, А.В. Дунаев. – Б.И. – 2014. – № 1.

5. Противозносная добавка к смазочным маслам: пат. 2061020 РФ / Н.А. Рябинин, В.Е. Мунгалов, Е.В. Ирисова. – 1996.

Поступила 09.04.2015

О.Г. Девойно, доктор технических наук, профессор

М.А. Кардаполова, кандидат технических наук

Н.И. Луцко, научный сотрудник

УО «Белорусский национальный технический университет»,

г. Минск

ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ-ВОССТАНОВЛЕНИЯ БЫСТРОИЗНАШИВАЮЩИХСЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

В настоящее время имеет место тенденция к росту мощности машин и оборудования, сопровождающаяся увеличением удельных нагрузок их узлов и деталей. Высокая стоимость запасных частей, особенно импортной техники, заставляет искать возможности ремонта вышедших из строя деталей. Во многих случаях эта проблема может быть решена восстановлением с одновременным упрочнением порошковыми материалами, методами наплавки, напыления и лазерной обработки.

Научно-исследовательская инновационная лаборатория плазменных и лазерных технологий (НИИЛ ПилТ) Белорусского национального технического университета уже около 40 лет занимается разработкой технологий восстановления и упрочнения деталей, в том числе и сельскохозяйственной техники. Разработанные технологии газопламенного и плазменного напыления, газопорошковой наплавки и лазерного упрочнения позволяют эффективно восстанавливать и продлевать ресурс деталей различной техники.

Технология формирования защитных покрытий плазменным напылением порошковых материалов обеспечивает возможность напыления широкой номенклатуры порошковых материалов и создания износостойких, коррозионностойких покрытий, а также покрытий, стойких к эрозии, кавитации и тепловым воздействиям. Возможно напыление металлических, керамических, плакированных и композиционных материалов, а также материалов, обладающих экзотермическим эффектом.

Принцип нанесения покрытий плазменным напылением основан на разогреве порошкового материала в генерируемой плазмотроном струе плазмы до температуры плавления с последующей кристаллизацией на упрочняемой рабочей поверхности детали.

Производительность процесса плазменного напыления составляет 3...4 кг/час (0,37...0,5 м²/час), коэффициент использования порошкового материала достигает 95 %.

При газопламенном напылении нагрев частиц порошка до температуры плавления осуществляется в пламени горения смесей: пропан – кислород, ацетилен – кислород, МАФ – кислород.

В Белорусском национальном техническом университете создана и производится обрудование для газопламенного напыления порошковых материалов, а также разработана технология восстановления газопламенным напылением широкой номенклатуры деталей.

Установка предназначена для напыления широкой номенклатуры порошковых материалов и создания следующих покрытий: износостойких, коррозионностойких, стойких к эрозии, кавитации и тепловым воздействиям. Возможно напыление металлических, плакированных и композиционных материалов, а также материалов, обладающих экзотермическим эффектом.

Установка состоит из пульта управления, снабженного контролирующими приборами, вентилями для регулировки рабочих газов, системой автоматики и газораспределения, термораспылительной горелки пистолетного типа, позволяющей осуществить напыление как вручную, так и в полуавтоматическом режиме.

Для напыления внутренних и труднодоступных поверхностей установка имеет специальный удлинитель, который позволяет производить напыление деталей типа втулок от диаметра 150 мм на длине 700 мм с каждой стороны. Производительность процесса газопламенного напыления составляет: на пропан-бутане – 4–6 кг/час; на МАФе – 5–7 кг/час. Коэффициент использования порошкового материала – до 95 %. Масса установки ТРУ-БПИ (пистолет термораспылительный, пульт управления, удлинительная насадка) – 9,7 кг.

Разработанные технологии опробованы для быстроизнашивающихся деталей самого широкого назначения: автотракторной техники, нефтяного, нефтехимического, бурового, газоперерабатывающего оборудования, текстильного производства, запорной арматуры энергетического оборудования, валов, штоков, гильз, втулок насосного оборудования. Износостойкость деталей, как правило, повышается в 3–5 раз по сравнению с серийными.

Для решения задач восстановления и упрочнения быстроизнашивающихся деталей машин представляют технологии, использующие концентрированные источники нагрева, такие как лазерный луч: лазерная закалка, легирование и наплавка.

При лазерной закалке обеспечивается термообработка поверхности без объемного разогрева деталей, что позволяет использовать такой вид упрочнения для деталей сложной формы, крупногабаритных и ряда других, упрочнение которых невозможно традиционными методами.

Лазерная закалка эффективна для углеродистых, легированных инструментальных сталей, чугунов и твердых сплавов. Твердость упрочненного слоя достигает до 1000–1200 НV. Износостойкость повышается в 2–3 раза по сравнению с объемно-закаленными сталями. Глубина упрочненного слоя составляет 0,3...1 мм.

Технология лазерного легирования предусматривает нанесение на упрочняемую поверхность слоя легирующих компонентов и последующее его проплавление лучом лазера. Обладая всеми преимуществами лазерной закалки, метод позволяет, кроме того, производить упрочнение материалов, не подвергающихся закалке, например, малоуглеродистых сталей, сталей аустенитного класса, цветных сплавов. Выбор легирующей обмазки и режимов лазерной обработки обеспечивает формирование слоев с требуемым комплексом физико-механических свойств. Глубина упрочненного слоя составляет 0,3...0,5 мм. Повышение износостойкости составляет 3...5 раз по сравнению с объемно-закаленными.

Технология лазерной наплавки защитных покрытий используется для восстановления изношенных деталей. Эта технология имеет много преимуществ перед традиционными технологиями наплавки. При использовании данной технологии размеры наплавляемых валиков сравнимы с диаметром лазерного пятна на поверхности детали, объемный разогрев детали практически отсутствует.

Технология лазерного термоупрочнения внедрена на ряде производств для упрочнения деталей автотракторной техники (распределительные и коленчатые валы двигателей внутреннего сгорания), нефтяного и нефтехимического оборудования (валы насосов, рабочие колеса в местах их щелевых уплотнений, а также ряд других деталей).

Описанные технологии могут быть эффективно использованы для решения задач восстановления упрочнения сельхозтехники как в условиях ремонтных мастерских, так и на ремонтных предприятиях.

Поступила 16.03.2015

В.М. Константинов, доктор технических наук

В.Г. Дашкевич, кандидат технических наук

Г.В. Стасевич, старший научный сотрудник

А.В. Ковальчук, В.Г. Щербаков, Д.В. Гегеня,

младшие научные сотрудники

*Филиал Белорусского национального технического университета
«Научно-исследовательская часть», НИЛ упрочнения стальных
изделий, г. Минск*

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Научно-исследовательская лаборатория упрочнения стальных изделий филиала Белорусского национального технического университета «Научно-исследовательская часть» с 1966 г. занимается исследованиями и разработками в области химико-термической обработки материалов и получением на поверхности стальных изделий покрытий различного функционального назначения. В составе лаборатории 14 научных работников, из них 3 доктора и 4 кандидата наук.

Коллективом лаборатории изучены и детально описаны процессы борирования, силицирования, карбидизации, карбонитрирования, алитирования, цинкования, хромирования и другие, а также процессы многокомпонентного насыщения на основе бора, хрома, кремния и алюминия. Под руководством известных ученых профессоров Л.С. Ляховича, Л.Г. Ворошнина в разные годы были изучены термодинамика, химизм, кинетика и механизмы формирования диффузионных слоев, в том числе при многокомпонентном насыщении.

Лабораторией разработано и детально исследовано более 100 диффузионных слоев моно- и многоцелевого назначения для различных условий эксплуатации ряда металлических материалов (износостойкие, антикоррозионные, жаростойкие, кавитационностойкие и др.). Разработанные способы обработки металлических изделий защищены десятками авторских свидетельств и патентов Республики Беларусь. Разработанные технологические процессы и среды регламентированы ГОСТ-90 «Термодиффузионное упрочнение и защита металлических изделий» и ТУ ВУ 100232486.028-2008 «Среды порошковые насыщающие». Большой вклад в эти работы внесли руководившие лабораторией в разные годы кандидаты технических наук Б.С. Кухарев и Н.Г. Кухарева.

Большинство научных направлений, сформированных на протяжении деятельности лаборатории, не теряют актуальности и в настоящее

время. Основные разработки направлены на создание научных и технологических основ получения термодиффузионных покрытий функционального назначения, формирование научных основ и принципов получения порошковых сред для химико-термической обработки с использованием метода внепечной металлотермии, разработку технологических принципов регенерации полученных порошковых сред для создания безотходных технологических процессов, исследование и оптимизацию поверхностной термической обработки металлов и сплавов с использованием индукционного нагрева и др. В лаборатории упрочнения стальных изделий активно продолжается развитие теоретической и инструментальной базы создания новых высокоэффективных процессов поверхностного упрочнения металлических материалов. В данной статье кратко представлены некоторые перспективные разработки последних лет.

1. Разработанный процесс поверхностного термодиффузионного легирования бором по стабильности и своим технико-экономическим показателям не уступает и даже превосходит однотипные, разработанные зарубежными фирмами BorTec GmbH (Германия), Worldwide Alloy Surfacing Inc (США). Экономическая эффективность порошкового насыщения борирования определяется кратностью использования смеси и используемым борсодержащим веществом. В случае использования наших насыщающих сред стоимость обработки не уступает жидкостному. Возможность термодиффузионного упрочнения деталей с отверстиями диаметром до 50 мкм при их глубине до 200 мм. Гарантируются равномерность покрытия по толщине, отсутствие таких дефектов, как шелушение, отслаивание, скалывание, налипание насыщающей смеси. Максимальные габаритные размеры обрабатываемых деталей ограничиваются лишь объемом нагревательной камеры термического оборудования. Как правило, длина изделий не превышает 500 мм.

Толщина диффузионного слоя в зависимости от назначения и технологических параметров процесса изменяется от 50 до 400 мкм, а твердость может достигать 2000 HV. Показатель шероховатости поверхности детали в результате обработки сохраняется на уровне исходного – 8-й класс. Дополнительную механическую обработку (при необходимости) рекомендуется осуществлять с использованием алмазного инструмента или его аналогов. Технология термодиффузионного поверхностного легирования бором применима во многих отраслях промышленности, где речь идет об абразивном износе поверхностей деталей машин. К ним можно отнести сельское хозяйство, добывающую отрасль, машиностроение и др. Технология заключается в борировании в порошковых смесях, содержащих определенные компоненты, при

печном нагреве в герметизируемом контейнере. Подбор состава насыщающей смеси и управление температурно-временными параметрами насыщения позволяют получить высокие физико-механические и эксплуатационные свойства обрабатываемой поверхности, отсутствие скальваемости диффузионного слоя и других дефектов.

Предлагаемая технология и состав насыщающих смесей позволяют значительно повысить износостойкость деталей, что обуславливается высокой твердостью и абразивной стойкостью поверхностного слоя после борирования. Наша технология борирования является экономичной и производительной, обеспечивает получение высоких физико-механических и эксплуатационных свойств деталей, работающих в условиях абразивного износа.

2. Термодиффузионное цинкование – один из наиболее перспективных способов нанесения защитных покрытий на стальные, чугунные или медные изделия. Эти покрытия имеют свойства, не достижимые другими видами цинкования, и поэтому являются особенно предпочтительными в ряде областей эксплуатации. Применяются для защиты от коррозии различных металлоизделий, эксплуатирующихся в жестких коррозионно-эрозионных условиях.

Покрытия, полученные методом термодиффузионного цинкования, имеют существенные преимущества по сравнению с покрытиями, полученными методом горячего оцинкования, так как процесс протекает при более низких температурах и это позволяет цинковать термообработанные, в том числе пружинные стали, без потери их механических свойств. Покрытия, полученные в порошке цинка, имеют самую высокую твердость из всех известных цинковых покрытий и низкий коэффициент трения, поэтому они хорошо противостоят абразивному износу и деформации, гайки не ослабевают в процессе эксплуатации. Сопряженные детали не нужно механически обрабатывать (прорезать резьбу после нанесения покрытия). Гладкая матовая поверхность служит прекрасной основой для прочного сцепления с краской, резиной, клеем, не требуя при этом специальных грунтовых покрытий. Некоторые преимущества:

- диффузионные цинковые покрытия состоят из слоев железо-цинк (от 7 до 20 % железа), образующихся путем термохимической диффузии цинка в поверхность изделий в процессе их нагревания в присутствии цинкового порошка;

- покрытие может наноситься на все виды деталей, изготовленных из стали или чугуна с размерами до 200×200×500 (В×Н×L) мм;

- по требованию заказчика толщина покрытия может изменяться в пределах от 10 до 100 мкм и более;

– покрытие однородно по толщине, точно воспроизводит профиль изделия в целом и отдельных деталей на нем (резьбу, маркировку и т. д.), формируется в сложных профильных пазах, отверстиях, каналах и т. п.

3. Получение экономичных наплавочных материалов термодиффузионным легированием. Многие детали в различных областях промышленности, особенно в машиностроении, подвергаются интенсивному истиранию и быстро выходят из строя. Для уменьшения износа детали подвергают наплавке или упрочняют другими методами.

Одним из перспективных направлений в разработке наплавочных материалов является использование процесса термодиффузионного легирования. Слой, получаемый на поверхности материала, может влиять или даже регламентировать структуру и свойства наплавленного слоя. Научными сотрудниками лаборатории ведутся активные работы по использованию поверхностно-легированного материала в качестве наплавочного сплава. В этой работе можно выделить следующие направления:

– поверхностное легирование флюсующе-упрочняющими элементами порошков чугунов, в том числе чугунной стружки (стружки чугунов: ИЧХ28Н2, СЧ20);

– поверхностное легирование флюсующе-упрочняющими элементами стальных порошков (самофлюсующиеся порошки: ПР-сталь 45, ПР-10Р6М5, ПР-Х18Н9);

– поверхностное легирование флюсующе-упрочняющими элементами стальных проволок (проволоки: У7, сталь 08).

Диффузионно-легированные порошковые материалы для наплавки. Отличительная особенность – использование в качестве исходного компонента отходов производства в виде стружки или дроби. При этом достигается резкое снижение затрат на наплавочный материал. Применяется такой материал, как правило, для индукционной наплавки. Порошковую шихту наносят на обрабатываемую поверхность слоем заданной толщины, затем индуктором разогревают поверхность детали и порошок. Формируется износостойкая наплавка толщиной порядка 1,0–2,0 мм. Пористость полученных слоев составляет порядка 3–5 %. При использовании чугунной дроби структура наплавленного слоя имеет участки доэвтектического, эвтектического и заэвтектического строения, твердость наплавленных слоев 50...60 HRC.

Присадочные прутки и проволока для наплавки. Отличительная особенность – введение легирующих элементов в количестве, необходимом для достижения требуемых физико-механических свойств и износостойкости деталей. В целях создания наплавочного материала для деталей, работающих в условиях абразивного изнашивания, перспективными

являются борсодержащие поверхностно-легированные проволоки, разработанные нашими сотрудниками.

4. Совместно с коллективом НИИ прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко БГУ под руководством члена-корреспондента НАН Беларуси Ф.Ф. Комарова разработан комплексный способ поверхностного упрочнения стальных изделий с использованием химико-термической обработки и вакуумных ионно-плазменных технологий (нанесение высокотвердого покрытия). Способ позволяет в 4,5–5,1 раза повысить микротвердость, в 4,1–7,0 – износостойкость и более чем в 2,5 раза – коррозионную стойкость изделий из конструкционных сталей путем формирования на их поверхности нового композиционного материала.

В качестве предварительной обработки используется низкотемпературная нитроцементация в порошковых смесях, которая обеспечивает повышение усталостной прочности на 50–80 %, резкое повышение сопротивления изнашиванию по сравнению с цементацией и азотированием. Получаемые на поверхности нитридные и карбидные фазы даже при отсутствии смазочного материала не проявляют склонности к схватыванию и последующему катастрофическому изнашиванию. Для последующего нанесения твердого покрытия она обеспечивает появление протяженного переходного слоя с постепенно нарастающей твердостью между материалом изделия и покрытием. В качестве покрытия используется нитрид титана, который широко распространен, дешев и обладает высоким уровнем триботехнических характеристик. Покрытие может легироваться алюминием.

Существенным преимуществом предлагаемой комбинированной обработки является возможность ухода от стандартной объемной упрочняющей обработки и финишных доводочных операций. Области эффективного использования: инструментальное производство, штамповочное производство и технология пластмасс, подшипниковое производство, механообработка и прецизионная механика, ткацкая и текстильная промышленность, детали общего машиностроения.

Поступила 03.03.2015

О.О. Кузнечик¹, П.Н. Василевский², научные сотрудники

¹Государственное научное учреждение «Институт порошковой металлургии», г. Минск

²Государственное научное учреждение «Физико-технический институт НАН Беларуси», г. Минск

ОБРАБОТКА ИМПУЛЬСНЫМИ ПОТОКАМИ ВОЗДУШНОЙ ПЛАЗМЫ ПОВЕРХНОСТИ КОНСТРУКЦИОННОЙ СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

Аннотация. Рассмотрена функциональная схема и приведены характеристики импульсно-плазменной установки, генерирующей импульсные потоки воздушно-импульсной плазмы. На основе анализа металлографических исследований структурных изменений в поверхностном слое стали 45 показана возможность использования воздушной импульсно-плазменной обработки конструкционных среднеуглеродистых сталей, используемых в дальнейшем для изготовления быстроизнашиваемых деталей кормоуборочных машин, для повышения прочностных и износостойких их поверхностных слоев с сохранением в приповерхностных слоях пластичности на уровне конструкционных низкоуглеродистых сталей.

Благодаря возникающей при термической обработке модификации, приводящей к формированию закалочных структур в материале конструкционных среднеуглеродистых сталей, эти стали получили широкое применение в машиностроении, приборостроении и других отраслях промышленности для изготовления деталей машин, деталей трубопроводной арматуры и несущих элементов конструкций [1–3]. Появление в конструкционных среднеуглеродистых сталях закалочных структур приводит к повышению их твердости, прочности и износостойкости с одновременным уменьшением пластичности. Учитывая, что для деталей машин, формирующих узлы трения или сопряжения, которые в процессе эксплуатации испытывают пульсирующие переменные нагрузки, требуются материалы, поверхностный слой которых обладает повышенными прочностными и износостойкими свойствами, а приповерхностный – имеет пластичность на уровне конструкционных низкоуглеродистых сталей, поэтому развитие перспективных технологий термической обработки, вызывающей поверхностную модификацию конструкционных среднеуглеродистых сталей, является перспективным направлением для металлургии и сварочного производства [4]. Эта задача может решаться путем развития технологий импульсно-плазменной обработки, в которых в качестве плазмообразующего вещества используется воздух [5, 6].

Для этого необходимо изучить характер возникающей в этих условиях модификации поверхностного слоя конструкционной среднеуглеродистой стали, что и является целью этой работы.

1. Установка воздушной импульсно-плазменной обработки. Использование воздуха в качестве плазмообразующего газа позволяет в конструкции импульсно-плазменной установки (ИПУ) применять такие функциональные элементы (рис. 1), как источник постоянно действующей воздушной плазмы, ускорительную камеру и высоковольтный блок питания и управления (ВБПУ). При этом ВБПУ может содержать такие конструктивные элементы, как электронный модуль управления, обеспечивающий задание количества импульсов, амплитуды их напряжения и частоты следования, а также емкостной накопитель энергии высоковольтных разрядов и ионитронный разрядник [8]. Для ускорения воздушно-плазменных потоков ускорительная камера ИПУ может включать в себя ионизатор, совмещенный с выходом источника постоянно действующей плазмы и соединенный с выходом ВБПУ коаксиальный ускоритель, конструкция которого обеспечивает создание импульсного электромагнитного поля с азимутальной магнитной составляющей [6, 7]. Приведенная на рисунке 1 функциональная схема ИПУ позволяет этой установке задать следующий алгоритм ее работы.

С помощью плазмотрона 1.1 (рис. 1) в рабочую зону ионизатора 3.1 постоянно подается воздушная плазма. При подаче с выхода ВБПУ высоковольтного импульсного напряжения на ускоритель 3.2 в нем возникают

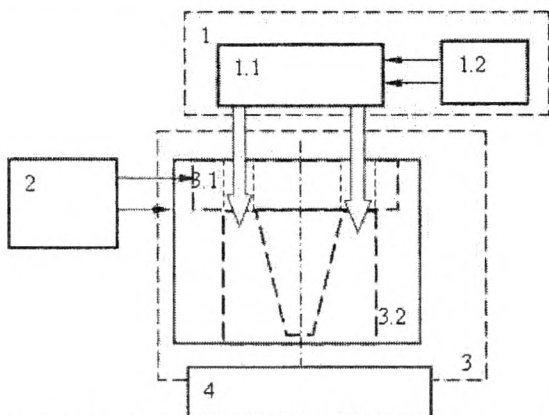


Рисунок 1 – Функциональная схема опытного образца ИПУ:

- 1 – источник постоянно действующей воздушной плазмы: 1.1 – плазмотрон;
- 1.2 – устройство подачи плазмообразующего газа и электрического тока;
- 2 – ВБПУ; 3 – ускорительная камера: 3.1 – ионизатор; 3.2 – ускоритель;
- 4 – обрабатываемая поверхность

высоковольтные разряды, протекающие в воздушной плазме. Благодаря специальной конструкции ускорителя 3.2 плазма разогревается и ускоряется, обеспечивая воздействие на обрабатываемую поверхность 4 импульсных плазменных потоков. С учетом приведенной на рисунке 1 функциональной схемы был разработан и изготовлен опытный образец установки ИПУ (рис. 2) с рабочими характеристиками, приведенными в таблице [4, 5].

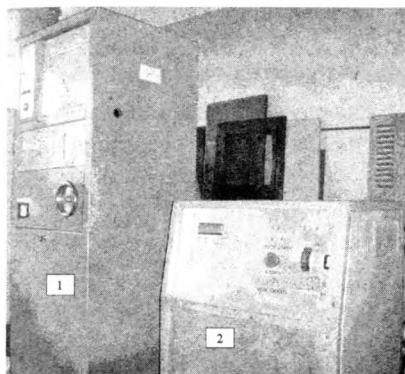


Рисунок 2 – Внешний вид опытного образца ИПУ:

- 1 – звукоизоляционный модуль с ускорительной камерой и источником постоянно действующей плазмы;
- 2 – высоковольтный блок питания и управления

Таблица – Рабочие характеристики опытного образца ИПУ

Характеристики	Значения
Давление плазмообразующего газа на выходе источника постоянно действующей воздушной плазмы, бар	2
Амплитуда напряжения импульсного тока на выходе ВБПУ, кВ	1–3
Емкость накопителя энергии высоковольтных зарядов, мкФ	240–960
Регулируемый диапазон частоты импульсного тока высоковольтных зарядов, Гц	0,1–10
Длительность высоковольтных разрядов, мс	0,5–1,5
Выходной диаметр ускорительной камеры, см	3
Температура воздушно-плазменных потоков на выходе ускорительной камеры, 10^3K	До 10–12
Давление воздушно-плазменных потоков на выходе ускорительной камеры, бар	До 60
Скорость воздушно-плазменных потоков на выходе ускорительной камеры, км/с	До 1–4
Уровень шума, дБА	Не более 110
Потребляемая мощность ИПУ от сети переменного тока частотой 50 Гц, кВт	До 25

2. Оборудование, методика исследования и анализ результатов обработки импульсными потоками воздушной плазмы поверхности конструкционной среднеуглеродистой стали. При проведении исследований использовались стальные образцы с полированной поверхностью. В качестве модельного материала, из которого изготавливались образцы, была выбрана сталь 45 (ГОСТ 1050-88). Обработка импульсными потоками воздушной плазмы (рис. 3) осуществлялась в течение четырех секунд с частотой 2 Гц. После обработки импульсными потоками воздушной плазмы поверхность исследуемых образцов приобрела темно-синий оттенок. Обработка импульсными потоками воздушной плазмы осуществлялась с помощью опытного образца ИПУ (см. рис. 2).

Структура поверхностного слоя исследуемой стали изучалась на световом микроскопе типа МИМ-7 и на электронном сканирующем микроскопе типа «CAMSCAN». Результаты металлографических исследований, полученные с использованием методики микроскопического исследования металлов и сплавов, представлены на рисунках 4 и 5 [9].

Измерение с помощью микротвердомера типа МПТ-3 микротвердости поверхностного слоя на глубину до 1000 мкм показало, что у исходных образцов этот показатель по мере удаления от поверхности в среднем монотонно уменьшался от 2,0 до 1,7 ГПа. После обработки импульсными потоками воздушной плазмы характер распределения микротвердости практически не изменился и отличался от исходных лишь тем, что микротвердость вблизи поверхности увеличилась в 2,5–3,0 раза (5,5–6,0 ГПа), в то время как на глубине 1000 мкм он остался практически неизменным (1,8 ГПа).

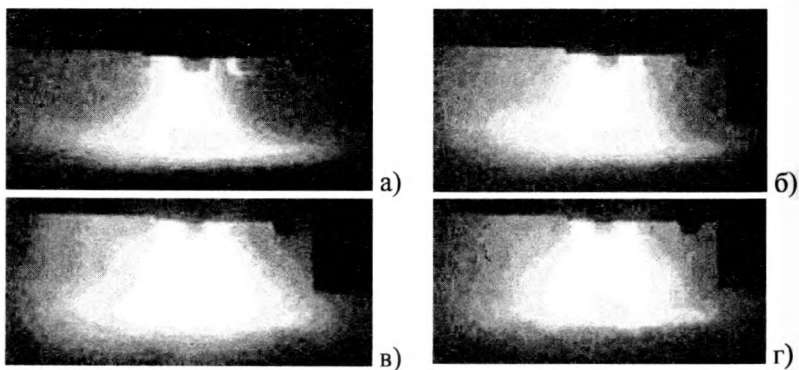
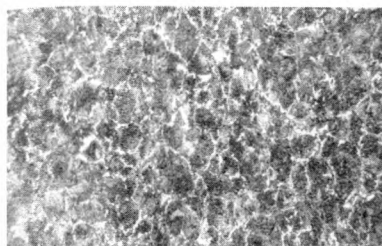
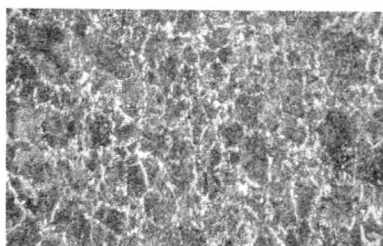


Рисунок 3 – Вид импульсного потока воздушной плазмы в конце первой (а), второй (б), третьей (в) и четвертой (г) секунды



X100

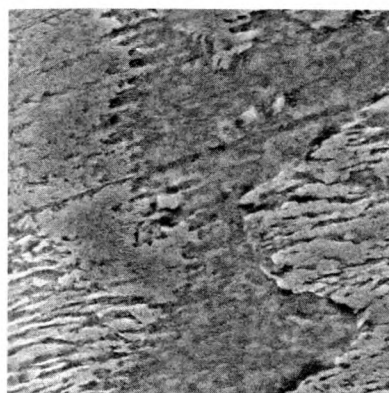
а)



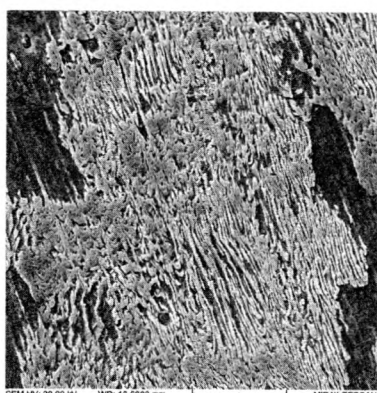
X100

б)

Рисунок 4 – Структура стали 45 в световом микроскопе:
а – исходная структура; б – структура после импульсной обработки потоками воздушной плазмы



а)



б)

Рисунок 5 – Структура стали 45 в электронном сканирующем микроскопе:
а – исходная структура; б – структура после импульсной обработки потоками воздушной плазмы

Заключение. На основе анализа полученных результатов металлографических исследований можно сделать следующие выводы:

1. На определенных режимах импульсной обработки потоками воздушной плазмы конструкционных среднелегированных сталей в тонких поверхностных слоях из-за быстропротекающих высокотемпературных процессов могут возникать мартенситные превращения, увеличивающие микротвердость поверхности в 2,5–3,0 раза, что способствует повышению ее прочностных и износостойких свойств.

2. На этих режимах обработки структура приповерхностных слоев конструкционных среднелегированных сталей остается практически

неизменной, что обеспечивает им пластичность на уровне конструктивных низкоуглеродистых сталей.

Список использованных источников

1. Ассонов, А.Д. Технология термической обработки деталей машин / А.Д. Ассонов. – М: Машиностроение, 1969. – 263 с.
2. Зуев, В.М. Термическая обработка металлов / В.М. Зуев. – М.: Высшая школа, 1976. – 344 с.
3. Шепеляковский, К.З. Упрочнение деталей машин поверхностной закалкой при индукционном нагреве / К.З. Шепеляковский. – М.: Машиностроение, 1972. – 288 с.
4. Установка для формирования импульсной плазмы / Д.В. Минько [и др.] // Сварка и родственные технологии: материалы докл. Междунар. симп., Минск, 26 марта 2008 г. / редкол.: А.Ф. Ильющенко [и др.]. – Минск, 2008. – С. 71–73.
5. Импульсно-плазменная обработка поверхности инструмента / Д.В. Минько [и др.] // Современные методы и технологии создания и обработки материалов: III Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 15–17 октября 2008 г.: сб. материалов: в 4-х кн. / Высокоэнергетические технологии получения и упрочнения материалов деталей машин; редкол.: С.А. Астапчик (гл. ред.) [и др.]. – Минск: ФТИ НАН Беларуси, 2008. – Кн. 2. – С. 155–161.
6. Патент РБ №3691. Импульсно-периодический плазмотрон. – 2007 г.
7. Патент РБ № 10941. Ускоритель плазмы. – 2008 г.
8. Патент РБ № 7651. Высоковольтный импульсно-периодический источник питания. – 2005 г.
9. Жарков, В.Я. Материаловедение. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Микроанализ металлов и сплавов: методические указания / В.Я. Жарков, В.П. Мельников. – 3-е изд перераб. и доп. – Брянск: БГТУ, 2007. – 15 с.
10. Гуляев, А.П. Металловедение: учебник для вузов / А.П. Гуляев. – 6-е изд. перераб. и доп. / А.П. Гуляев. – М: Металлургия, 1986. – 544 с.
11. Лахтин, Ю.М. Материаловедение: учебник для вузов / Ю.М. Лахтин. – 2-ое изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1980. – 493 с.

Поступила 09.04.2015

Л.М. Акулович, доктор технических наук, профессор

Л.Е. Сергеев, кандидат технических наук, доцент

Е.В. Сенчуров, начальник отдела внедрения НТР

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск

МАГНИТНО-АБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА ПУАНСОНОВ С КРИВОЛИНЕЙНЫМ КОНТУРОМ РАБОЧЕЙ ЧАСТИ

Аннотация. В работе рассмотрена возможность магнитно-абразивной обработки сложнопрофильных поверхностей при использовании полюсных наконечников цилиндрической формы. Предложен способ решения задачи по определению силовой характеристики в рабочем зазоре магнитно-абразивной обработки сложнопрофильных поверхностей. Рассмотрен процесс магнитно-абразивной обработки пуансона, имеющего криволинейный контур рабочей части.

Растущие требования к повышению производительности, точности и качеству обработки сложнопрофильных поверхностей приводят к созданию новых высокоэффективных способов механической, в том числе и финишной обработки. В условиях высокой конкуренции необходима своевременная и быстрая подготовка производства к выпуску нового изделия. Применение систем с изменяющимися элементами режущего инструмента для сложнопрофильных деталей позволяет сократить сроки настройки оборудования на выпуск новой номенклатуры сложнопрофильных деталей. Также процесс обработки сложнопрофильных деталей характеризуется повышенным динамическим воздействием со стороны сил инерции, представляющих собой противодействие материальной точки изменению ее скорости из-за необходимости варьирования скоростями подач по координатным осям ввиду изменения припуска вдоль обрабатываемого контура детали [1].

Одним из путей решения данной проблемы является применение подвижно скоординированного инструмента, характерного для магнитно-абразивной обработки (МАО) [2–4]. Особенностью этого метода служит использование электромагнитного поля (ЭМП) для образования ферроабразивной «щетки», отличающейся способностью ориентированного резания различных материалов.

Однако проблемой для реализации процесса МАО сложнопрофильных поверхностей является необходимость создания равных величин давления рабочей технологической среды (РТС) на различных участках обрабатываемой поверхности, отличающихся формой и геометрическими

размерами. Силовой характеристикой для МАО в условиях ЭМП служит напряженность H , поэтому возникает необходимость установления ее величин в каждой точке топологического пространства зоны обработки, что обеспечивает управление обрабатываемостью различными видами сложнопрофильных поверхностей.

Предложен ряд методов определения напряженности ЭМП для различного рода деталей, например, сплошных цилиндрических, полых и т. д., в результате использования которых выявляется величина напряженности на поверхности детали, но всякий раз эта величина зависит от напряженности внешнего по отношению к зоне обработки поля [5, 6].

Возникает необходимость в установлении значений напряженности внешнего поля, знание величины которой обеспечивает ее определение в зоне обработки в каждой точке поля. Известно, что в пределах областей с распределением тока магнитное поле описывается через векторный потенциал при учете его равномерной плотности по поперечному сечению магнитопровода уравнением Пуассона [5]:

$$\frac{\partial^2 A}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 A}{\partial y^2} = -\mu\mu_0 J,$$

где A – векторный потенциал;

x, y – координаты;

μ – относительная магнитная индукция;

μ_0 – относительная магнитная проницаемость;

J – плотность тока.

Рассмотрим полюсный наконечник прямоугольного сечения с размерами $2a$ и $2b$ (рис. 1). Ток, проходящий через данный наконечник, равен I , его плотность $J = I / 4ab$, а ток, протекающий по волокну с сечением $dx'dy'$ (x' и y' – координаты произвольного волокна полюсного

наконечника), равен $i = \frac{I}{4ab} dx'dy'$. Принимая во внимание, что начало отсчета A выбирается произвольно, то его зависимость можно представить следующим образом:

$$A = \frac{\mu_0}{2\pi} i \ln r.$$

Составляющие напряженности поля H_x и H_y определяются следующим образом:

$$H_x = \frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{\partial A}{\partial y}, \quad H_y = -\frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{\partial A}{\partial x}.$$

Согласно рисунку 1, путем введения расстояния r_1, r_2, r_3 и r_4 от рассматриваемой точки поля до вершин углов прямоугольного полюсного наконечника $\Theta_1, \Theta_2, \Theta_3$ и Θ_4 , которые получены при пересечении линий, проведенных в вершины углов, составляющие напряженности поля равны

$$H_x = \frac{I}{8\pi ab} [(y+b)(\Theta_1 - \Theta_2) - (y-b)(\Theta_3 - \Theta_4) + (x+a) \ln \frac{r_2}{r_3} - (x-a) \ln \frac{r_1}{r_4}]$$

$$H_y = \frac{I}{8\pi ab} [(x+a)(\Theta_2 - \Theta_3) - (x-a)(\Theta_1 - \Theta_4) + (y+b) \ln \frac{r_2}{r_1} - (y-b) \ln \frac{r_3}{r_4}]$$

При рассмотрении процесса МАО пуансона, имеющего криволинейный контур рабочей части, можно определить величины напряженности магнитного поля в зависимости от диаметральных и линейных размеров. В случае резкого отличия величины H в верхней и нижней точках криволинейного контура по всей длине или диаметру пуансона следует производить профилирование полюсного наконечника. В данном случае при имеющихся размерах этого пуансона профилирование полюсного наконечника не требуется, так как разница величин напряженности, следовательно, и отклонение давления в вышеуказанных

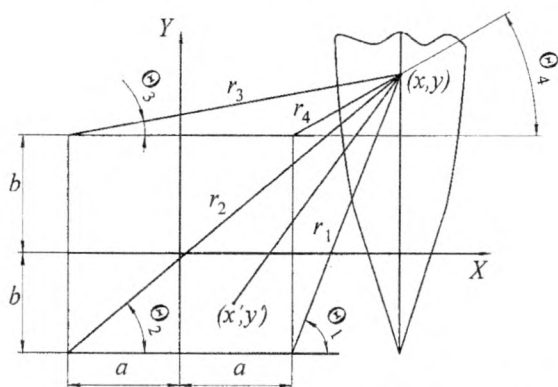


Рисунок 1 – Схема для определения напряженности внешнего магнитного поля

точках составляет не более 15 % и оно является вполне допустимым для использования данной схемы обработки.

Параметры и режимы МАО: величина магнитной индукции $B = 0,8-1,2$ Т; скорость резания, $V_{рез} = 0,5-2,5$ м/с; скорость перемещения, $V_{пер} = 2,0-4,5 \times 10^{-3}$ м/с; скорость осцилляции, $V_{осц} = 0,1-0,3$ м/с; амплитуда осцилляции $A = 1,5-2,5$ мм, величина рабочего зазора $\delta = 2,5$ мм; коэффициент заполнения рабочего зазора, $K_3 = 1$, время обработки, $t = 30-90$ с; ФАП – Fe-TiC ТУ 88-147.002-75; СОТС – СинМА – 1 ТУ 38.5901176-91, 5 %-й водный раствор; шероховатость поверхности пуансонов до обработки – $Ra = 1,2-1,6$ мкм; материал – X12 ГОСТ 5950-2000 (55-58 HRC). Массовый съём материала определяется взвешиванием пуансонов на весах аналитических ВЛА-1 с точностью до 0,001 г. Изменение шероховатости поверхности пуансонов до и после обработки производилось на профилографе-профилометре мод. 252 Калибр.

На рисунке 2 представлены исследования величины съема материала пуансонов от величины магнитной индукции, амплитуды и времени обработки, а на рисунке 3 величины шероховатости поверхности от величины магнитной индукции, амплитуды, времени обработки и скоростей обработки.

Анализ графиков, изображенных на рисунке 3, показывает, что применение следующего параметра и режима МАО: $B = 0,9$ Т; скорость резания,

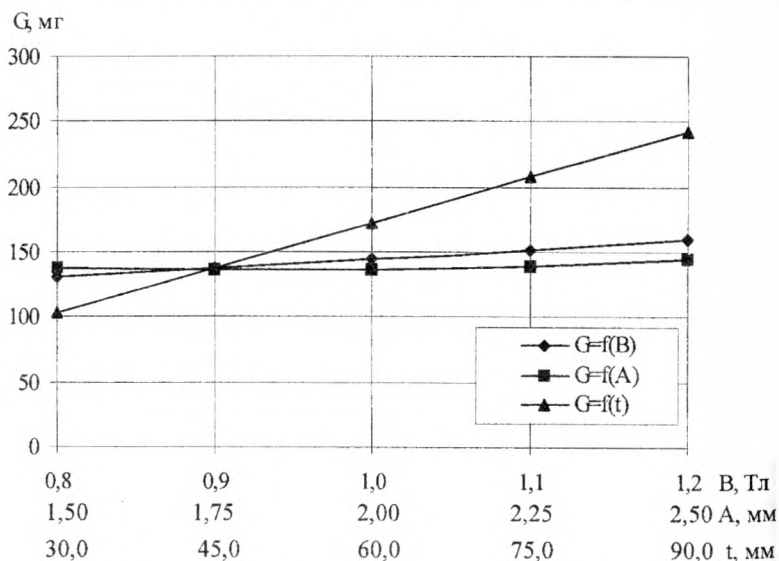


Рисунок 2 – Зависимость величины съема материала пуансонов (G) от магнитной индукции (B), амплитуды (A) и времени обработки (t)

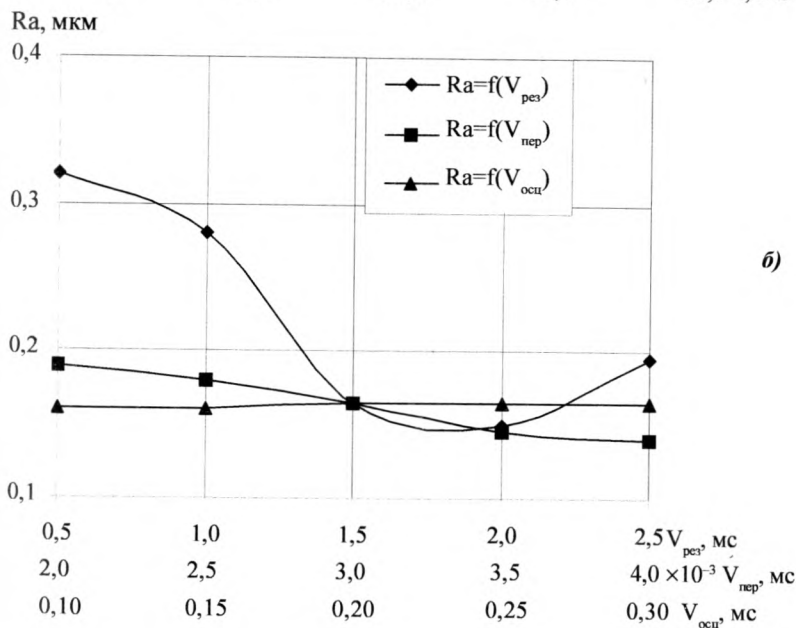
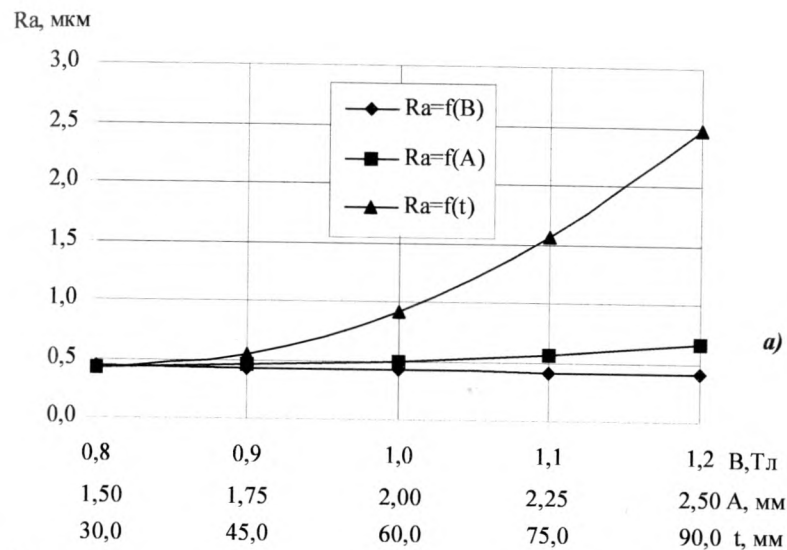


Рисунок 3 – Зависимость параметра шероховатости обработанной поверхности (Ra) от:
 а) магнитной индукции (B), амплитуды (A) и времени обработки (t);
 б) скорости резания ($V_{\text{рез}}$), переносной ($V_{\text{пер}}$) и осциллирующей ($V_{\text{осц}}$) скоростей

$V_{рез} = 2,0$ м/с; скорость перемещения, $V_{пер} = 3,0 \times 10^{-3}$ м/с; скорость осцилляции, $V_{осц} = 0,25$ м/с; амплитуда осцилляции $A = 1,75$ мм; время обработки, $t = 45$ с обеспечивает получение наилучших показателей шероховатости и съема материала пуансона.

Полученное в работе аналитическое решение задачи по нахождению силовой характеристики магнитно-абразивной обработки через напряженность магнитного поля позволяет прогнозировать возможность обработки сложнопрофильных поверхностей с использованием непрофилированных полюсных наконечников без потери выходных показателей процесса.

Список использованных источников

1. Радзевич, С.П. Формообразование поверхностей деталей. Основы теории / С.П. Радзевич. – Киев: Растан, 2001. – 592 с.

2. Акулович, Л.М. Технология и оборудование магнитно-абразивной обработки деталей различного профиля / Л.М. Акулович, Л.Е. Сергеев. – Минск: БГАТУ, 2013. – 346 с.

3. Кожуро, Л.М. Обработка деталей машин в магнитном поле / Л.М. Кожуро, Б.П. Чемисов. – Минск: Наука и техника, 1995. – 232 с.

4. Baron, Yu. New Tendencies in Finishing Technologies / Yu. Baron, A. Babichev, A. Baboshkin, Z. Kremen, E. Repnikova // Proceedings of 2nd Asia-Pacific Forum on Precision Surfaces and Deburring Technology, Seoul, Korea, 22-24 July 2002. – Vol. 2. – P. 54–64.

5. Куликовский, А.Г. Магнитная гидродинамика / А.Г. Куликовский, Г.А. Любимов. – М.: Логос, 2005. – 326 с.

6. Евдокимов, Ф.Е. Теоретические основы электротехники / Ф.Е. Евдокимов. – М.: АCADEMIA, 2004. – 560 с.

Поступила 25.03.2014

ВЛИЯНИЕ РАСХОДА ЖИДКОСТНОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ НА ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ДИЗЕЛЯ

Аннотация. В статье представлены результаты аналитического исследования расхода жидкостного теплоносителя в системах охлаждения дизелей тракторов «Беларус», а также экспериментальные данные параметров системы охлаждения, позволившие в совокупности провести оценку тепловой нагруженности по удельным показателям.

Целью настоящей работы является исследование и обоснование расхода охлаждающей жидкости, требуемой для обеспечения заданного температурного режима системы охлаждения с учетом действия на систему возможных возмущающих факторов. Передача теплоты от стенок цилиндров в жидкость и от нее в окружающую среду связана с конструкцией жидкостного контура, включающего рубашку охлаждения, внутренние каналы радиатора и другие элементы системы, по которым циркулирует жидкость. Особое значение имеют внутренние каналы циркуляции, площадью поперечного сечения которых определяется гидравлическое сопротивление и скорость циркуляции жидкости.

Особый интерес в познании процессов переноса и передачи теплоты охлаждающей жидкостью, а соответственно, теплового состояния двигателя представляют влияние типа и расхода жидкости, параметров системы и внешних возмущающих факторов. Эти и другие вопросы поставлены авторами в настоящем исследовании. В основе исследований положены теоретические разработки и экспериментальные исследования систем охлаждения типоразмерного ряда тракторов «Беларус».

Давление в жидкостном контуре выше атмосферного, тракторные системы охлаждения допускают давление не выше 0,15–0,16 МПа. Превышение давления в системе на значительную величину может вызвать течи жидкости по соединениям, разрушение в местах пайки радиатора или деформацию (раздутие) охлаждающих трубок. Для исключения разрушения системы охлаждения паровой клапан в пробке радиатора открывается, когда давление в системе превышает атмосферное на 0,045–0,050 МПа. Воздушный клапан в пробке радиатора предохраняет жидкостный контур при разряжении, что обычно бывает при остывании

охлаждающей жидкости. Воздушный клапан регулируется на давление разряжения 0,008–0,01 МПа.

Жидкостный контур охлаждения отличается множеством расширений и сужений (рис. 1). По контуру и отдельным участкам циркулирует постоянное количество жидкости, отбор жидкости и добавление отсутствуют. Разные сечения в контуре приводят к неравномерности скорости движения жидкости и разному давлению в сечениях, что создает местные гидравлические сопротивления.

В таблице 1 приведены расходные параметры жидкостных насосов дизелей тракторов «Беларус».

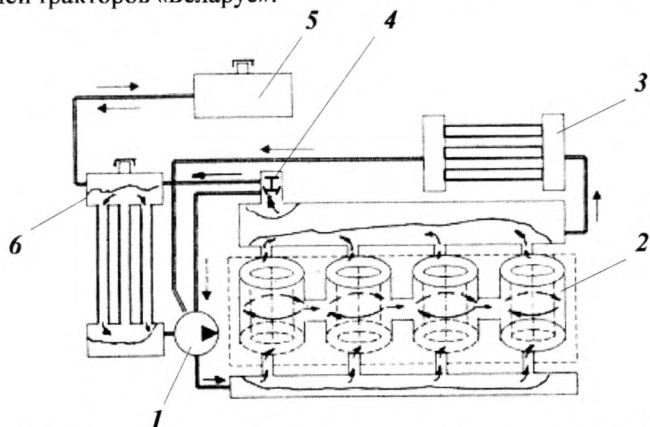


Рисунок 1 – Схема циркуляции жидкости в жидкостном контуре:
1 – жидкостный насос; 2 – рубашка охлаждения; 3 – радиатор отопителя;
4 – термостат; 5 – расширительный бачок; 6 – радиатор

Таблица 1 – Параметры жидкостных насосов систем охлаждения тракторов «Беларус»

Модель дизеля	Мощность номинальная, кВт	Теплоотдача в охлаждающую жидкость, кДж/с	Производительность жидкостного насоса, м ³ /с (л/мин)	Удельная производительность жидкостного насоса, л / мин / кВт
Д-242	45,6 ^{+3,68}	28,5	0,00188 (112,7)	2,37
Д-243	59,7 ^{+3,68}	37,2	0,00208 (124,5)	2,08
Д-244	41,9 ^{+3,68}	29,9	0,00172 (103)	2,37
Д-245	77 ⁺⁴	40,3	0,00253 (151,8)	1,92
Д-245.5	65,2	34,4	0,00212 (127)	1,92
Д-260.1	114 ^{+3,7}	76,3	0,00388 (232,8)	2,01
Д-260.2	96	60,6	0,00322 (196,7)	2,24
Д-260.4	156	104,2	0,00522 (313,2)	2,01
Д-260.7	186	126,0	0,00623 (401,7)	2,12

Удельная производительность (рис. 2) принятой выборки является функцией производительности насоса и номинальной мощности дизелей $g_{в.н.} = f(G_{в.н.}, N_e)$. График функции оценивает производительность жидкостного насоса по среднестатистическим параметрам в диапазоне принятой выборки. Используя характеристики исследуемой величины, проведем анализ удельной производительности жидкостных насосов принятой выборки. Из результатов расчетов следует, что среднее значение удельной производительности насоса принятой выборки составляет $2,116 \frac{\text{л/мин}}{\text{кВт}}$, стандартное отклонение – $0,175 \frac{\text{л/мин}}{\text{кВт}}$ и относительное отклонение – $0,058 \frac{\text{л/мин}}{\text{кВт}}$. Таким образом, среднестатистическое значение удельной производительности жидкостных насосов в выборке $g_{в.н.} = 2,116 \pm 0,175 \frac{\text{л/мин}}{\text{кВт}}$.

Из анализа следует, что тракторы «Беларус-80.1» и «Беларус-1025» имеют удельную производительность жидкостных насосов меньше среднестатистического на 1,7 и 9,2 %. Показатель удельной производительности, рассчитанный по среднестатистическим данным, рекомендуется применять при расчете и выборе жидкостного насоса проектируемой системы охлаждения или сравнивать при оценке насоса принятое значение со среднестатистическим.

Расход жидкости в системе охлаждения двигателя непостоянный, так как производительность жидкостного насоса зависит от частоты вращения

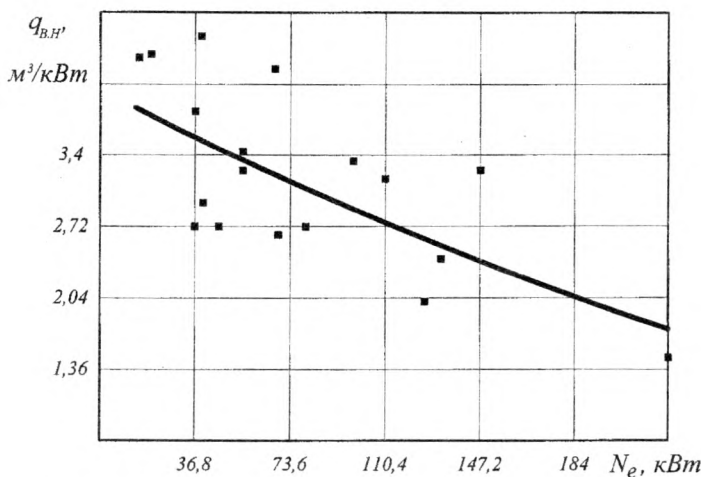


Рисунок 2 – Удельная производительность жидкостных насосов тракторов по номинальной мощности дизеля

коленчатого вала. Основным эксплуатационным режимом двигателя трактора и автомобиля является режим номинальной мощности, на котором он должен работать длительное время. Значения расхода жидкости систем охлаждения на номинальном режиме работы дизелей тракторов «Беларус» приведены в таблице 2. Исходя из отмеченного, расчет и выбор параметров системы охлаждения трактора и автомобиля проводится при номинальной частоте вращения. В этом случае расход жидкости соответствует наибольшему значению. Другим режимом, который должен учитываться при расчете системы охлаждения, является режим максимального крутящего момента. Данный режим характеризуется снижением частоты вращения коленчатого вала, соответственно, и расхода жидкости. Расход жидкости определяется геометрическими параметрами крыльчатки жидкостного насоса и прямо пропорционально зависит от частоты вращения коленчатого вала, а также зависит от температуры жидкости. Расход охлаждающей жидкости системы охлаждения трактора «Беларус-80.1» с дизелем Д-243 на номинальном режиме при частоте вращения 2200 мин⁻¹ составляет 124,5 л/мин, а на режиме максимального крутящего момента – 104,6 л/мин при частоте 1800 мин⁻¹. Таким образом, на режиме максимального крутящего момента расход жидкости снижается на 15–18 %, что приводит к повышению температурного режима системы и теплового состояния двигателя.

Количество заправляемой жидкости или емкость системы охлаждения определяется емкостью рубашки охлаждения в блоке, объемом внутренней полости радиатора, а также количеством жидкости, заполняющей шланги, трубопроводы. Емкость системы охлаждения рекомендуется

Таблица 2 – Расход охлаждающей жидкости в системе охлаждения тракторов «Беларус»

Модель дизеля	Теплоотдача в охлаждающую жидкость, кДж/с	Расход охлаждающей жидкости, кг/с (л/мин)	Удельная теплоотдача в охлаждающую жидкость, $\frac{\text{кДж}}{\text{л/мин}}$	Среднестатистическое значение расхода жидкости, кг/с
Д-244	28,5	1,65 (103,0)	0,34	1,95±0,33
Д-242	37,2	1,81 (112,7)	0,34	
Д-243	29,9	2,0 (124,5)	0,34	
Д-245	40,3	2,43 (151,8)	0,34	
Д-245.5	34,4	2,04 (124,5)	0,35	
Д-260.1	76,3	3,73 (232,8)	0,34	4,59±1,46
Д-260.2	60,6	3,15 (196,7)	0,34	
Д-260.4	104,2	5,02 (313,2)	0,34	
Д-260.7	126,0	6,44 (443,7)	0,29	

рассчитывать по удельному среднестатистическому значению показателя

объема $\bar{g}_{V,CO} = \frac{\sum_{i=1}^n V_{CO,i}}{n}$. Для систем охлаждения это отношение – удельный объем у легковых автомобилей находится в пределах 0,16–0,35, грузовых автомобилей – 0,27–0,82 и тракторов – 0,82–2,04 л/кВт [1].

Расход охлаждающей жидкости через жидкостный радиатор не остается постоянным и зависит от объема теплоносителя в системе охлаждения (рис. 3). Расход жидкости через радиатор моторной установки трактора «Беларус-80.1» с уменьшением ее объема имеет строгую закономерность к снижению при объеме, равном 90 % от общего. Расход антифриза через радиатор при этом же объеме достаточно резко снижается, затем при объеме 80 % расход сохраняется и в последующем вновь уменьшается. Такая закономерность зависимости расхода теплоносителя от заправляемого объема отмечена и для других систем охлаждения тракторов.

Рабочий объем жидкости в системе охлаждения в эксплуатации не остается постоянным. Так, при заправке системы жидкостью некоторое ее количество может удаляться из системы через паровоздушную трубку. Уменьшение рабочего объема жидкости оказывает влияние на температурные параметры системы охлаждения и двигателя.

Следовательно, одним из параметров системы охлаждения, определяющим ее температурный режим, является ее объем или количество заправляемой жидкости. Влияние заправляемого количества жидкости на температурный режим двигателя определялось экспериментально при исследованиях системы охлаждения трактора «Беларус-80.1»

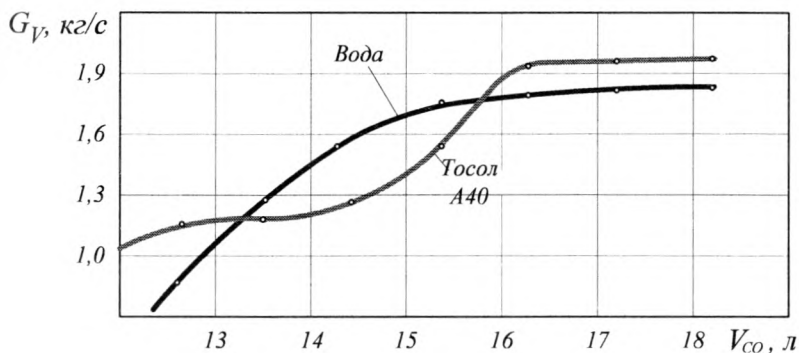


Рисунок 3 – Расход охлаждающей жидкости через радиатор в зависимости от ее объема в системе охлаждения

и заправке системы охлаждения низкотемпературной жидкостью и водой (рис. 4). Полный объем заправляемой жидкости системы составлял 16,75 л до уровня заливной горловины без расширительного бачка, при комплектации системы расширительным бачком – 19,25 л.

При полной заправке системы антифризом М-40 температурный режим жидкости на выходе из двигателя составил 99 °С и на входе – 94 °С на режиме номинальной мощности и окружающей температуре 35 °С. В последующем при уменьшении количества жидкости на 16 % от полного объема температура на выходе из двигателя осталась без изменения, а температура на входе в двигатель после радиатора несколько уменьшилась и составляла 93 °С, сохранилась тенденция ее уменьшения. Перепад между температурами увеличился на 1 °С вследствие уменьшения температуры на выходе из радиатора. При последующем уменьшении количества жидкости на 28–34 % от полного объема отмечено снижение температуры на выходе из двигателя до 2 °С, температура на выходе из радиатора уменьшилась до 87,5 °С. Последующее уменьшение количества жидкости в системе вызывает резкое увеличение температуры на выходе из двигателя до 102,5 °С и на выходе из радиатора температура жидкости составила 93 °С. Подобное изменение температуры жидкости как на выходе из двигателя, так и на входе отмечено и

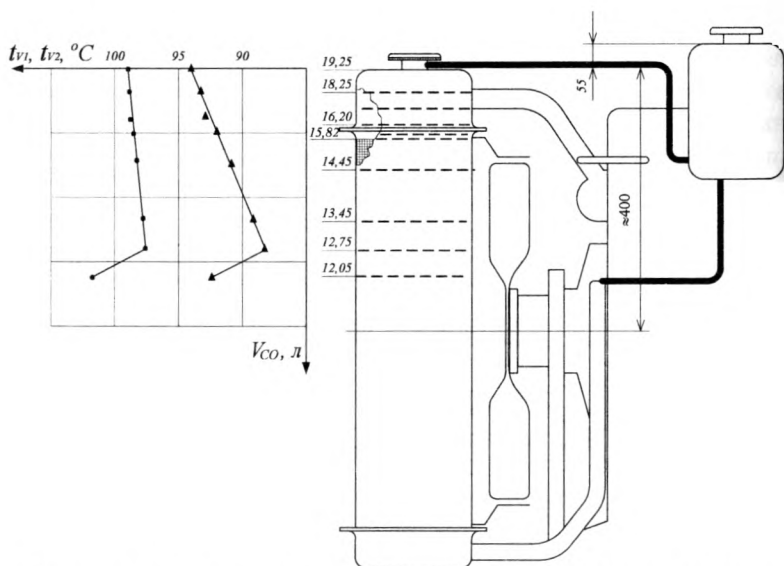


Рисунок 4 – Зависимость температуры жидкости от ее объема в системе охлаждения трактора «Беларус-80.1»

при заправке системы водой. Некоторое уменьшение температуры жидкости при снижении ее количества в системе происходит вследствие образования свободного пространства в верхнем бачке радиатора, что усиливает процессы турбулизации жидкости при ее циркуляции через трубки радиатора. При заправке системы антифризом и уменьшении его количества отмечено активное его перемешивание и образование эмульсии в верхнем бачке радиатора. Таким образом, следует считать, что допустимо уменьшение количества жидкости в системе на 25 % от полной заправки, что не вызовет резкого повышения ее температурного режима [1, 4].

Заключение. Многофакторность параметров, взаимосвязь тепловых и гидродинамических процессов, происходящих в системе охлаждения, влияние на ее работу условий эксплуатации трактора или автомобиля требуют при выборе расхода жидкости, кроме аналитических расчетов, принимать во внимание результаты теоретических и экспериментальных исследований.

Конструкторские и компоновочные параметры жидкостного контура и его составляющих компонентов представляют интерес при определении объема и расхода охлаждающей жидкости в системе охлаждения. Рассмотренные удельные показатели, рассчитанные статистическими методами в диапазоне выборки требуемой номинальной мощности двигателя, применимы для оценки при анализе и проектном расчете системы охлаждения.

Список использованных источников

1. Якубович, А.И. Системы охлаждения двигателей тракторов и автомобилей. Конструкция, теория, проектирование / А.И. Якубович, Г.М. Кухаренок, В.Е. Тарасенко. – Минск: БНТУ, 2011. – 435 с.

2. Двигатели внутреннего сгорания: теория рабочих процессов: учеб. для вузов: в 3 кн. / В.Н. Луканин [и др.]; под ред. В.Н. Луканина и М.Г. Шатрова. – 3-е изд., перераб. и испр. – М.: Высшая школа, 2007. – Кн. 1. – 479 с.

3. Якубович, А.И. Экономия топлива на тракторах / А.И. Якубович, Г.М. Кухаренок, В.Е. Тарасенко. – Минск: БНТУ, 2009. – 229 с.

4. Якубович, А.И. Системы охлаждения тракторных и автомобильных двигателей. Конструкция, теория, проектирование / А.И. Якубович, Г.М. Кухаренок, В.Е. Тарасенко. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2013. – 473 с.

Поступила 22.03.2015

В.А. Войтов, доктор технических наук, профессор

М.Б. Захарченко, аспирант

*Харьковский национальный технический университет
сельского хозяйства им. П. Василенко, г. Харьков, Украина*

КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ СОВМЕСТИМОСТИ МАТЕРИАЛОВ В ТРИБОСИСТЕМЕ

Аннотация. Обоснован и предложен критерий оценки совместимости материалов в трибосистеме между собой и смазочной средой – добротность трибосистемы. Исследована функция добротности и ее влияние на скорость изнашивания и коэффициент трения. Установлено, что величина добротности обратно пропорциональна скорости изнашивания и коэффициенту трения, а функция добротности имеет экспоненциальный характер.

Оптимальный механизм приспособляемости материалов при трении – это приобретение ими такой структуры в поверхностных слоях, которая будет препятствовать распространению пластической деформации вглубь материала и локализовать ее только в поверхностных слоях.

Трибологические свойства смазочной среды не могут рассматриваться в отрыве от материалов трибосистемы, а следовательно их выбор в трибосистему должен осуществляться комплексно.

В работах Н.А. Буше и Н.М. Алексева, посвященных вопросам совместимости материалов, поставлен ряд задач, которые необходимо решать, чтобы изучить проблему совместимости материалов [1–3].

Некоторые авторы выдвигают идею, что количественной характеристикой релаксационных свойств поверхностных слоев материалов может служить внутреннее трение [7, 8].

В работах, выполненных под руководством В.В. Шевели, показано, что релаксационные процессы проявляют более высокую структурную чувствительность к изменению напряженно-деформированного состояния материала при динамическом нагружении по сравнению с физико-механическими свойствами [9–11].

На основании выполненного анализа работ можно сделать вывод, что релаксационные свойства структуры материалов, из которых изготовлена трибосистема, влияют на совместимость материалов и являются функцией износостойкости и прирабатываемости, что доказано В.В. Шевелей [9]. В его работе приводится параметр – коэффициент затухания ультразвуковых колебаний в структуре материала, который характеризует величину внутреннего трения, и методика его измерения.

Взаимодействие материалов трибозащитных элементов со смазочной средой оценивается различными параметрами. Некоторыми авторами предлагается энергетический параметр – удельная работа изнашивания тестового материала в испытываемой смазочной среде, который связан с работой трения на удаление объема материала с поверхности трения и может выступать интегральным энергетическим параметром смазывающих свойств [4, 5].

Таким образом, можно сделать вывод, что разработка критерия, который учитывает совместимость материалов в трибосистеме, является актуальной задачей.

В основе методического подхода при исследовании функции добротности трибосистемы используется зависимость между объемной скоростью изнашивания I и скоростью работы диссипации трибосистемы $W_{тр}$ [6]:

$$I = Q^{-1} W_{тр}, \quad (1)$$

где Q^{-1} – коэффициент пропорциональности.

Запишем выражение (1) в виде размерностей:

$$\frac{\text{м}^3}{\text{с}} = \frac{\text{м}^3}{\text{Дж}} \times \frac{\text{Дж}}{\text{с}}.$$

Из размерностей следует, что коэффициент пропорциональности Q^{-1} между объемной скоростью изнашивания I и скоростью работы диссипации в трибосистеме $W_{тр}$ имеет размерность $\text{м}^3/\text{Дж}$ и является обратной величиной размерности трибологических свойств смазочной среды и одновременно внутреннего трения структуры материалов, из которых изготовлены трибозащитные элементы.

По аналогии с добротностью электрического контура в работе получим выражение для определения добротности трибосистемы:

$$Q^{-1} = \frac{I}{E_y} \sqrt{\frac{\pi}{(\delta_n \times \delta_n)}}, \text{ м}^3/\text{Дж}, \quad (2)$$

где E_y – трибологические свойства смазочной среды, $\text{Дж}/\text{м}^3$;

δ_n и δ_n – коэффициент затухания ультразвуковых колебаний в структуре материала подвижного и неподвижного трибозащитных элементов, безразмерные величины. Данные коэффициенты прямо пропорциональны внутреннему трению структуры сопряженных материалов [12].

Трибологические свойства смазочной среды можно учитывать с помощью параметра E_y , $\text{Дж}/\text{м}^3$ – удельная работа изнашивания единицы объема тестового материала (шарики из стали ШХ-15) в испытываемой смазочной среде на четырехшариковой машине [4, 5].

В таблицах 1–3 представлены трибологические свойства гидравлических, моторных, трансмиссионных масел, а также трибологические характеристики согласно ГОСТ 9490: показатель износа D_u ; критическая нагрузка P_k ; нагрузка сваривания P_c и индекс задира I_z . Анализ указанных характеристик для моторных масел показывает, что в зависимости от классификации по API показатель износа D_u отличается на 31 %, критическая нагрузка на P_k – на 37,5, нагрузка сваривания – на 50, индекс задира – на 52 % (табл. 2). При этом интегральный показатель трибологических свойств масел отличается на 65 %, что подтверждает большую чувствительность E_y по сравнению с показателями согласно ГОСТ 9490.

Как следует из выражения (2) коэффициент пропорциональности Q^{-1} между скоростью изнашивания и скоростью работы диссипации в трибосистеме обратно пропорционален трибологическим свойствам смазочной среды и произведению внутреннего трения структуры материалов подвижного и неподвижного трибоэлементов. Чем выше значение E_y , δ_n и δ_n , тем меньше значение Q^{-1} , а следовательно, и меньше скорость изнашивания (формула (1)).

На основании формулы (2) можно получить выражение для оценки добротности трибосистемы:

$$Q = E_y \sqrt{\frac{\delta_n \times \delta_n}{\pi}}, \text{ Дж/м}^3. \quad (3)$$

Из формулы (3) следует, что добротность трибосистемы – это размерная величина, которая оценивает способность сопрягаемых материалов в трибосистеме (смазочная среда и реологические свойства структуры материалов подвижного и неподвижного трибоэлементов) превращать работу сил трения в тепловую энергию, тем самым препятствовать запасам энергии в поверхностных и подповерхностных слоях трибоэлементов, которые можно оценить деформируемым объемом.

Чем большая часть работы трения будет преобразована в тепло и меньший объем материала будет участвовать в деформации, тем больше добротность трибосистемы.

Таблица 1 – Трибологические свойства гидравлических масел

Тип масел	D_u , мм	P_k , Н	P_c , Н	I_z , Н	$E_1 \times 10^{14}$, Дж/м ³	$E_2 \times 10^{14}$, Дж/м ³	$E_3 \times 10^{14}$, Дж/м ³	$E_y \times 10^{14}$, Дж/м ³
МГП-10	0,55	710	1960	24	1,5	0,38	0,006	1,886
МГ-15-В	0,5	980	1960	28	1,99	0,44	0,007	2,437
ИГП-30	0,5	980	2450	32	1,99	0,44	0,009	2,439
МГЕ-46В	0,45	980	2450	36	2,73	0,48	0,009	3,219
МГЕ-68В	0,45	980	2450	41	2,73	0,52	0,01	3,26

Таблица 2 – Трибологические свойства моторных масел

Тип масла	Классификация по API	D_n , мм	P_k , Н	P_c , Н	I_n , Н	$E_1 \times 10^{14}$, Дж/м ³	$E_2 \times 10^{14}$, Дж/м ³	$E_3 \times 10^{14}$, Дж/м ³	$E_4 \times 10^{14}$, Дж/м ³
M-10Г _{2к}	CC	0,45	1235	2450	28	2,73	0,47	0,009	3,209
Schell-Ro-tella X	CC	0,45	1235	3087	32	2,73	0,82	0,094	3,644
ESSO ULTRA	SL/CD	0,4	1568	3920	59	3,89	0,99	0,012	4,892
M-10DM	CD	0,35	1568	3087	49	5,82	0,9	0,11	6,830
Schell-Rimula D	CF/CD	0,35	1568	3087	48	5,82	0,908	0,104	6,832
ESSO ULTRON	SL/CF	0,35	1568	4900	63	5,82	0,950	0,095	6,865
Schell-Rimula C	CD	0,35	1568	3087	48	5,82	0,96	0,090	3,870
Schell-Rimula X	CF-4	0,32	1235	4900	63	7,62	0,85	0,014	8,484
ESSO ULTRA Turbo Diesel	CF-4	0,31	1568	4900	64	8,39	1,005	0,016	9,411

Таблица 3 – Трибологические свойства трансмиссионных масел

Тип масла	Классификация по API	D_n , мм	P_k , Н	P_c , Н	I_n , Н	$E_1 \times 10^{14}$, Дж/м ³	$E_2 \times 10^{14}$, Дж/м ³	$E_3 \times 10^{14}$, Дж/м ³	$E_4 \times 10^{14}$, Дж/м ³
ТСП-10	GL-4	0,45	1235	6174	76	2,73	0,79	0,12	3,64
ТАп-15В	GL-4	0,45	1235	6174	76	2,73	0,8	0,13	3,66
ТСП-15к	GL-4	0,40	1568	6174	82	3,89	0,795	0,13	4,815
ТСП-14тип	GL-4	0,40	1235	6174	82	3,89	0,802	0,14	4,832
ТАД-17и	GL-5	0,36	1568	7840	89	5,34	0,885	0,114	6,369
Shell-Spirax-AX	GL-5	0,35	1568	7840	92	5,82	0,906	0,200	6,926
Shell-Spirax-GSX	GL-4	0,35	1568	6174	86	5,82	0,945	0,200	6,965
VALVOLINE	GL-5	0,34	1235	6174	90	6,34	0,937	0,207	7,484
Shell-Spirax-ASX	GL-5	0,32	1568	7840	94	7,62	0,960	0,210	8,79

Понятие добротности трибосистемы дополняет понятие совместимости материалов в трибосистеме, под которым понимают способность контактирующих материалов приспосабливаться друг к другу и к изменяющимся условиям трения с учетом взаимодействия материалов со смазочной и окружающей средой, обеспечивая заданную долговечность и устойчивую работу во всем диапазоне эксплуатации [1, 3].

Увеличению добротности трибосистемы способствует увеличение трибологических свойств смазочной среды (наличие поверхностно-активных и химически активных веществ в смазочной среде), а также увеличение внутреннего трения структуры материалов, из которых изготовлены подвижный и неподвижный трибоэлементы.

Для достижения поставленной цели был спланирован трехфакторный эксперимент, где в качестве факторов были выбраны: трибологические свойства смазочной среды; коэффициент затухания ультразвуковых колебаний в материале подвижного трибоэлемента; коэффициент затухания ультразвуковых колебаний в материале неподвижного трибоэлемента.

В качестве функций отклика выбраны три параметра: среднеарифметическое значение скорости изнашивания \bar{I}_3 , м³/ч, среднеарифметическое значение коэффициента трения \bar{f}_3 , которые были получены экспериментально по результатам трех повторов, и значение добротности трибосистемы Q , которое было получено расчетным путем по выражению (3).

По результатам экспериментальных и расчетных значений перечисленных функций отклика с помощью метода наименьших квадратов получены следующие зависимости:

- для скорости изнашивания:

$$I = 60 \times 10^{-10} \exp\left(-\frac{Q}{50 \times 10^{16}}\right), \text{ м}^3/\text{ч}; \quad (4)$$

- для коэффициента трения:

$$f = 0,11 \exp\left(-\frac{Q}{110 \times 10^{16}}\right). \quad (5)$$

Коэффициент корреляции r между скоростью изнашивания I и добротностью трибосистемы Q составил 0,88, а между коэффициентом трения f и Q , – 0,90.

На основании больших значений коэффициентов корреляции можно сделать вывод, что между функцией добротности трибосистемы

и аргументами: скоростью изнашивания и коэффициентом трения, существует функциональная связь, которая подчиняется экспоненциальному закону распределения (формулы (4) и (5)).

Необходимо отметить, что функция добротности всегда положительное число и теряет физический смысл при $Q = 0$, то есть при $Q = 0$ трибосистема не существует.

При положительных значениях добротности – трибосистемы наибольшее влияние на скорость изнашивания и коэффициент трения характерно для малых значений Q . При $Q > 100 \times 10^{16}$ Дж/м³ увеличение значений добротности уже не оказывает большого влияния на скорость изнашивания и коэффициент трения трибосистемы.

Следовательно, проведенный анализ функции добротности трибосистемы позволяет установить границу значения $Q \geq 100 \times 10^{16}$ Дж/м³, при превышении которой направления снижения скорости изнашивания и коэффициента трения подбором материалов в трибосистему и смазочной среды к ним становится малоэффективным. При таких значениях добротности необходимо разрабатывать и применять другие способы повышения износостойкости и снижения потерь на трение, например, изменение конструкции или технологий изготовления и т. д.

Заключение. Исследована функция добротности трибосистемы и ее влияние на скорость изнашивания и коэффициент трения. На основании анализа большой гаммы конструкционных материалов, применяемых в трибосистемах, установлено, что величина добротности обратно пропорциональна скорости изнашивания и коэффициенту трения, а функция добротности имеет экспоненциальный характер. Установлено, что при превышении значения добротности более 100×10^{16} Дж/м³ снижение скорости изнашивания и коэффициента трения трибосистемы подбором материалов в трибосистему и смазочной среды к ним становится малоэффективным.

Список использованных источников

1. Алексеев, Н.М. Некоторые аспекты совместимости материалов при трении. I. Подповерхностные процессы // Н.М. Алексеев, Н.А. Буше // Трение и износ. – 1985. – Т. 6. – № 5. – С. 773–783.
2. Алексеев, Н.М. Некоторые аспекты совместимости материалов при трении. II. Подповерхностные процессы // Н.М. Алексеев, Н.А. Буше // Трение и износ. – 1985. – Т. 6. – № 5. – С. 965–974.
3. Алексеев, Н.М. Некоторые аспекты совместимости материалов при трении. III. Микропроцессы механической фрикционной приспособляемости // Н.М. Алексеев, Н.А. Буше // Трение и износ. – 1987. – Т. 8. – № 5. – С. 197–205.

4. Войтов, В.А. Интегральный критерий оценки трибологических свойств смазочных материалов на четырехшариковой машине / В.А. Войтов, А.В. Левченко // Трение и износ. – 2001. – Т. 22. – № 4. – С. 441–447.
5. Войтов, В.А. Трибологические свойства моторных масел для двухтактных двигателей внутреннего сгорания на растительной основе / В.А. Войтов, И.И. Сысенко, А.Г. Кравцов // Проблемы трибології. – 2014. – № 1. – С. 27–38.
6. Войтов, В.А. Моделирование процессов трения и изнашивания в трибосистемах в условиях граничной смазки. Часть 1. Расчет скорости работы диссипации в трибосистеме / В.А. Войтов, М.Б. Захарченко // Проблемы трибології. – 2015. – № 1. – С. 49–57.
7. Криштал, М.А. Внутреннее трение в металлах и сплавах / М.А. Криштал, Ю.В. Пигузов, С.А. Головин. – М.: Металлургия, 1964. – 245 с.
8. Постников, В.С. Внутреннее трение в металлах / В.С. Постников. – М.: Металлургия, 1974. – 352 с.
9. Шевеля, В.В. Реология износостойкости и совместимости пар трения / В.В. Шевеля // Трение и износ. – 1993. – Т. 14, № 1. – С. 48–63.
10. Шевеля, В.В., Трытек А. Реология вязкоупругого фрикционного контакта / В.В. Шевеля, А. Трытек // Проблемы трибологии. – 2010. – № 4. – С. 6–16.
11. Шевеля, В.В. Трибохимия и реология износостойкости / В.В. Шевеля, В.П. Олександренко. – Хмельницкий: ХНУ, 2006. – 278 с.
12. Закономерности изменения внутреннего трения в процессе работы трибосистемы и его учет при выборе совместимых материалов / В.В. Шевеля [и др.] // Трение и износ. – 1995. – Т. 16. – № 4. – С. 734–744.

Поступила 10.04.2015

В.И. Иванов¹, кандидат технических наук

С.А. Соловьев¹, доктор технических наук, профессор

Д.А. Игнатков², доктор технических наук, профессор

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский технологический институт ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка», г. Москва, Россия

²УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск

СОВРЕМЕННЫЕ УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО НАНЕСЕНИЯ МЕТАЛЛОПОКРЫТИЙ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Аннотация. Рассмотрены технические характеристики современных электроискровых установок для нанесения покрытий на металлические поверхности для машиностроения и ремонтных предприятий, приведены области их использования.

В настоящее время во многих передовых в техническом отношении странах применяется электроискровое (ЭИ) оборудование для нанесения преимущественно металлических покрытий на токопроводящие материалы [1]. Это связано с рядом достоинств метода электроискровой обработки металлических поверхностей в газовой среде (ЭИО): простотой и эффективностью технологий обработки и оборудования; возможностью локальной обработки без защиты остальной поверхности; отсутствием перегрева детали; высокой универсальностью за счет возможности формирования покрытий толщиной 0,01–1 мм и более с требуемыми эксплуатационными свойствами на деталях независимо от их конструкции, формы, размеров и расположения обрабатываемых поверхностей, включая полости малых поперечных сечений (до 4–5 мм).

Производственниками накоплен значительный опыт применения этого универсального метода. Вместе с тем продолжают исследования по созданию новых электродных материалов с улучшенными свойствами, формированию новых ЭИ покрытий с требуемыми характеристиками. Совершенствуется оборудование для реализации ЭИ процесса, технические параметры которого определяют стабильность процесса, его производительность, широту решаемых задач, удобство работы оператора, надежность, ремонтпригодность, экономичность и проч.

Анализ информации о виде и технических параметрах современных установок ЭИО отечественного и зарубежного производства показывает, что это преимущественно установки для работы в ручном режиме, их потребляемая мощность – менее 1 кВА (механизированных – до 2 кВА),

энергия импульсов – 0,1–50 Дж, частота импульсов – 5–22000 Гц, масса генераторов – 5–42 кг, при этом толщина наносимых в ручном режиме покрытий составляет 20–1000 мкм, производительность обработки – 1,2–10 см²/мин [1].

Отметим, что за последние 25 лет объем промышленного производства на постсоветском пространстве, в том числе в России, существенно снизился. Сократилось и применение упрочняющих и восстанавливающих технологий. При этом необходимость в современных эффективных и экономичных методах и технологиях, к которым относится ЭИО, только повышается. Это касается как машиностроения, так и ремонтных предприятий. Первые в большей степени нуждаются в высокопроизводительном механизированном и автоматизированном оборудовании для упрочнения деталей и инструментов в условиях серийного и крупносерийного производства. Ремонтным предприятиям и службам нужно относительно недорогое, универсальное оборудование для восстановления и упрочнения деталей.

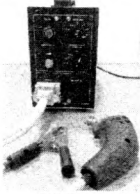
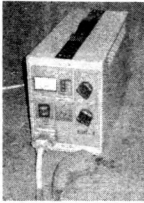

Более чем 60-летний опыт практического использования ЭИО показал его полезность в разных условиях единичного и серийного производства. Новые условия организации производства (особенно это касается ремонтного производства) изменили приоритеты относительно вида технологического оборудования, в том числе для ЭИО. Теперь чаще спросом пользуются относительно простые установки для работы в ручном режиме. Кроме того, современные экономические условия диктуют необходимость повышать универсальность установок.

Этому в достаточной степени отвечают установки семейства «БИГ», созданные с участием сотрудников ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский технологический институт ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка» (далее – ГОСНИТИ) и предназначенные для выполнения широкого ряда работ заготовительного, основного (производящего продукцию согласно профилю деятельности предприятия) и ремонтного производства (табл.).

Указанные установки обладают широким диапазоном режимов и технологическими возможностями. Это обеспечивает их универсальное применение: упрочнение режущих инструментов (РИ); упрочнение штампов листовой штамповки (ШЛО); упрочнение инструментов горячего деформирования металлов и неметаллов (ИГД); восстановление и упрочнение деталей машин (ВУД); снижение переходного сопротивления электрических контактов (ЭК); электроэрозионная обработка деталей (прошивка пазов, отверстий и т. п. – ЭЭО) [2].

В передовых промышленно развитых странах (США, Япония и др.) наряду с ручными и механизированными установками ЭИО применяют

Таблица – Технические характеристики установок ЭИО семейства «БИГ»

		
БИГ-1	БИГ-4	БИГ-5
Комплектность		
1) генератор; 2) вибровозбудитель	1) генератор; 2) вибровозбудитель	1) генератор; 2) вибровозбудитель
Напряжение питания ($\pm 10\%$), В, при частоте 50 Гц		
220	220	220
Потребляемая мощность, кВА		
0,25	0,5	0,5
Количество электрических режимов		
35	42	70
Максимальная энергия импульсов, Дж		
3,15	5	10
Частота импульсов, Гц		
10-3200	12-3000	5-1600
Частота вибрации электрода, Гц		
600	600	600
Толщина покрытия, мм*: твердым сплавом Т15К6 / сталью ШХ15 / бронзой БрКМц3-1		
0,01–0,20	0,01–0,4	0,01–0,5
0,01–1,3	0,01–2,2	0,01–0,87
0,01–1,4	0,03–2,3	0,05–2,7
Высота микронеровностей Ra (мкм) сплавом Т15К6		
2,5–20	2,5–50	2,0–60
Максимальная производительность нанесения покрытия без пропусков, см ² /мин		
6	10	12
Габаритные размеры генератора, см		
130×300×210	170×430×250	160×320×360
Масса генератора, кг		
7	14	14
Режим работы **		
ручной и механизированный	ручной и механизированный	ручной и механизированный
Основные области применения установок		
РИ, ШЛО, ИГД, ВУД, ЭК, ЭЭО	РИ, ШЛО, ИГД, ВУД, ЭК, ЭЭО	РИ, ШЛО, ИГД, ВУД, ЭК, ЭЭО

* При контактной сплошности 15–30 %.

** Могут работать в механизированном режиме при дополнительном комплектации механическими устройствами.

также автоматизированные комплексы с использованием робототехники (рис.). Это касается в первую очередь авиакосмической промышленности, предприятий военно-промышленного комплекса. Здесь подвергают ЭИО ответственные детали разного уровня сложности, влияющие на ресурс отдельных агрегатов или машин в целом.

Очевидно, возможно такое применение ЭИО также с установками типа «БИГ» и установками других моделей. Однако использование роботизированных комплексов при их высокой технической эффективности должно быть технически и экономически оправданным в связи с высокой стоимостью оборудования, программного обеспечения и обслуживания.

В сотрудничестве с другими научными и производственными центрами ГОСНИТИ ведется работа по совершенствованию установок ЭИО, созданию новых моделей, разработке эффективных технологий с их применением.

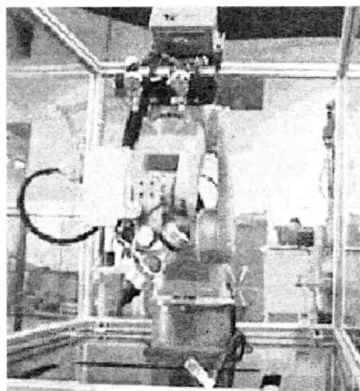


Рисунок – Применение робототехники при ЭИО (США, фирма «ASAP»)

Список использованных источников

1. Бурумкулов, Ф.Х. Состояние и развитие электроискровых технологий и оборудования в России и за рубежом / Ф.Х. Бурумкулов, В.И. Иванов // Труды ГОСНИТИ, 2012. – Т. 109, ч. 2. – С. 127–139.

2. Альбом инновационных технологий ремонта агрегатов с восстановлением и упрочнением деталей прогрессивными методами / Ф.Х. Бурумкулов [и др.]; под рук. акад. РАСХН В.И. Черноиванова. – М.: ГОСНИТИ, 2012. – 88 с.

Поступила 06.04.2015

Н.К. Толочко, доктор физико-математических наук, профессор
К.Л. Сергеев, аспирант

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск

ЗАВИСИМОСТЬ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ВОДОМАСЛЯНЫХ ЭМУЛЬСИОННЫХ СМАЗОЧНО- ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ ОТ ДИСПЕРСНОСТИ

Аннотация. Рассмотрены характерные зависимости функциональных свойств водомасляных эмульсионных смазочно-охлаждающих жидкостей от дисперсности. Показано, что причины этих зависимостей связаны с соответствующим влиянием дисперсности на физико-химические свойства жидкостей.

Важнейшим условием реализации современных технологий обработки металлов резанием является применение смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) [1]. Существуют разные виды СОТС. Все они создают в зоне резания особую технологическую среду, с которой находятся в состоянии активного физико-химического взаимодействия поверхности режущего лезвия инструмента, стружки и обрабатываемой заготовки и от которой зависят характер и интенсивность процессов, протекающих на контактных поверхностях инструмента. Целенаправленное применение СОТС позволяет существенно повысить стойкость инструмента, производительность труда, улучшить параметры режима резания, качество и эксплуатационные свойства обработанных поверхностей и санитарно-гигиенические условия труда. Среди применяемых СОТС свыше 95 % составляют смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ) [2]. Из них особенно широкое распространение получили водомасляные эмульсионные СОЖ.

Важность роли СОЖ при обработке металлов резанием обусловлена их функциональными свойствами: смазывающим, охлаждающим, моющим и режущим. Эти свойства проявляются в соответствующих действиях СОЖ на процесс резания [1–3].

Смазывающее действие СОЖ заключается в уменьшении трения рабочих поверхностей инструмента о стружку и обрабатываемые поверхности заготовки, а также в предотвращении явлений схватывания. Охлаждающее действие состоит в отводе теплоты из зоны резания и, как следствие, понижении температуры нагрева инструмента и заготовки. Моющее действие СОЖ сводится к удалению стружки и продуктов износа инструмента из зоны резания. Под режущим (диспергирующим)

действием СОЖ понимается уменьшение сил, необходимых для пластической деформации и разрушения срезаемого слоя, то есть облегчение процесса резания.

Функциональные свойства СОЖ существенно зависят от их физико-химических свойств, прежде всего, вязкости, смачивающей и проникающей способности [4]. В целом физико-химические свойства проявляются у СОЖ так же, как и у любых других жидкостей: вязкость выражается в сопротивлении перемещению одной части жидкости относительно другой; смачивающая способность – в растекании жидкости по твердой поверхности; проникающая – в проникновении жидкости в несплошности (трещины, поры) твердого тела или в зазоры между твердыми телами. Вместе с тем в характере проявления физико-химических свойств у СОЖ в случае их использования при обработке металлов резанием имеется ряд особенностей, которые обусловлены не только действием СОЖ на процессы резания, но и взаимосвязью самих этих свойств.

Необходимое условие для проявления всех видов функциональных действий СОЖ – проникновение жидкости в зону трения, поскольку отсутствие достаточного количества жидкости в этой зоне делает эти действия несущественными. Поэтому СОЖ должна обладать высокой проникающей способностью. Требования к повышению проникающей способности СОЖ становятся наиболее значительными при развертывании, резьбонарезании, протягивании и некоторых других видах обработки металлов резанием, для которых подвод СОЖ в зону резания оказывается затрудненным [1].

Проникающая способность СОЖ повышается при увеличении смачивающей способности и уменьшении вязкости. Если высокая проникающая способность является необходимым условием для проявления функциональных действий СОЖ, то высокая смачивающая способность способствует тому, чтобы эти действия были более эффективными.

Для того чтобы обеспечивалось смазывающее действие СОЖ, необходимо, чтобы на поверхностях заготовки и режущего инструмента образовывалась сплошная смазочная пленка, что всецело зависит от степени смачивания [1]. Высокая смачивающая способность СОЖ способствует тому, что смазочная пленка в силу большого молекулярного сродства с материалом заготовки или инструмента не вытесняется высоким давлением, возникающим между соприкасающимися поверхностями в процессе резания [3].

Чем лучше СОЖ смачивает поверхность, тем больше эффективная площадь теплопереноса при охлаждении, то есть тем лучше жидкость поглощает и отводит тепло, понижая тем самым температуру контактных поверхностей и стружки [1, 3]. Если смачивание поверхности плохое,

то у поверхности возможно образование парового слоя, который резко ухудшает теплоотвод [1].

Моющее действие СОЖ будет эффективным только тогда, когда жидкость хорошо смачивает частицы стружки и шлама [1].

Вязкость СОЖ, как отмечалось выше, влияет на ее проникающую способность, которая повышается с уменьшением вязкости. Вместе с тем высокая вязкость обеспечивает лучшее смазывающее действие [5]. Кроме того, высокая вязкость снижает вибрацию режущего инструмента. С повышением вязкости ухудшаются моющее и охлаждающее действия СОЖ. Вязкость оказывает особенно сильное влияние на охлаждающее действие СОЖ в условиях конвективного теплообмена [3].

Таким образом, возникает необходимость выбора оптимальных физико-химических свойств СОЖ, которые могли бы обеспечивать требуемые функциональные свойства с учетом особенностей тех или иных видов обработки металлов резанием.

Физико-химические свойства СОЖ зависят от их состава. В случае водомасляных эмульсионных СОЖ они определяются, прежде всего, химическим составом и концентрацией масляной фазы. Также они могут зависеть от дисперсности масляной фазы СОЖ.

Особый интерес представляет рассмотрение влияния дисперсности СОЖ на ее режущее действие. Это действие обусловлено адсорбционным воздействием непосредственно на ювенильную поверхность срезаемого металла и состоит в том, что ПАВ, снижая поверхностную энергию металла, способствует зарождению пластических сдвигов и развитию дефектов на поверхности при значительно меньших механических напряжениях. Поверхностные дефекты представляют собой микротрещины, в которых возникают расклинивающие давления, вызываемые адсорбционными слоями проникающей в микротрещины масляной фазы эмульсии [3].

Можно предположить, что усиление режущего действия СОЖ с повышением ее дисперсности обусловлено более активным проникновением масляной фазы эмульсии в микротрещины металла в зоне резания. В случае исходной СОЖ, когда капли масла крупные, а их количество мало, одна часть микротрещин заполняется только лишь маслом, в то время как другая – только лишь водой. В случае диспергированной СОЖ, когда капли масла мелкие, а их количество велико, все микротрещины заполняются и маслом, и водой, так что в каждой из них образуются адсорбционные масляные слои, для формирования которых, с учетом их малой толщины, требуется, соответственно, малое количество масляной фазы.

Подобным образом объясняются причины влияния дисперсности СОЖ на ее смазывающее действие при лезвийной обработке [6]. При этом

предполагается, что повышение эффективности мелкодисперсной эмульсии в формировании смазочного слоя в зоне резания обусловлено более активным проникновением эмульсии в эту зону через имеющуюся в ней сеть тонких капилляров.

Моющее действие СОЖ тем больше, чем мельче удаляемые из зоны резания частицы шлама, содержащего продукты резания детали и износа режущего инструмента. Удалению частиц шлама способствует их обволакивание тонкими пленками компонентов СОЖ, разделяющими эти частицы и препятствующими их слипанию [3, 4, 7]. Усиление моющего действия СОЖ с повышением ее дисперсности обусловлено более активным обволакиванием частиц шлама масляной фазой эмульсии: чем больше в эмульсии мелких масляных капель, тем с большим числом частиц шлама они будут соприкасаться, адсорбируясь на их поверхности. Влияние дисперсности на моющее действие СОЖ может быть также вызвано изменениями поверхностных свойств масляных капель и связанными с этим особенностями процессов адгезии, смачивания и растекания [8].

Недавно нами было экспериментально показано, что с ростом дисперсности водомасляной эмульсионной СОЖ существенно повышается эффективность магнитно-абразивной обработки (МАО) [9]. Так, уменьшение среднего размера масляных капель эмульсии приблизительно в 2 раза (от 6,1 до 2,9 мкм) приводило к увеличению скорости удельного массового съема металла в 1,3 раза, относительной опорной длины профиля и суммарного пятна контакта в 1,1 раза и уменьшению шероховатости поверхности в 1,6 раза.

Несколько ранее экспериментально наблюдалось подобное влияние дисперсности СОЖ на эффективность МАО, в частности на скорость удельного массового съема металла [10]. При этом предполагалось, что оно может быть связано с явлением фильтрации СОЖ при ее прохождении через слой ферромагнитного абразивного порошка (ФАП): мелкие масляные капли, размеры которых гораздо меньше размеров пор порошка, легко проскальзывают в порах, в то время как крупные капли в них задерживаются. Как следствие, с уменьшением размеров масляных капель фильтрующее действие ФАП ослабляется, что приводит к улучшению функциональных свойств СОЖ.

В проведенных в последнее время экспериментах нами было установлено, что уменьшение среднего размера масляных капель эмульсии в 2 раза повышает кинематическую вязкость приблизительно на 10 % и на 40 % уменьшает краевой угол смачивания.

Таким образом, изменяя целенаправленно дисперсность СОЖ, можно регулировать ее физико-химические и, как следствие, функциональные свойства.

1. Виноградов, Д.В. Применение смазочно-охлаждающих технологических средств при резании металлов: учеб. пособие по курсу «Инструментообеспечение машиностроительных предприятий» / Д.В. Виноградов. – Ч. 1: Функциональные действия. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. – 90 с.

2. Киселев, Е.С. Научные основы и технология применения смазочно-охлаждающих технологических средств при механической обработке: сб. учеб.-исслед. лаб. работ / Е.С. Киселев, В.Н. Ковальногов. – Ульяновск: УлГТУ, 2008. – 57 с.

3. Подураев, В.Н. Резание труднообрабатываемых материалов: учеб. пособие для вузов / В.Н. Подураев. – М.: Высшая школа, 1974. – 587 с.

4. Чередниченко, Г.И. Физико-химические и теплофизические свойства смазочных материалов / Г.И. Чередниченко, Г.Б. Фройштетер, П.М. Ступак. – Л.: Химия, 1986. – 224 с.

5. Киселева, Е.В. Разработка эффективной технологии приготовления смазочно-охлаждающей жидкости для обработки металлов / Е.В. Киселева // Вестник ИГЭУ. – 2010. – Вып. 2. – С. 1–4.

6. Киселева, Е.В. Повышение эффективности лезвийного резания путем механохимической активации водомасляных эмульсионных СОТС: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.07 / Е.В. Киселева; Иванов. гос. ун-т, 2011. – 20 с.

7. Бобров, В.Ф. Основы теории резания металлов / В.Ф. Бобров. – М.: Машиностроение, 1975. – 344 с.

8. Беспанеева, З.О. О смачиваемости поверхности твердых тел наноразмерной каплей / З.О. Беспанеева // Изв. Кабардино-Балкар. ун-та. – 2011. – Т. 1. – № 4. – С. 12–17.

9. Толочко, Н.К. Влияние дисперсности эмульсионной смазочно-охлаждающей жидкости на эффективность магнитно-абразивной обработки / Н.К. Толочко, К.Л. Сергеев // Технология машиностроения. – 2014. – № 10. – С. 31–35.

10. Сакулевич, Ф.Ю. Роль смазывающе-охлаждающих жидкостей при магнитно-абразивной обработке / Ф.Ю. Сакулевич, Н.Я. Скворчевский. – Минск: БелНИИНТИ, 1981. – 52 с.

Поступила 22.03.2015

В.В. Мирутко, А.В. Бодиловский,
кандидаты технических наук, доценты
В.Е. Михайловский, студент

*УО «Белорусский государственный аграрный
технический университет», г. Минск*

ПРОГРЕССИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ И ИХ ДЕТАЛЕЙ ПРИ РЕМОНТЕ

Очистка двигателя и его деталей от загрязнений является одним из важнейших факторов, влияющих на ресурс отремонтированного двигателя. От совершенства технологии и моечных установок зависят качество очистки изделий, производительность труда, культура производства, безошибочный контроль, дефектация деталей и в конечном счете себестоимость как процесса очистки, так и ремонта двигателя в целом. Очистные работы по двигателю и его деталям остаются наиболее трудоемкими, малоэффективными и экологически небезопасными. Некачественная очистка блоков цилиндров и их головок от нагара и накипи приводит к снижению эффективной мощности двигателей на 5–8 %, увеличению расхода горюче-смазочных материалов на 10–20 %. Из-за некачественной очистки деталей в процессе сборки дизелей послеремонтный ресурс снижается на 25–30 % [1].

На поверхностях двигателя и его деталей образуются многочисленные загрязнения: эксплуатационные – нагар, накипь, асфальто-смолистые и лаковые отложения (осадки), продукты износа и коррозии, остатки лакокрасочных покрытий; технологические – стружка, окалина, притирочные пасты, остатки эмульсии, абразив, пыль и др., причем некоторые из них относятся к прочнофиксированным и требуют повышенных затрат на удаление.

При использовании типовых технологий базовые детали проходят сложную многостадийную процедуру очистки [2]. Сначала они подвергаются общей мойке, затем вывариваются, дочищаются вручную ершиками, проволочными щетками, ветошью и паром под давлением. Специальной циркуляционной очистке подвергаются их масляные каналы и полости. Затем последовательно удаляются нагар, ржавчина и накипь. Очистка базовых деталей двигателей, отличающихся значительными загрязнениями, предусматривается в специальных машинах типа «Поток» и автоматических линиях, например, ОМ-12216, АЛ-1, АЛ-2, АЛ-3, АЛ-5 и др. В типовых технологиях погружные машины (тупиковые

и проходные) являются основным оборудованием для очистки от асфальто-смолистых отложений, коррозии, накипи, остатков краски. Эти машины являются достаточно эффективными при больших программах ремонта двигателей, но вместе с тем они громоздкие, дорогостоящие и недостаточно технологичные при их технической эксплуатации. В частности, удаление осадка и нефтепродуктов, обслуживание и ремонт являются трудоемкими процессами в связи с тем, что погружные машины, как правило, подземного расположения, и требуются повышенные затраты на проведение этих работ. При типовых технологиях очистки двигателя и его деталей используется достаточно широкий спектр различных моечных машин, суммарная стоимость которых неоправданно велика и не по карману многим ремонтно-обслуживающим предприятиям, включая и специализированные мотороремонтные заводы, производственные программы которых резко сократились.

В связи с этим заслуживает внимания решение проблемы очистки автотракторных двигателей и их деталей при ремонте с применением гидродинамического способа очистки высоконапорными моечными аппаратами, отличающегося экономичностью, технологичностью и универсальностью [3, 4]. Высоконапорные моечные аппараты имеют повышенную гидродинамическую мощность, обеспечивают высокоскоростной нагрев воды с образованием пароводяной смеси ($T=140-150^{\circ}\text{C}$), небольшой расход воды и топлива, быстрый выход на рабочий режим работы, применение технических моющих средств при относительно невысокой стоимости по отношению к другим моечным машинам.

На рисунке представлена общая структурная схема технологического процесса очистки двигателя и его деталей при ремонте, основанного на гидродинамическом способе. Загрязнения при этом способе удаляются в том случае, если сила удара струи о поверхность (ударный импульс) превышает хотя бы одну из прочностных адгезионно-когезионных характеристик загрязнений, таких как прочность на сжатие, изгиб, сдвиг, сила адгезии и др. (табл.).

Основными параметрами управления процессом гидродинамической очистки являются: давление струи воды (сила удара), расход воды, температура воды, расход технических моющих средств и продолжительность очистки.

Отличительная особенность представленной схемы – применение ограниченной номенклатуры моечных машин. Для предварительного отмыва трактора и двигателя применяется центробежная самовсасывающая моечная установка CR3-25, работающая на оборотной воде. Для очистки снятого двигателя в сборе и очистки сборочных единиц и деталей



Рисунок – Схема технологического процесса очистки автотракторных двигателей и их деталей при ремонте

Таблица – Виды и характеристики загрязнений поверхностей двигателей

Загрязнения	Масса загрязнений, кг	Максимальная толщина, мм	Предел прочности при сжатии, МПа	Условный коэффициент прочности
Пылегрязевые	0,2–1,0	5	02–2	0,5
Остатки масел	До 3	5	1–2	0,15
Маслогрязевые	1,5–2,5	10	2–5	0,3
Старые лакокрасочные покрытия	0,4–0,6	0,1	30	3
Продукты коррозии	0,1–0,3	0,1	40	4
Асфальтосмолистые отложения	0,2–0,3	0,5	10	1
Нагар	0,1–0,2	1	30	2
Накипь	0,1–1,3	3	30	3

после его разборки используется высоконапорный моечный аппарат фирмы KARCHER типа HDS-695VEX с высокоскоростным нагревом воды и применением специальных адаптеров (турбофреза, гидрокавитационная и пенная насадки, турболазер, насадки для промывки масляных каналов) и моечная специальная камера для очистки небольших сборочных единиц и деталей. Применяется также межременное вымачивание деталей с прочнофиксированными загрязнениями (головка блока цилиндров, клапана, поршни, гильзы цилиндров, детали турбокомпрессора, коллектора, шатуны и др.) в растворах растворяюще-эмульгированных средств «РИТМ», «Лабомид-312» или дизтопливе, в герметичных ваннах. Удаление технологических загрязнений и промывка масляных каналов после механической обработки также могут осуществляться высоконапорным аппаратом с применением турбофрезы и кавитационных насадок в указанной выше специальной моечной камере. Работа этой камеры может осуществляться в режимах ручного и автоматического управления. В первом случае очистка производится пистолетом-распылителем или брандспойтом через моечное окно, а во втором – автоматически через моечную рамку с форсунками при вращающейся моечной корзине при снятом пистолете-распылителе или брандспойте.

Основными преимуществами предлагаемой технологии очистки являются: универсальность, то есть возможность удалять весь спектр загрязнений, присущих автотракторным двигателям и их деталям, включая прочнофиксированные (нагар, накипь, асфальтосмолистые, лаковые и др.) за счет гидродинамических струй с применением специальных

высокопроизводительных и экономичных адаптеров (турбофреза, турболазер, гидрокavitационная, гидropескоструйная и пенная насадки). Кроме того, применение гидродинамического способа очистки по сравнению с типовой технологией обеспечивает повышение производительности труда, снижение расхода воды, электроэнергии, расхода мощных средств и металлоемкости в среднем более чем в 3 раза с быстрым выходом на рабочий режим функционирования.

Список использованных источников

1. Беднарский, В.В. Организация капитального ремонта автомобилей: учеб. пособие / В.В. Беднарский. – Ростов н/Д: Феникс, 2005 – 592 с.
2. Усков, В.П. Справочник по ремонту базовых деталей двигателей / В.П. Усков. – Брянск: Клиновская типография, 1998. – 589 с.
3. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве / В.И. Черноиванов [и др.]; под ред. В.И. Черноиванова. – Москва-Челябинск: ГОСНИТИ, 2003. – 992 с.
4. Технология ремонта машин / Е.А. Пучин [и др.]; под ред. Е.А. Пучина. – М.: Колос, 2007 – 488 с.

Поступила 27.03.2015

С.А. Соловьев, доктор технических наук, профессор

А.В. Дунаев, кандидат технических наук

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский технологический институт ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка», г. Москва, Россия

МАСЛА КАК СРЕДСТВО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация. Из 10-летнего опыта химмотологического и спектрального анализа 17 марок моторных масел в 162 ДВС приведены рекомендации по контролю масел и диагностированию по их рабочим свойствам автотракторных двигателей.

Рабочие показатели масел являются комплексными диагностическими признаками технического состояния агрегатов машин и оборудования, а также источником информации для выявления причин повышенной интенсивности их изнашивания. Показатели масел позволяют точнее устанавливать периодичность сервиса, повышать надежность машин, снижать затраты труда и средств на их эксплуатацию [1]. Поэтому смазочное действие – один из способов управления надежностью и работоспособностью машин и оборудования [2–4]. Следовательно, все отрасли нуждаются в качественных топливно-смазочных материалах и в их рациональном применении. В связи с этим важным является совершенствование эксплуатационных методов контроля масел и обоснование нормативов их состояния, а при обслуживании машин АПК контролю масел должно уделяться гораздо большее внимание, чем принято.

К моторным маслам предъявляют множество, порой противоречивых, требований, при том, что их свойства определяются составом, концентрацией присадок и внешними загрязнениями [2]. При неоптимальном составе присадок, загрязнении, обводнении и коррозионности, потере вязкости масло как третий конструктивный элемент может на 50 % обуславливать необходимость ремонта машин. Однако комплекс методов и нормативов контроля работающих масел для автотракторной техники до сих пор четко не определен и приемы контроля масел подбираются отраслями самостоятельно.

В дополнение к лабораторному контролю масел по стандартам в эксплуатации машин АПК нужно проводить эффективный экспресс-контроль масел по «капельной пробе» согласно бумажной хроматографии ГОСТ 28365 [1]. Это обусловлено тем, что основные качества масел характеризуются размером частиц загрязнений с разным их

проникновением в поры фильтровальной бумаги, и чем ниже диспергирующе-стабилизирующие свойства масел (ДСС), тем больше размеры частиц, меньше их проникновение в бумагу и меньше размер масляного пятна «капельной пробы». Так как сокращение диаметра d_2 масляного пятна к диаметру d_1 его ядра линейно характеризует ДСС, то значение ДСС, исправляя неверную классику и АИСТ СТО 25.10, можно оценивать следующим образом:

$$\text{ДСС} = K(d_2/d_1),$$

где K – эмпирический коэффициент.

Реальные «капельные пробы» среднещелочных масел приведены на рисунке 1.

На рисунке 2 отображены компоненты масляного пятна для их оценки.

Загрязненность масла можно характеризовать оптической плотностью «капельной пробы», например, индикатором загрязненности жидкостей ИЗЖ. Для общей оценки работоспособности масла в таблице 1 приведены показатели «капельной пробы».

Щелочное число (ЩЧ) – самый главный показатель качества моторного масла, обуславливающий моюще-диспергирующие, антифрикционные, нейтрализующие свойства (веществ самого масла и проникающих в нее извне). Однако контроль ЩЧ по всем российским и зарубежным стандартам сложен. Наиболее приемлем контроль по методике ГосНИИ-25 МО, аналогичной методу ГОСТ 29255-91, адаптированной нами для эксплуатационных условий [1]. Однако для этого требуются реактивы: метиловый синий, метиловый красный и 0,1N спиртовой раствор соляной кислоты.

Влияние ЩЧ масел на их антиизносные свойства, а также связь интенсивности изнашивания ДВС с ЩЧ и pH масла показаны на рисунке 3. Из рисунка видно, что ускорение изнашивания ДВС (содержание Fe) идет после снижения ЩЧ до значения кислотного числа (КЧ).

Предельный случай смены масла – момент снижения ЩЧ к уровню КЧ, но здесь нет гарантии нормального функционирования масла до его смены. Поэтому нами определены современные нормативы ЩЧ (табл. 2).

Все же целесообразно назначать срок смены масла не столько по снижению ЩЧ, сколько по комплексу показателей его состояния (ЩЧ, ДСС, обводненность, загрязненность, коррозионность, антифрикционность) и состояния ДВС (концентрация в масле металлов, особенно свинца, угар масла, расход картерных газов, закоксованность ЦПГ, напряженность работы ДВС).

Адаптированные нами для эксплуатационных служб приемы контроля рабочих свойств масел изложены в источнике [1], а практикой их

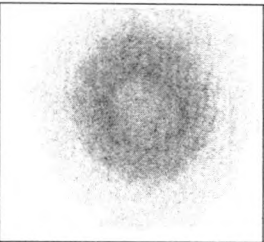

		
1. Свежее	2. Классическая «капельная проба»	3. Работавшее, нормальное
		
4. Много работавшее, обводнённое	5. Истощение ресурса	6. Масло – брак

Рисунок 1 – Динамика на фильтровальной бумаге размера, формы и цвета пятна среднещелочного моторного масла по мере его работы:

1 – свежее масло с равномерным пятном и «водяными знаками», пятно испаряется через 5 дней; 2 – классическая «капельная проба» с наружным кольцом чистого масла, с внутренним кольцом незначительно загрязненного масла, со светлым ядром и «водяными знаками», образующимися в реакции щелочных компонентов масла со структурами бумаги; 3, 4 – отсутствие внешнего кольца чистого масла, уменьшение пятна из-за постепенного укрупнения мехпримесей из-за уменьшения ДСС; 5 – неровная форма ядра и всего пятна из-за обводнения масла; пятна 4 и 5 – предельное состояние масла; 6 – «свертывание капельной пробы», капля масла не растекается из-за значительного обводнения, масло – брак и может представлять золотистую расслаивающуюся жидкость, ведущую ДВС к аварии, со шламом в донной части; желтый, коричневый или темно-коричневый цвет пятна свидетельствует об окисленности масла из-за аварийного перегрева ДВС; степень четкости «водяных знаков» примерно соответствует степени щелочности масла и запаса им рабочих свойств; по четкости «водяных знаков» можно различать средне- и высокощелочные масла; по мере работы масла его пятно от светлого переходит к светло-серому, серому, темно-му, черному, густо-черному и непрерывно уменьшается в диаметре; при обводнении масла с периферии пятна выпекают струйки воды, но они быстро испаряются. Вместе с бумагой фильтровальной лабораторной ГОСТ 12026 дополнительно можно использовать ее аналоги, белую и черную ситцевую ткань

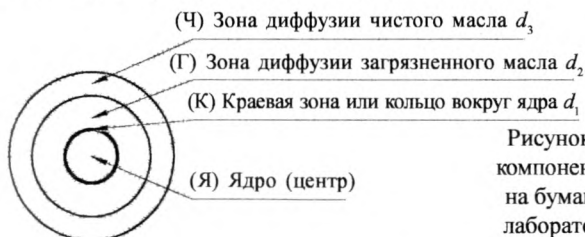
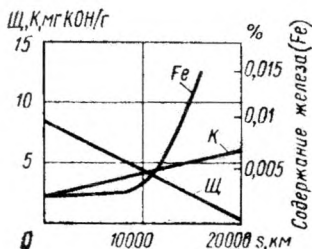


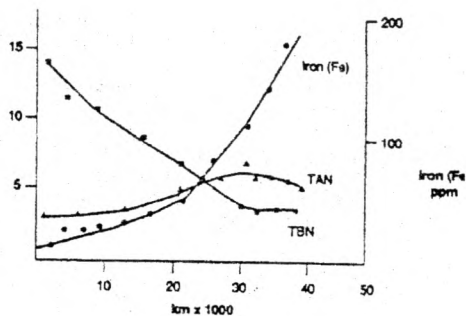
Рисунок 2 – Структурные компоненты масляного пятна на бумаге фильтровальной лабораторной ГОСТ 12026

Таблица 1 – Балльная оценка качества масел по «капельной пробе»

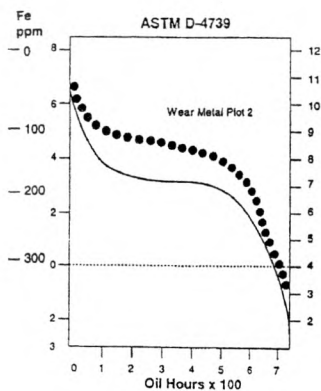
Части пятен	Характеристика частей масляного пятна по номерам пятен для балльной оценки масла по «капельной пробе»					
	№ 1; 1 балл	№ 2; 2 балла	№ 3; 3 балла	№ 4; 4 балла	№ 5; 5 баллов	№ 6; 6 баллов
Я	Светлое	Темно-серое	Черное	Густо-черное	Густо-черное, со шламом и с крупинками мехпримесей	Капля не расплывается, растекается вода
К	Отсутствует	Темно-серое	Темно-черное	Ядро и кольцо слитны	Ядро не просматривается	—
Г	Отсутствует	Серое или темно-серое	Черное			
Ч	Пятно светлое и исчезает через 2–3 дня	Светлое	Светлое, исчезающее	Отсутствует	Отсутствует	—



а)



б)



в)

Рисунок 3 – Динамика ЩЧ моторных масел:
 а) по НАМИ снижение ЩЧ (Щ), повышение КЧ (К) и скорости изнашивания ДВС (Fe) [1];
 б) и в) – по Лубризол [1] при высокощелочном (TBN = 14) масле; на рис. в) слева содержание железа и ЩЧ, справа pH спиртовой вытяжки масла: видна обратная корреляция Fe по ЩЧ

Таблица 2 – Нормативные значения ЩЧ для моторных масел, рассчитанные нами интерполированием данных Арабяна С.Г. (НАТИ, 1984 г.)

Показатели	Показатель «А» напряженности работы моторного масла по С.Г. Арабяну (НАТИ)							
	100	200	300	400	500	600	700	800
Браковочные значения ЩЧ, мгКОН/г	0,4	1,1	2,5	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
Допускаемые на меж-контрольный период значения ЩЧ, мгКОН/г	0,6	1,5	3,0	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0

применения подтверждена негативная динамика вязкости всесезонных масел.

Всесезонные масла специфичны, дороже и, как свидетельствует наш 10-летний опыт, для рядовой практики оправданы не всегда. Так, ежедневным месячным контролем подтверждено, что всесезонное масло через 50 ч теряет вязкость, например, у нас с 14,22 до 11,06 сСт, за 300 ч на 29 %, а по испытаниям журнала «За Рулем» 10-ти марок всесезонных масел – на 20–50 %. Практически свежие масла мы нередко сливали из дизелей из-за пониженной вязкости [1].

По мере работы сезонного масла его вязкость может расти из-за окисления базы, загрязнений и шламообразования, а неисправность топливной аппаратуры разжижает масло. Обводнение масла провоцирует сгущение нерастворимых примесей и шламообразование. Поэтому по мере работы вязкость масла может варьировать в обе стороны, а разжиженное топливом, но чрезмерно загрязненное масло может иметь нормальную вязкость, однако быть непригодным.

Повышение срока службы масел, хотя и важно, но не самоцель. В триаде: «*мотор*» – [условия эксплуатации + ТО] – «*масло*», последнее играет не первую, хотя и не последнюю роль. Все в триаде подчинено мотору и при его неисправностях или ухудшении условий работы смена масла нередко вынужденная до исчерпания ресурса масла. А при исправном моторе оно должно работать до полного исчерпания ресурса. Поэтому менять масла целесообразно только при приближении браковочных значений: при ЩЧ – менее 3–3,5 мгКОН/г, воды – более 0,3 %, температуры вспышки – ≤ 160 –170 °С, а вязкости – ниже паспортного значения. Масла же с запасом ЩЧ после очистки от мехпримесей и воды можно использовать повторно, но в узлах и агрегатах, менее требовательных к качеству масел.

Необходим также экспресс-контроль антиизносных свойств смазочных масел для входного контроля свежих, а работавших – для определение их остаточного ресурса. Здесь нами предложено приспособление, с помощью которого можно сравнивать потерю массы (или высоты) кольца, истертого в испытуемом масле и этого же кольца в тех же условиях, но в масле с хорошими антиизносными свойствами. Для контроля интенсивности изнашивания может использоваться прибор для определения железа в масле ФЧМ-П от «ТехДиагностСервис» ЦНИИ морского флота, а также предложенный нами феррограф ОВД-28324-ГОСНИТИ [3].

В части значения угара масел для определения срока ремонта ДВС нами этот срок предлагается определять моментом достижения равенства потерь от пониженной производительности машины, перерасхода топлива и масла за межремонтный период к стоимости ремонта. И чем

ощутимее потери, тем при меньшем значении угара масла целесообразно ставить мотор на ремонт.

Срок службы масел следует определять по комплексу фактических химмотологических (моторных) показателей и по состоянию ДВС. Но при браковочном значении любого показателя масла или двигателя масло подлежит безусловной смене. Нормативные значения параметров масел мобильной техники приведены в таблице 3.

Мало применяется спектральный анализ масел, который, выявляя динамику изнашивания агрегатов машин и оборудования, является эффективным средством раннего предупреждения возможных неисправностей ДВС и других агрегатов [3, 4].

Нами проведено более 13 тыс. спектральных анализов 17 марок масел для дизелей ЯМЗ-240, Д-130, 8ДМ-21А, Камминз (КТА-19/38/50), CAT 785В, KomatsuHD 785В, тепловозов ТЭМ, ТГМ и ЧС-2, 50 бензиновых ДВС отечественного и импортного грузового и легкового транспорта, ДСМ России, Кореи, Японии, Франции, по которым разработана детальная технологическая карта анализа [1].

На основании этих анализов подтверждено, что основными причинами повышенного изнашивания ДВС являются загрязненность, обводненность, разжижение топливом, снижение ЩЧ (и ДСС), а у некоторых долго работавших масел – коррозионность к свинцу подшипников КШМ (рис. 4). Поэтому концентрации металлов в маслах могут не соответствовать реальной износостойкости и потенциальному ресурсу сопряжений ДВС.

Недостатками анализа масел на установках МФС от СКБ «Спектр» при ОАО «ЛЮМО» является пропуск частиц износа крупнее 20 мкм. Поэтому нужен контроль металлов в масле несколькими методами. Важно контролировать и форму, и размеры частиц износа, обусловленных разными процессами изнашивания.

Таким образом, на основании работ предшественников [2-4] и проведенных нами анализов (за 10 лет – 13 тыс.) аналитико-статистическим методом определены спектральные нормы для масел мобильной техники АПК (табл. 4).

Из анализов необходимо определить показатели, которые достигли или превысили предельные значения, а также выявить: обусловлено ли повышенное содержание металлов кремнием, водой, пониженной вязкостью, температурой вспышки и коррозионностью масла. При превышении норм воды, кремния, пониженных температуры вспышки, ЩЧ, ДСС рекомендуется смена масла с выявлением и устранением неисправностей агрегата. Если в масле нет заметного количества воды и топлива, ЩЧ более 4 мгКОН/г и масло бракуется только по загрязнению,

Таблица 3 – Нормативы параметров моторных масел мобильной техники АПК

Параметры масел	Дизельные		Трансмиссионные			Гидравлические			
	Ном	Доп	Пред	Ном	Доп	Пред	Ном	Доп	Пред
Температура вспышки, °С	>205	>185	>170	По пас-порту	90 %	80 %	По пас-порту	90 %	85 %
Содержание воды, %	Следы	<0,15	<0,3	Следы	<0,3	<0,5	Следы	<0,15	<0,3
Моюще-диспергирующие свойства, балл	0	<3	<6	1-2	3-4	<6	1-2	3-4	<6
Вязкость при 100 °С, % от паспортных значений	По пас-порту	80-120	75-135	По пас-порту	90-130	80-150	По пас-порту	90-110	80-125
Вязкость при 50 °С, % от паспортных значений	-	-	-	По пас-порту	90-130	80-150	По пас-порту	90-110	80-125
Вязкость при 40 °С, % от паспортных значений	-	-	-	-	-	-	По пас-порту	90-110	80-125
Щелочное число, мг/г	>8	>5	3	-	-	-	-	-	-
Оптическая плотность, %	<0,15	<1,5	<2,5-3,0	1-3	1-2	0,5	<0,12	<0,18	<0,25

Примечание. Ном – номинальные значения для свежих масел; Доп – значения, при которых масло допускается в эксплуатацию на очередной межконтрольный период; Пред – браковочные значения при которых масло подлежит замене.

Таблица 4 – Нормативы спектральных параметров масел автотракторной техники

Параметры масел	Нормативные значения параметров масел															
	Моторные						Трансмиссионные						Гидравлические			
	Ном	Доп	Пред	ПШ	Ном	Доп	Пред	ПШ	Ном	Доп	Пред	ПШ	Ном	Доп	Пред	ПШ
Содержание металлов*:																
Fe (200)	3-5	50	65	100	3-5	150	200	500	1-2	10-15	15-20					75
Cr (30)	0,3	3,5	5,5	25	0,5	5-10	25	10	0,5	1	5					10
Al (200)	2	15	25	30	3	5	15	100	2	5	15					50
Si (200)	3-5	20	25	20	3	35	50	40	1-2	5	10					-
Pb (200)	0,5	5	15	40	-	-	-	300	0,5	1	2					20
Cu (200)	-	10-15	20-25	50	-	30	50	300	-	3-5	15					50
Sn (30)	-	1,5	2,0	25	-	1	2	20	-	1	2					10
Ni (30)	-	1,5	1,8	10	-	15	25	20	-	1,2	2					5
Mo** (30)	-	1,5*	2,0*	-	-	5	15	-	-	1	1,5					-

* Пределы измерения установкой МФС-7М.

** Для масел без присадок с молибденом, регулярный (через 25-50 ч) анализ позволяет предупреждать наступление повышенного изнашивания агрегатов, повышать предельные концентрации и тем самым полнее использовать эксплуатационный ресурс машин и оборудования.

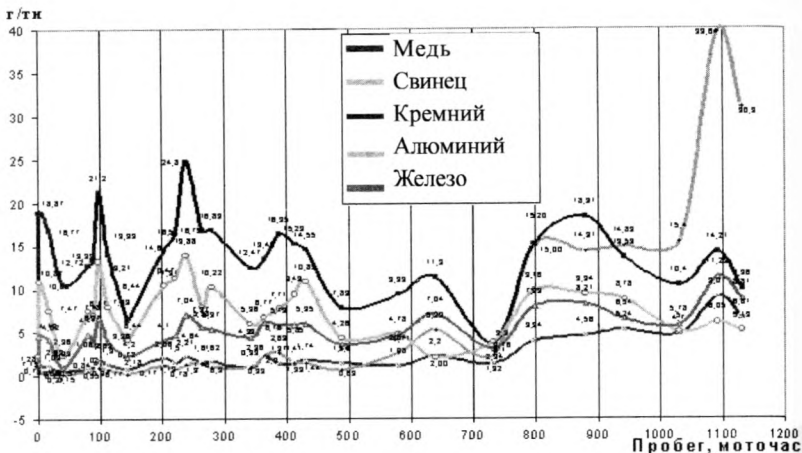


Рисунок 4 – Зависимость концентрации металлов от содержания кремния в масле API CG-4 SAE 15W-40 по наработке дизеля КТА-38С: видно, что концентрация Pb не зависит от концентрации Si и обусловлена только коррозионностью масла и концентрация Cu мала

то рекомендуется отстой масла для другого анализа, а при его нормах – повторное использование в агрегатах, менее требовательных к маслам. Если масло бракуется по повышенному содержанию свинца, рекомендуется смена марки масла.

Учет особенностей работы установок типа МФС-7М, дополнительные нестандартные, но эффективные приемы защиты ДВС от загрязнения, обводнения и другие меры приведены в источнике [1].

Список использованных источников

1. Дунаев, А.В. Исследование диагностических параметров, разработка методов и средств их контроля для совершенствования диагностирования и технического обслуживания МТП АПК / А.В. Дунаев. – М.: ГОСНИТИ, 2015. – 360 с.
2. Григорьев, М.А. Очистка масла в двигателях внутреннего сгорания / М.А. Григорьев. – М.: Машиностроение, 1983. – 246 с.
3. РД 37.001.019-84 Методика диагностирования технического состояния автомобильных двигателей по показателям рабочего масла. – М.: НАМИ, 1984. – 23 с.
4. Чанкин, В.В. Спектральный анализ масел транспортных дизелей / В.В. Чанкин. – М.: Транспорт, 1967. – 232 с.

Поступила 17.03.2015

Д.А. Жданко, В.Я. Тимошенко,
кандидаты технических наук, доценты
Д.И. Сушко, ассистент

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ АГРЕГАТОВ ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ТРАНСМИССИЙ

Аннотация. Рассмотрены вопросы диагностирования агрегатов гидростатической трансмиссии на обкаточно-диагностическом устройстве в условиях ремонтных мастерских хозяйств и отделений «Рай-агросервиса».

В качестве привода ходового аппарата самоходных сельскохозяйственных, дорожных, строительных и других машин все более широкое применение находит гидростатическая трансмиссия. Ее преимущество перед традиционными в прошлом механическими трансмиссиями обусловлено бесступенчатым регулированием и реверсированием скорости движения и силы тяги во всем диапазоне передач, высоким быстродействием и низкой инерционностью и металлоемкостью, возможностью широкой унификации гидравлического оборудования при простой их компоновке на машинах и автоматизации управления при оптимальном режиме работы. Эта система достаточно надежна и долговечна при своевременном и соответствующем ее обслуживании [1].

Однако такие агрегаты гидростатической трансмиссии, как аксиально-плунжерный насос и мотор включают прецизионные детали, что делает их гораздо дороже по сравнению с узлами механической трансмиссии. Детали этих агрегатов чрезвычайно уязвимы при взаимодействии с механическими примесями, что предъявляет высочайшие требования к качеству рабочей жидкости и состоянию фильтра.

Условия работы самоходного зерно- и кормоуборочного комбайна характеризуются повышенной запыленностью, что требует тщательного наблюдения за состоянием фильтра рабочей жидкости. Для этого во всасывающую полость установлен вакуумметр, которого нет ни в одной другой раздельно-агрегатной гидравлической системе машин.

Нарушение требований эксплуатации гидростатической трансмиссии ведет к интенсивному износу ее агрегатов, что вызывает неработоспособность самоходных машин и их остановку.

Существует ряд рекомендаций по диагностированию технического состояния агрегатов гидростатической трансмиссии, которые требуют

торможения самоходной машины [2]. Такое торможение возможно только путем наезда машины на препятствие, что может привести к ее поломке и травмированию обслуживающего персонала.

Необходимость диагностирования гидростатической трансмиссии возникает часто и определяется снижением скорости движения самоходной машины, невозможностью преодолевать уклоны местности и др.

При отказах гидростатической трансмиссии специалисты хозяйств чаще всего сводят ее диагностирование к проверке и очистке клапанов клапанной коробки гидромотора, замене масляного фильтра. Если эти мероприятия не позволили восстановить работоспособность гидростатической трансмиссии, то пару гидромотор и гидронасос отправляют на специализированные ремонтные предприятия для дополнительной объективной диагностики и определения потребности в ремонте.

Поступившие на ремонтное предприятие аксиально-плунжерный насос и мотор, как правило, без входной диагностики разбирают на детали и ремонтируют. Причем эти агрегаты гидростатической трансмиссии, снятые с одной самоходной машины, ремонтируются предприятием не обезличенно и возвращаются хозяйству парой. Аргументируется это тем, что при приемке указанных агрегатов парой после устранения имеющихся неисправностей сохраняется их одинаковый остаточный ресурс. На первый взгляд этот аргумент достаточно обоснованный, так как недоиспользование ресурса несет косвенные убытки предприятию. Вместе с тем полная разборка и инструментальный контроль состояния гидроагрегата без предварительной объективной оценки потребности его в разборочно-сборочных и регулировочных воздействиях стоят достаточно дорого. Эти затраты оплачивают хозяйства.

Исследования, проведенные на ОАО «Гомельский МРЗ», показывают, что в 25–30 % случаев гидронасосы требуют либо очистки с промывкой, либо регулировки золотникового устройства сервомеханизма, а гидромоторы – очистки с промывкой и регулировки клапанов.

Полагаем, что сложившаяся практика отправки в ремонт аксиально-плунжерной пары (гидронасос и гидромотор) без предварительной объективной диагностики в условиях эксплуатации, а также ремонт этой пары на ремонтном предприятии без входного диагностирования является следствием отсутствия в хозяйствах и предприятиях «Райагросервис» приемлемого диагностического стенда. Ремонт их «вслепую» приводит к недоиспользованию ресурса гидроагрегатов и увеличению затрат средств на ремонт.

На ОАО «Гомельский мотороремонтный завод» на участке ремонта агрегатов гидростатической трансмиссии производится их послеремонтная обкатка и определение следующих показателей:

- крутящего момента на валу гидронасоса при номинальном давлении 20,6 МПа;
- крутящего момента на валу гидромотора при номинальном давлении в гидросистеме, Нм;
- частота вращения вала гидромотора и вала гидронасоса при номинальном давлении, мин⁻¹.

При этом регулируются клапаны давления подпитки на давление 0,0245 МПа, переливной (на гидромоторе) – на давление 0,0245 МПа и предохранительный – на давление 36,5 МПа. Регулировка последних, в виду опасности ее проведения на работающем под нагрузкой гидроприводе, производится ступенчато после многократной проверки давления срабатывания и остановки привода. Как правило, требуемое давление срабатывания регулируется за несколько приемов.

Для обкатки используется установка с двумя спаренными электротормозными стендами (каждый весом 2800 кг), требующими для размещения площадь более 30 м².

Установка позволяет обкатать отремонтированные агрегаты и определить их техническое состояние после ремонта и соответствие техническим условиям. Однако габариты и вес установки требуют поиска иных способов и средств диагностирования и обкатки агрегатов объемного гидропривода.

В УО «БГАТУ» на кафедре ЭМТП разработано устройство, позволяющие в условиях хозяйств и предприятий агросервиса проводить объективное безразборное диагностирование аксиально-плунжерных насосов и моторов и при необходимости производить их послеремонтную обкатку (рис. 1) [3].

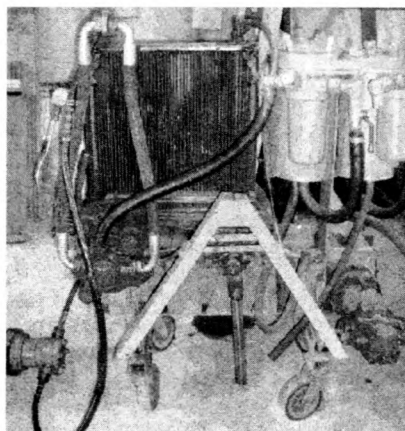


Рисунок 1 – Обкаточно-диагностическое устройство

Работа устройства основана на использовании дросселирования потока жидкости через отверстие постоянного сечения для создания нагрузки на валу гидронасоса и гидромотора. Гидравлическая схема обкаточно-диагностического устройства приведена на рисунке 2. Стенд устроен следующим образом: привод гидронасоса 1 целесообразно осуществлять от ВОМ трактора, так как диагностирование агрегатов гидрообъемной трансмиссии на предприятиях системы «Райагросервис» и в хозяйствах производится эпизодически. Насос 1 – образцовый, с коэффициентом подачи $\eta_0 = 0,96$, по рукавам 12 подает рабочую жидкость в гидромотор 2 и вращает его вал, который через муфту 7 соединен с гидронасосом 3. Рукавами высокого давления 12 нагрузочного насоса 3 соединены его вход и выход через дроссель постоянного сечения 13 и рекуперационный теплообменник 6.

Принцип работы обкаточно-диагностического устройства заключается в том, что при проверке насоса он устанавливается вместо образцового насоса 3. ВОМ трактора вращает вал насоса 1. При вертикальном положении рычага гидрораспределителя аксиально-плунжерного насоса вал мотора 2 вращаться не будет.

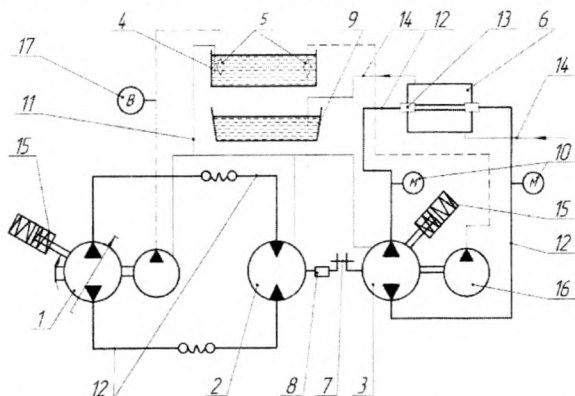


Рисунок 2 – Гидравлическая схема обкаточно-диагностического стенда:

- 1 – эталонный аксиально-плунжерный гидронасос (объемный КПД = 0,96);
- 2 – эталонный аксиально-плунжерный гидромотор (объемный КПД = 0,96);
- 3 – испытываемый аксиально-плунжерный насос; 4 – масляный бак;
- 5 – масляный фильтр; 6 – соединительная муфта; 7 – теплообменник;
- 8 – муфта соединительная вала аксиально-плунжерного гидромотора и гидронасоса; 9 – аккумулятор горячей воды; 10 – манометры; 11 – магистраль отвода масла из корпусов системы; 12 – рукава высокого давления;
- 13 – толстостенная труба высокого давления с дросселем постоянного сечения;
- 14 – рукава подвода водопроводной воды для охлаждения рабочей жидкости и отвода теплой воды в аккумулятор-накопитель; 15 – сервомеханизм поворота наклонной шайбы; 16 – насос подпитки; 17 – вакуумметр

Медленно наклоняя рычаг гидрораспределителя насоса до максимальной подачи, достигаем максимальной частоты вращения вала гидромотора. При этом рычаг гидрораспределителя нагрузочного гидронасоса 3 находится в вертикальном положении, когда его подача равна нулю.

Медленно поворачивая рычаг гидрораспределителя насоса 3, увеличиваем давление до максимального значения. Следим за давлением по показанию манометра 10. При известных значениях площади сечения дросселя и минимально допустимого коэффициента подачи насоса по максимальному давлению в системе делаем заключение о состоянии насоса.

Поскольку аксиально-плунжерный насос с регулируемой подачей, то представляется возможным для загрузки использовать дроссель постоянного сечения. Приблизительную площадь его сечения определим по известной зависимости через расход рабочей жидкости [4]

$$Q = \mu S_0 \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p}, \quad (1)$$

где Q – расход рабочей жидкости через дроссель, м³/с;

μ – коэффициент расхода ($\mu = 0,62$);

S_0 – площадь сечения дросселя, м²;

Δp – разность давлений жидкости до и после дросселя, Па;

ρ – плотность рабочей жидкости, кг/м³.

Преобразуя формулу (1), получим оптимальный диаметр дросселя

$$d_{\text{опт}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{V_{\text{оmax}} n_n \eta_{\text{о.н}}}{\pi \mu \sqrt{\frac{2}{\rho} (p_{\text{ном}} - p_1)}}}, \quad (2)$$

где $V_{\text{оmax}}$ – максимальный рабочий объем V_0 насоса, м³;

n_n – номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя, с-1;

$\eta_{\text{о.н}}$ – объемный КПД насоса;

$p_{\text{ном}}$ – номинальное давление насоса, Па;

p_1 – давление после дросселя (на входе насоса), Па.

Экспериментальными исследованиями получено уравнение для определения давления p_1 после дросселя постоянного сечения в зависимости от давления p_2 перед дросселем (или номинального давления)

$$p_1 = 1,71 - 0,023 p_2. \quad (3)$$

Гидромотор проверяется по частоте вращения его вала при номинальном давлении в системе (20,6 МПа)

$$n_r = \frac{V_{o.n}}{V_{o.g}} \eta_{o.n} \eta_{o.g} n_n, \quad (4)$$

где $V_{o.g}$ – рабочий объем гидромотора. Для гидромотора МП-90 рабочий объем равен 89 см^3 ;

$\eta_{o.g}$ и $\eta_{o.n}$ – объемный КПД гидромотора и насоса соответственно.

Заключение. Анализ экспериментально-теоретических исследований показывает, что применение дроссельного эффекта при диагностировании агрегатов гидростатических трансмиссий с использованием разработанного в УО «БГАТУ» обкаточно-диагностического стенда показывает, что при использовании дросселя постоянного сечения $S = 30,6 \text{ мм}^2$ и максимальных оборотах гидронасоса в системе создается номинальное давление $20,6 \text{ МПа}$ при объемном КПД насоса $0,96$ и $12,3 \text{ МПа}$ при $\eta_{o.n} = 0,75$.

Применение предложенного стенда позволит в 15 раз снизить металлоемкость и необходимую площадь для его размещения в сравнении со стендом КИ-5554.

Список использованных источников

1. Диагностирование гидростатических трансмиссий / В.Я. Тимошенко [и др.] // Агропанорама. – 2009. – № 1. – С. 44–48.
2. Диагностирование тракторов: учеб. пособие / В.И. Присс [и др.]; под ред. В.И. Присса. – Минск: Ураджай, 1993. – С. 209–227.
3. Патент на полезную модель № 2340 ВУ МПК G 01M 15/00. Стенд для диагностирования гидростатических трансмиссий / Тимошенко В.Я. [и др.]; заявитель БГАТУ; заявл. 19.04.2005.
4. Жданко, Д.А. Обоснование параметров дросселя постоянного сечения как нагрузочного элемента электрогидравлического обкаточно-тормозного стенда / Д.А. Жданко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – 2009. – № 43. – С. 139–143.

Поступила 17.03.2015

В.П. Миклуш¹, кандидат технических наук, профессор
А.С. Сайганов², доктор экономических наук, профессор
Л.В. Барташевич³, кандидат технических наук, доцент

¹УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск

²Государственное предприятие «Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси», г. Минск

³ОАО «Минский тракторный завод», г. Минск

ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДИЛЕРСКИХ ТЕХНИЧЕСКИХ ЦЕНТРОВ ТРАКТОРОВ «БЕЛАРУС» ЗАПАСНЫМИ ЧАСТЯМИ

В настоящее время дилерская система технического сервиса является наиболее перспективной формой постоянного поддержания техники в работоспособном состоянии

В Республике Беларусь функционирует 28 дилерских центров по техническому сервису тракторной техники производства ОАО «Минский тракторный завод» (далее – ОАО «МТЗ»). Учитывая жесткие сроки восстановления тракторной техники, особенно в напряженные периоды посевных и уборочных работ, решающее значение имеют оперативность и качество выполнения услуг и работ, связанных с обеспечением их работоспособности. При этом одним из наиболее важных факторов является обеспеченность дилерских технических центров запасными частями как отечественного, так и импортного производства.

Спрос на запасные части неравномерен в одни и те же периоды времени даже на одну и ту же деталь в пределах одного рынка. Колебание спроса на запасные части объясняется влиянием множества факторов: технических, экономических, климатических, сезонных и других, действие которых приходится учитывать.

ОАО «МТЗ» оказывает техническим центрам (далее – ТЦ) оперативную помощь в обеспечении запасными частями, используя разные формы и методы их поставки. Разработана единая для всех ТЦ система приобретения, хранения и расхода запасных частей, которая является дифференцированной, учитывающей наличие гарантии на эксплуатируемую технику, ее мощность и др.

Обеспечение запасными частями к тракторам «Беларус» осуществляется по схеме, изображенной на рисунке 1.

При этом технические центры имеют три типа складов:

1. Склад запасных частей для гарантийных тракторов мощностью до 200 л. с. Запасные части из этого склада ТЦ закупает за собственные

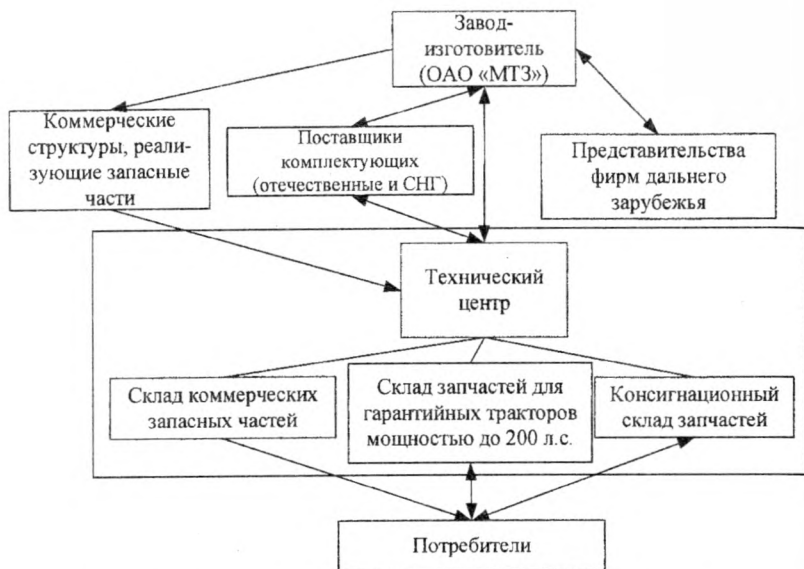


Рисунок 1 – Схема обеспечения запасными частями дилерских технических центров тракторов «Беларус»

средства, в том числе и за счет полученных согласно договору на предпродажную подготовку и техническое обслуживание тракторов «Беларус», заключаемому ежегодно с заводом-изготовителем. Согласно этому договору завод-изготовитель (ОАО «МТЗ») выплачивает техническому центру 5,2 % от стоимости каждого трактора, принятого на гарантийное обслуживание. Расходование запчастей с этого склада разрешается только для восстановления гарантийных тракторов. В случае отсутствия на складе требуемой запчасти ТЦ обязан немедленно направить заявку на завод-изготовитель на приобретение этой запчасти и обеспечить ее оперативное получение. По требованию завода-изготовителя ТЦ обязан направить ему дефектные узлы и детали, снятые с гарантийных тракторов, для проведения технической экспертизы, определения причин отказа и выявления виновной стороны.

Для пополнения склада ТЦ закупает запасные части как у завода-изготовителя, так и непосредственно у заводов-поставщиков комплектующих узлов и деталей. При этом запрещается использовать запасные части, приобретенные у третьих лиц, при отсутствии на них соответствующих сертификатов качества или происхождения.

2. Склад запасных частей для гарантийных тракторов мощностью 300–350 л. с. (консигнационный склад). Этот склад организован на ТЦ

заводом-изготовителем с целью оказания ему помощи в оперативном обеспечении запчастями мощных (энергонасыщенных) тракторов. ОАО «МТЗ» по отдельному договору передает ТЦ комплект запчастей на ответственное хранение (консигнацию). На каждую израсходованную для восстановления мощных тракторов запасную часть составляется рекламационный акт, который вместе с дефектной деталью (узлом) направляется на завод-изготовитель. В случае признания вины завода-изготовителя дефектная деталь (узел) заменяется на годную и передается на консигнационный склад ТЦ.

Технический центр пополняет свой консигнационный склад только через завод-изготовитель, для чего последний имеет отдельный склад гарантийных запасных частей для мощных тракторов.

3. Склад коммерческих запасных частей. Запасные части для этого склада ТЦ приобретает за собственный счет и использует для ремонта негарантийной, а в случае необходимости и гарантийной техники. Кроме того, ТЦ реализует запасные части с этого склада потребителям за наличный и безналичный расчет. Пополнение этого склада ТЦ может производить закупкой запчастей у завода-изготовителя, его поставщиков (в том числе и зарубежных), а также у коммерческих организаций, реализующих запасные части. Всю полноту ответственности за работоспособное состояние техники, восстановленной с помощью сертифицированных запасных частей, несет технический центр.

Оптимальное количество запасных частей на ТЦ рассчитывается с учетом следующих факторов:

- обслуживаемого парка тракторной техники и его остаточного ресурса;

- технически обоснованных норм расхода запасных частей в течение года на одну единицу тракторной техники;

- частоты завоза запасных частей;

- платежеспособности потребителей.

Существует многоуровневая схема поставки запасных частей, предназначенных для хранения: у потребителей; на районном (межрайонном); областном (зональном); региональном (республиканском) уровне.

Технические центры, обслуживающие тракторы «Беларус», работают на межрайонном уровне, имея в зоне обслуживания от 40 до 300 ед. гарантийных тракторов или до 640 ед. общего парка на один район.

Расчет норм расхода запасных частей для тракторной техники направлен на предотвращение издержек, связанных с простоями из-за несвоевременного приобретения запчастей, а также с приобретением и хранением излишнего резерва запчастей.

Нормативный запас рассчитывается по отдельным группам запасных частей, которые могут применяться на ряде марок (моделей) тракторов либо только на одной модели [1].

Нормы расхода запасных частей могут определяться также расчетным и опытно-экспериментальными методами [2]. При этом расчетный метод используется в том случае, когда имеется достаточно объективная и достоверная информация о среднем ресурсе до замены деталей, сборочных единиц. В случае отсутствия информации о среднем ресурсе деталей до замены норма расхода запчастей определяется опытно-экспериментальным методом.

При обслуживании большого парка тракторной техники расчет потребности в запасных частях на планируемый период можно осуществлять относительно фактически израсходованных запасных частей за аналогичный период предшествующего года [1].

Сбор информации о потребности в запасных частях осуществляется на этапе эксплуатации в рамках системы сбора информации о качестве и надежности тракторной техники.

Учету и сбору подлежат данные о всех использованных запасных частях при предпродажной подготовке, техническом обслуживании, плановом освидетельствовании и ремонте, внеплановом ремонте в эксплуатирующих и ремонтных организациях, определении достаточности комплектов ЗИП.

Разработанные и применяемые нормативные методы расчета и распределения запасных деталей были недостаточно эффективны и в условиях плановой экономики.

Анализ существующих методик прогнозирования потребности в запасных частях и их оптимального распределения по уровням системы резервирования показывает, что в условиях рыночной экономики требуется разработка новых методических принципов прогнозирования потребности дилерских технических центров в запасных частях не только в соответствии с техническими факторами, но также с учетом рыночного спроса. Для этого необходима согласованность действий как дилеров, оперативно отслеживающих изменение спроса на рынке, так и завода-изготовителя, учитывающего полученные данные для определения производственной программы по выпуску запасных частей.

При решении задачи оптимального комплектования многоуровневой системы обеспечения запасными частями может быть использована разработанная нами методика, основанная на инженерной теории замкнутых систем массового обслуживания и теории управления запасами [3].

В предлагаемой методике рассматривается система обеспечения хозяйств запасными частями (сборочными единицами), структуру, связей

которой можно представить следующим образом. Имеется парк из N машин, которые при их использовании отказывают, создавая тем самым поток заявок на замену элементов (деталей, сборочных единиц), распределенных между уровнями системы резервирования. Располагая запасом элементов на всех уровнях резервирования, получим многоканальную систему массового обслуживания замкнутого типа с допустимым временем ожидания выполнения заявок на обмен отказавших элементов и пуассоновским входящим потоком. При этом время обслуживания на всех уровнях резервирования подчинено экспоненциальному закону.

Если машина находится в неработоспособном состоянии, требуется выполнить определенный объем работ, связанных с затратами времени на выяснение причин отказа, демонтаж отказавшего элемента, доставку его на уровень, где имеется работоспособный элемент, оформление документов, регулировку и подготовку элемента к работе и монтаж на машину. Чтобы обеспечить минимум затрат на работу системы, необходимо на каждом уровне иметь какое-то оптимальное количество элементов замены.

Работу системы характеризуют следующие параметры:

- вероятность обращения к i -му уровню резервирования;
- вероятность немедленного удовлетворения заявки (P_i), что произойдет при нулевой длине i -й очереди на обслуживание при условии, что обращение к данному уровню произошло;
- число пунктов резервирования на i -м уровне (m_i);
- среднее время обслуживания на i -м уровне ($T_{об_i}$), ч;
- среднее время ожидания в очереди на обслуживание ($T_{ож_i}$), ч;
- среднее время транспортирования элемента на i -й уровень и обратно, ($T_{тр_i}$), ч.;
- средняя наработка элемента на отказ (U), ч.

Общий функционал издержек (Φ) на создание и содержание обменного фонда элементов машин имеет вид

$$\Phi = \Phi_{пр} + \Phi_{тр} + \Phi_{х.а} \Rightarrow \min, \quad (1)$$

где $\Phi_{пр}$, $\Phi_{тр}$, $\Phi_{х.а}$ – затраты, связанные соответственно с простоями машин, их транспортировкой, а также приобретением, хранением и амортизацией резервных элементов, руб.

Общий функционал издержек с учетом входящих в него составляющих может быть представлен в следующем виде:

$$\Phi = \sum_{i=1}^k (T_{mp_i} + \tau_i \alpha_i U) \tilde{P}_i + A_1 \frac{U}{N} \sum_{i=1}^k M_i \Rightarrow \min, \quad (2)$$

где T_{mp_i} – время транспортировки на i -й уровень и обратно, ч;
 τ_i – относительное среднее время ожидания заявки в очереди, равное отношению времени ожидания в очереди на обслуживание ($T_{ож_i}$) к времени обслуживания ($T_{об_i}$);

α_i – приведенная интенсивность потока заявок, равная отношению времени обслуживания ($T_{об_i}$) к наработке элемента на отказ (U): $\alpha_i = T_{об_i} / U$;

N – число машин в зоне обслуживания;

M_i – количество элементов на i -м уровне резервирования;

k_i – количество уровней резервирования;

A_1 – безразмерный параметр, определяемый по формуле

$$A_1 = \frac{E_r C_{эл}}{W_r C_{пр}}, \quad (3)$$

где E_r – коэффициент эффективности капитальных вложений;

W_r – среднегодовая наработка машины, ч;

$C_{эл}$ – стоимость резервного элемента, руб.;

$C_{пр}$ – потери за час простоя машины, руб.

Анализ общего функционала издержек на создание и содержание резервного фонда составных частей машин в многоуровневой системе резервирования и проведенные расчеты позволили сделать вывод о том, что оптимальное распределение может быть получено, если решать задачу по каждому уровню отдельно. Решение основано на предположении, что резервный элемент сосредотачивается на одном из уровней и является функцией переменных A_1 , U , N . Это позволяет существенно упростить методику расчетов и представить функционал (2) в следующем виде:

$$\Phi_{x.o} = \min \left((T_{mp_i} + \tau_i \alpha_i U) + A_1 \frac{U}{N} M_i \right). \quad (4)$$

Количество резервных элементов находят из системы уравнений [3]:

$$\begin{cases} M_i = \frac{\alpha_i N}{1 + \alpha_i} + U P_i \sqrt{\frac{\alpha_i N m_i}{1 + \alpha_i}} \\ \frac{1 - U P_i}{U P_i} = \Psi(P_i) = \tau_i \sqrt{\frac{\alpha_i N}{m_i (1 + \alpha_i)}}, \end{cases} \quad (5)$$

где U_{P_i} – квантиль нормированного нормального распределения при доверительной вероятности P ;

$\Psi(P_i)$ – функция, значения которой при заданных квантилях нормального распределения и вероятности P табулированы [3].

Расчет системы резервирования по приведенной методике производят по схеме

$$T_{ож_i} \Rightarrow \tau_i = \frac{T_{ож_i}}{T_{об_i}} \Rightarrow \Psi(P_i) = U(P_i) \Rightarrow M_i \Rightarrow \Phi_{x.o} \Rightarrow M_{n_i}, \quad (6)$$

где M_{n_i} – норматив потребности в резервных элементах на i -м уровне.

Для обоснования номенклатуры резервных элементов и ее распределения по уровням системы резервирования производят деление составных частей машин фонда на классы применительно к широко используемой в практике управления запасами системе *ABC*.

В соответствии с данной системой резервные элементы делятся на три класса – *A*, *B*, и *C*. К классу *A* относятся наиболее дорогие и массивные элементы, составляющие по номенклатуре незначительное количество (10–15 %), а по затратам средств на создание и содержание – 60–70 % суммарных затрат. Класс *C* составляет наиболее многочисленную по количеству номенклатуру элементов (55–70 %), требующих незначительных затрат средств на содержание (3–10 %). Номенклатура сменных элементов, не вошедших в классы *A* и *C*, составляет класс *B*. В пределах каждого класса выбирают оптимальную стратегию управления запасами в системе резервирования.

На практике применяются две основные системы управления запасами, на которых базируются остальные системы (производные от основных систем):

- с фиксированным размером заказа;
- с фиксированным интервалом времени между заказами.

В первой системе заказ строго фиксирован и не меняется в течение установленного промежутка времени или сезона ее работы.

Определение его величины является основной задачей, которая решается при работе с данной системой. Размер закупки (заказа) должен быть оптимальным, то есть самым лучшим для определенных условий.

В системе с фиксированным интервалом времени между заказами заказы осуществляются в строго определенные моменты времени, которые отстоят друг от друга на равные интервалы. Причем в данной системе размер заказа – величина переменная.

Для системы с фиксированным интервалом времени между заказами отсутствует необходимость постоянного контроля наличия запасов

на складе, так как заказы здесь производятся в соответствии с фиксированным (расчетным) интервалом времени, то есть согласно графику выполнения заказов.

Главная цель определения потребности в запасных частях для дилерских предприятий – правильное формирование ассортимента запасных деталей и своевременное восполнение их запаса в соответствии с запросами непосредственных потребителей.

Для этого дилерским центрам следует систематически изучать спрос (реализованный, неудовлетворенный и формирующийся) в зоне своей деятельности. При этом необходимо:

- выявлять тенденции и оценивать интенсивность развития спроса на запасные части по всей номенклатуре, устанавливать в каждом случае причины его колебаний;

- оценивать степень соответствия ассортимента и качества поставляемых запасных частей спросу потребителей;

- определять объем спроса потребителей по всем номенклатурным позициям запасных частей с учетом возможных изменений конъюнктуры;

- устанавливать причины повышенного или пониженного спроса на запасные части;

- определять возможное влияние на спрос происходящих или намечающихся изменений в экономике и техническом состоянии парка техники.

Для эффективности управления распределением и сбытом необходим анализ всех аспектов деятельности, прогноз сбыта по каждой детали на основе математических методов, что требует широкого информационного обеспечения.

Список использованных источников

1. Технический сервис сельскохозяйственных машин и оборудования. Порядок определения норм расхода и резерва запасных частей. Руководящий документ РД 02260.03.28-2005.

2. Методика нормирования расхода запасных частей к тракторам и сельскохозяйственным машинам. – М.: ГОСНИТИ, 1984. – 104 с.

3. Миклуш, В.П. Организация технического сервиса в агропромышленном комплексе: учеб. пособие / В.П. Миклуш, А.С. Сайганов. – Минск: ИВЦ Минфина, 2014. – 667 с.

Поступила 17.03.2015

В.П. Миклуш, кандидат технических наук, профессор

П.Е. Круглый, кандидат технических наук, доцент

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ПОТРЕБНОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В ЗАПАСНЫХ ЧАСТЯХ, АГРЕГАТАХ И УЗЛАХ ОБМЕННОГО ФОНДА

Аннотация. Для обеспечения надежной работы автомобильных транспортных средств, эксплуатируемых в АПК Республики Беларусь, необходимо иметь резерв составных частей машин, а именно запасных частей, агрегатов и узлов обменного фонда.

Работоспособность автомобильных транспортных средств обеспечивается планово-предупредительной системой технического обслуживания и ремонта, представляющей собой комплекс организационно-технических мероприятий, проводимых в планоном порядке с заданной последовательностью и периодичностью для обеспечения работоспособности и исправности автомобильных транспортных средств в течение всего срока их службы с учетом конкретных условий и режимов эксплуатации [1].

Работоспособное состояние автомобилей обеспечивается производственно-технической службой, которая создается в организации, проводящей техническое обслуживание и ремонт, для своевременного и качественного выполнения указанных работ с соблюдением установленных требований и применением эффективной организации труда обслуживающего персонала.

В соответствии с Техническим кодексом установившейся практики в зависимости от назначения, характера и объема выполняемых работ ремонт автомобилей подразделяется на следующие виды:

- текущий (ТР);
- регламентированный (РР);
- планово-предупредительный ППР);
- капитальный (КР);
- восстановительный (ВР) [1].

При текущем ремонте устраняются отдельные неисправности транспортных средств (ТС), в процессе проведения разборочно-сборочных, регулировочных, слесарно-механических, сварочных, жестяницких и других работ с возможной заменой у агрегата – отдельных изношенных или поврежденных деталей; у автомобиля – отдельных деталей, узлов или агрегатов. Текущий ремонт выполняется по потребности (по заявкам

водителей или при обнаружении неисправности во время проверки на контрольно-техническом пункте (КТП), а также при проведении технических обслуживаний). В состав работ текущего ремонта входят: очистные работы, техническое диагностирование, ремонтные работы, контроль технического состояния и правильности регулировки узлов и систем транспортных средств.

С целью сокращения простоя автомобилей в неисправном состоянии текущий ремонт осуществляется преимущественно агрегатно-узловым методом, при котором производится обезличенная замена неисправных агрегатов и узлов на исправные.

Регламентированный ремонт автомобильных транспортных средств проводится в специализированных организациях. Регламентированный ремонт включает обязательную замену деталей и узлов, выработавших свой ресурс или утративших работоспособность, влияющих на безопасность движения и перевозку пассажиров. Он выполняется на пробеге не более $2/3$ нормативного ресурса, но не реже одного раза в 6 лет. Перечни узлов и деталей транспортных средств, техническое состояние которых влияет на безопасность движения, приведены в таблице 1.

Допускается применение планово-предупредительного ремонта транспортных средств, осуществляющих регулярные перевозки пассажиров на городских и пригородных маршрутах. Планово-предупредительный ремонт проводится в плановом порядке для обеспечения работоспособности и исправности автобусов в течение всего срока их службы. Он проводится с периодичностью 80 тыс. км, начиная с пробега 160 тыс. км с начала эксплуатации.

Капитальный ремонт технических средств не является обязательным техническим воздействием в системе технического обслуживания и ремонта. При достижении 100 % нормативного ресурса по пробегу производится списание либо капитальный ремонт технического средства. Капитальный ремонт технических средств и их агрегатов проводится в специализированных ремонтных организациях.

Восстановительный ремонт технических средств проводится в специализированных ремонтных организациях с восстановлением деталей и сборочных единиц, включая базовые (табл. 2). Восстановительный ремонт агрегатов проводится специализированными ремонтными или другими организациями при наличии необходимых условий, требуемых технической документацией. Ресурс транспортных средств, прошедших восстановительный ремонт, должен быть не менее 80 % ресурса, предусмотренного для капитально отремонтированных транспортных средств.

В соответствии с ТКП 248-2010 ремонт автомобильных транспортных средств предусматривает и организацию материально-технического

Таблица 1 – Составные части транспортных средств, техническое состояние которых влияет на безопасность движения, топливную экономичность и состояние окружающей среды

Составные части ТС (возможные виды нарушений технического состояния)	БД	ТЭ	ОС
Двигатель			
Головка блока (нагар в камерах сгорания)	–	+	–
Термостат, жалюзи, шторка радиатора системы охлаждения (нарушения теплового режима)	–	+	+
Топливный бак, карбюратор, карбюратор-смеситель, форсунка (негерметичность, износ, засорение, нарушение регулировки)	+	+	+
Топливный насос, газовый редуктор (негерметичность, нарушение регулировки, износ)	+	+	+
Система выпуска газа (повышенный уровень шума)	–	–	+
Сцепление			
Ведущий и ведомый диски (пробуксовка)	+	+	+
Усилитель привода выключения сцепления (негерметичность, нарушение регулировки)	+	+	+
Коробка передач			
Подшипники, шестерни (износ)	–	–	+
Соединения, уплотнения (негерметичность)	+	–	+
Механизм переключения передач (затруднительное переключение)	+	+	+
Карданная передача			
Шарниры, фланцы, промежуточные опоры (ослабление крепления, износ подшипников)	+	–	+
Задний мост			
Соединения, уплотнения (негерметичность)	+	–	+
Подшипники, шестерни (износ, нарушение регулировки)	–	+	+
Передняя ось и рулевое управление			
Рулевой механизм (нарушение регулировки, ослабление крепления)	+	–	–
Гидроусилитель рулевого управления (негерметичность, нарушение регулировки)	+	–	+
Колеса (нарушение регулировки)	+	+	–
Подшипники ступиц (нарушение регулировки, ослабление крепления)	+	+	–
Рулевые тяги (ослабление крепления)	+	–	+
Тормозная система			
Компрессор (несоответствие давления воздуха)	+	+	+
Узлы и трубопроводы (негерметичность, нарушение работоспособности)	+	+	+

Составные части ТС (возможные виды нарушений технического состояния)	БД	ТЭ	ОС
Тормозные барабаны и накладки колодок (несоответствие зазора)	+	+	-
Тормозная педаль (несоответствие свободного и рабочего хода)	+	-	-
Тормозные камеры и цилиндры (негерметичность, нарушение регулировки)	+	+	+
Рама, подвеска, колеса			
Рама, узлы и детали буксирного и опорно-сцепного устройств (износ)	+	-	-
Детали подвески (негерметичность, ослабление крепления, разрушение деталей)	+	+	+
Шины (износ, несоответствие давления)	+	+	-
Кабина, кузов, платформа			
Стекла окон, петли и замки дверей, зеркала, ремни безопасности, подголовники (ослабление крепления и другие неисправности)	+	-	-
Крылья, подножки, брызговики (трещины, ослабление крепления, коррозионное разрушение)	+	-	-
Электрооборудование			
Провода (замыкание на корпус)	+	-	-
Приборы освещения и сигнализации (нарушение работоспособности)	+	+	-
Стеклоочистители и стеклоомыватели (нарушение работоспособности)	+	+	-

Примечание. БД – безопасность движения, ТЭ – топливная экономичность, ОС – окружающая среда.

обеспечения работ необходимыми запасными частями (резервными составными частями) [1].

Обеспечение потребности транспортных средств в резервных составных частях рассматривается с позиции теории массового обслуживания как системы с ограниченным входящим потоком требований с ожиданием [2, 3, 4]. В данном случае обслуживающие аппараты – резервные составные части (агрегаты, узлы, детали). Каждая составная часть обслуживает одновременно одно требование. Если в момент поступления в систему требования (отказавшего автомобиля) имеется хоть один запасной агрегат (узел, деталь), немедленно начинается обслуживание. Оно продолжается до тех пор, пока на склад дилерского центра вместо выданной исправной составной части не поступит новая или отремонтированная. Таким образом, под временем обслуживания здесь понимается время оборота составной части (от момента выдачи со склада до момента поступления вместо нее новой или отремонтированной).

Таблица 2 – Перечень агрегатов транспортных средств,
их базовых и основных деталей

Агрегаты	Базовые детали	Основные детали
Двигатель с картером сцепления в сборе	Блок цилиндров	Головка цилиндров, коленчатый вал, маховик, распределительный вал, картер сцепления
Коробка передач	Картер коробки передач	Крышка картера верхняя, удлинитель коробки передач, первичный, вторичный и промежуточные валы
Гидромеханическая передача	Картер механического редуктора	Корпус двойного фрикциона, первичный, вторичный и промежуточные валы, турбинное и насосное колеса, реактор
Карданная передача	Труба карданного вала	Фланец-вилка, вилка скользящая
Ведущие мосты	Картер заднего или среднего моста	Кожух полуоси, картер редуктора, стакан подшипников, чашки дифференциала, ступица колеса, тормозной барабан или диск, водило колесного редуктора
Подвеска	Вал стабилизатора поперечной устойчивости, штанга реактивная, балансир, рессора, рычаги подвески	Ось балансира, кронштейн балансира, рычаг вала стабилизатора, пружина цилиндрическая
Передний мост	Балка переднего моста или поперечина при независимой подвеске	Поворотная цапфа, ступица колеса, шкворень, тормозной барабан или диск
Рулевое управление	Картер рулевого механизма, картер золотника гидроусилителя, корпус насоса гидроусилителя, корпус силового цилиндра	Вал сошки, червяк, рейка-поршень, винт шариковой гайки, крышка корпуса насоса гидроусилителя
Кабина грузового и кузов легкового автомобиля и автобуса	Каркас кабины или кузова, каркас основания	Дверь, крыло, облицовка радиатора, капот, крышка багажника, кожух пола, шпангоуты
Грузовая платформа	Основание платформы	Поперечины, балки
Рама	Лонжероны	Поперечины, кронштейны
Подъемник платформы автомобиля-самосвала	Корпус подъемника, картер коробки отбора мощности	Корпус насоса коробки отбора мощности

Экспериментальные исследования показали, что время обслуживания распределено экспоненциально. Поток требований, поступающих в систему, есть поток отказов i -х составных частей, требующих их замены, с параметром λ_i .

Среднее число отказавших автомобилей, ожидающих замены составных частей при их отсутствии, определяется по зависимости

$$m_i = \frac{\sum_{k=n+1}^m \frac{(k-n)m! \alpha^k}{n^{k-n} n! (m-k)!}}{\sum_{k=0}^m \frac{m! \alpha^k}{k! (m-k)!} + \sum_{k=n+1}^m \frac{m! \alpha^k}{n^{k-n} n! (m-k)!}}, \quad (1)$$

где $\alpha = \frac{\lambda_i}{v_i}$, $v_i = \frac{l}{t_{io}}$, t_{io} – время от момента выдачи i -го агрегата со склада до момента поступления вместо него нового или отремонтированного.

Среднее количество составных частей на складе определяется следующим образом:

$$m_3 = \frac{\sum_{k=0}^n \frac{(k-n)m! \alpha^k}{k! (m-k)!}}{\sum_{k=0}^n \frac{m! \alpha^k}{k! (m-k)!} + \sum_{k=n+1}^m \frac{m! \alpha^k}{n^{k-n} n! (m-k)!}}. \quad (2)$$

Учитывая выражение (1), коэффициент простоя автомобиля из-за отсутствия резервных составных частей выразится

$$k_{np.маш} = \frac{\frac{(m-l)!}{n!} \sum_{k=n+1}^m \frac{(k-n)m! \alpha^k}{n^{k-n} n! (m-k)!}}{\sum_{k=0}^n \frac{m! \alpha^k}{k! (m-k)!} + \sum_{k=n+1}^m \frac{m! \alpha^k}{n^{k-n} n! (m-k)!}}. \quad (3)$$

Из зависимости (2) получаем коэффициент простоя резервной составной части

$$k_{np.зп.ч} = \frac{\sum_{k=0}^n \frac{m! \alpha^k}{k! (m-k)!} - \frac{l}{n} \sum_{k=0}^{n-1} \frac{m! \alpha^k}{(k-l)! (m-k)!}}{\sum_{k=0}^n \frac{m! \alpha^k}{k! (m-k)!} + \sum_{k=n+1}^m \frac{m! \alpha^k}{n^{k-n} n! (m-k)!}}. \quad (4)$$

Таким образом, учитывая вышесказанное, функционал оптимизации резерва составных частей с учетом ущерба от простоя автомобилей из-за отсутствия запасных частей, а также издержек от хранения запаса, отнесенных к одному автомобилю, имеет вид

$$\gamma_a(m, n_1) = \frac{C_m(1 + y_o) \frac{(m-1)!}{n_1!} \sum_{k=n_1+1}^m \frac{(k-n_1)\alpha^k}{n_1^{k-n_1}(n_1-k)!} + C_a \sum_{k=0}^{n_1} \frac{(n_1-k)(m-1)!\alpha^k}{k!(m-k)!}}{\sum_{k=0}^{n_1} \frac{m!\alpha^k}{k!(m-k)!} + \sum_{k=n_1+1}^m \frac{m!\alpha^k}{n_1^{k-n_1}n_1!(m-k)!}}, \quad (5)$$

где C_m – ущерб от простоя автомобиля и водителя;

y_o – коэффициент, учитывающий потери от простоя сопряженных средств механизации в долях от стоимости простоя автомобилей;

m – парк автомобилей;

n_1 – количество запасных составных частей;

C_a – стоимость хранения одной составной части на складе, отнесенная к одному часу работы автомобиля.

Результаты оптимизации резерва составных частей для автомобильных транспортных средств проиллюстрированы на примере некоторых агрегатов и запасных частей. Так, на 100 автомобилей необходимо иметь в резерве 4 двигателя, 4 коробки передач в сборе, 2 моста задних в сборе, 3 сцепления в сборе, 3 вала карданных в сборе, 3 гидроусилителя (пневмоусилителя) рулевого механизма, 3 тяги рулевые, 3 оси передние.

Необходимо отметить, что отношение оптимального резерва агрегатов к величине парка автомобилей с увеличением последнего уменьшается. С возрастанием числа автомобилей в парке удельные затраты $\gamma_a(m, n_1)$ также снижаются.

Заключение. Приведена методика оптимизации резерва составных частей для автомобильных транспортных средств. Результаты оптимизации резерва составных частей проиллюстрированы на примере некоторых агрегатов автомобиля.

Список использованных источников

1. Техническое обслуживание и ремонт автомобильных транспортных средств. Нормы и правила поведения: ТКП 248-2010 (02190). – Минск: М-во транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь, 2010. – 46 с.

2. Миклуш, В.П. Организация технического сервиса в агропромышленном комплексе: учеб. пособие / В.П. Миклуш, А.С. Сайганов. – Минск: ИВЦ Минфина, 2014. – 607 с.

3. Венцель, Е.С. Задачи и упражнения по теории вероятностей: учеб. пособие для вузов / Е.С. Венцель, Л.А. Овчаров. – М.: Высш. шк., 2002. – 448 с.

4. Прабху, Н. Методы теории массового обслуживания и управления запасами / Н. Прабху; пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1989. – 297 с.

Поступила 13.04.2015

А.В. Ключков¹, доктор технических наук, профессор

В.В. Гусаров¹, инженер

А.Н. Рыхлицкий², инженер

¹УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», г. Горки

²Управление сельского хозяйства Гродненского райисполкома, г. Гродно

СТОИМОСТЬ РЕМОНТА И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ В ХОЗЯЙСТВАХ ГРОДНЕНСКОГО РАЙОНА

Аннотация. В статье приведены результаты анализа затрат на ремонт и техническое обслуживание зерноуборочных комбайнов в хозяйствах Гродненского района в 2014 г.

В хозяйствах Гродненского района урожаи зерна приблизились к европейским и составили в среднем 6,95 т/га. Представляют интерес данные о затратах на ремонт и техническое обслуживание (ТО) различных моделей зерноуборочных комбайнов в условиях интенсивного использования. Затраты на ремонт и ТО зерноуборочных комбайнов зависят от многих объективных и субъективных факторов: модель комбайна, срок его работы, условия уборки, квалификация комбайнера и др.

Наличие в Гродненском районе различных моделей комбайнов и достаточно большое их количество (183 шт.), а также достаточно высокая организация всех уборочных работ позволяют сравнить затраты на ремонт и ТО. Всего в хозяйствах района использовалась 21 модель зерноуборочных комбайнов различных производителей (табл. 1).

Среди них основной удельный вес (36 %) занимали машины ПО «Гомсельмаш» моделей «ПАЛЕССЕ GS 12» и «ПАЛЕССЕ GS 10». Комбайны фирм CLAAS и JOHN DEERE составляли соответственно 30 и 23 %. По этим группам комбайнов и проводились основные сравнения. В среднем по всем 16 хозяйствам района затраты на ремонт комбайнов составили 4370 евро/комбайн и изменялись в значительных пределах от 474 до 9739 евро/комбайн (рис. 1).

Эти результаты могут помочь в среднем планировании затрат на ремонт комбайнов, но не раскрывают их зависимости от моделей комбайнов. Поэтому были выбраны данные по затратам на ремонт по тем хозяйствам, в которых использовались соответствующие модели комбайнов.

Таблица 1 – Наличие и основные результаты работы зерноуборочных комбайнов в 2014 г. в хозяйствах Гродненского района

Марка комбайна	Работало комбайнов – всего, шт.	Намолочено – всего, т	Убрано, га
Lexion-770	1	4043	488
Lexion-760	1	2500	343
John-Deere-9880 STS	3	7152	812
Lexion-560	6	12047	1932
Lexion-580	22	43539	6099
CF-80	1	1933	235
Lexion-480	11	19751	2623
John-Deere-9660 WTS	6	10510	1572
John-Deere-9640 STS	13	21479	2961
Mega-360	1	1626	194
John-Deere-2266	3	4797	583
John-Deere-9680 WTS	2	3128	597
TUKANO-430	1	1436	161
John-Deere-9780 CTS	4	5636	611
Mega-218	1	1240	154
John-Deere-2264	10	12054	1662
КЗС-1218	49	57212	8711
Mega-208	11	12545	1755
Лида-1600	11	9400	1465
КЗС-10К	16	12732	2156
Лида-1300	10	6719	1087
ВСЕГО	183	251479	36201

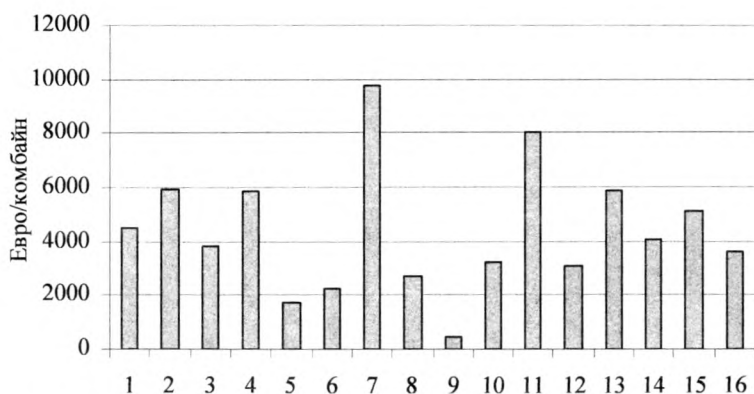


Рисунок 1 – Средние затраты на ремонт комбайнов по 16 хозяйствам Гродненского района

В 11 хозяйствах района применялись комбайны моделей «ПАЛЕС-CE GS 12» и «ПАЛЕССЕ GS 10». На их ремонт в течение сезона было затрачено в среднем 2774 евро/комбайн с минимумом в 190 и максимумом в 9525 евро/комбайн (рис. 2).

Коэффициент вариации данного показателя в 108 % говорит о том, что для данного типа комбайнов в пределах относительно небольших средних затрат на ремонт существует значительная зависимость от конкретной модели.

В 6 хозяйствах использовалось 15 зерноуборочных комбайнов ПО «Лидагромаш» моделей «Лида-1300/1600», которые являются прототипами комбайнов CASE 525/527». Средние затраты на ремонт этих машин составили 1715 евро/комбайн с минимальным значением 543 и максимальным 5913 евро/комбайн (рис. 3).

В 10 хозяйствах района успешно применялись комбайны «Lexion» фирмы CLAAS (рис. 4). С 2014 г. использовалась и новейшая модель «Lexion-770». По этой группе комбайнов средние затраты на ремонт составили 6326 евро/комбайн с изменениями от 1987 до 11806 евро/комбайн (коэффициент вариации – 44,5 %).

В 7 хозяйствах Гродненского района продолжают использоваться зерноуборочные комбайны серии «MEGA» фирмы CLAAS. Для ремонта этих комбайнов потребовалось в среднем 4066 евро/комбайн, а изменения по отдельным хозяйствам составили 1571–6694 евро/комбайн при коэффициенте вариации 63 % (рис. 5).

В 9 хозяйствах района использовались комбайны фирмы John Deere. Средние затраты на их ремонт составили 6946 евро/комбайн при

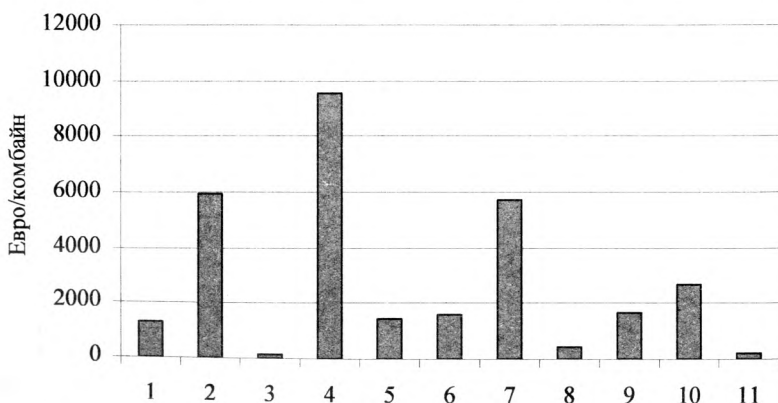


Рисунок 2 – Затраты на ремонт комбайнов типа «ПАЛЕССЕ GS» по 11 хозяйствам Гродненского района

колебаниях в пределах 3 267–11 700 евро/комбайн с коэффициентом вариации 52 % (рис. 6). Комбайны фирмы John Deere потребовали наибольшего вложения средств на ремонт. Затраты на техническое обслуживание комбайнов были подсчитаны в отдельных хозяйствах, имевших также комбайны «Лиды-1300/1600» типа CASE 525/527. В учебно-опытном СПК «Путришки» средние затраты на ТО составили 181 евро/комбайн с меньшими для комбайнов John Deere и несколько большими для комбайнов «Lexion» (рис. 7).

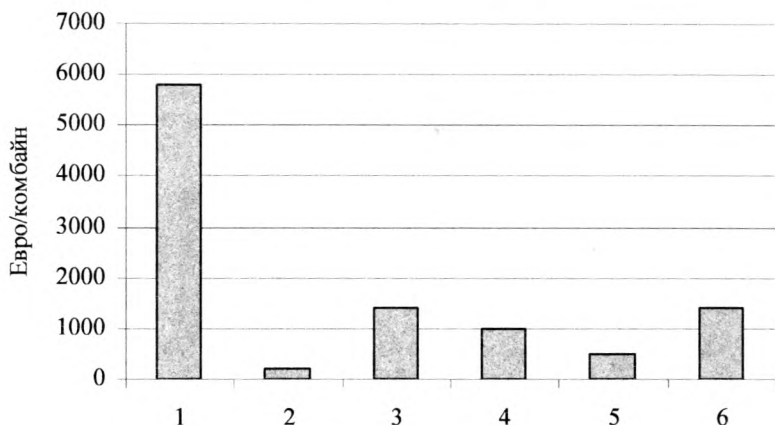


Рисунок 3 – Затраты на ремонт комбайнов типа «Лиды-1300/1600-CASE 525/527» по 6 хозяйствам Гродненского района

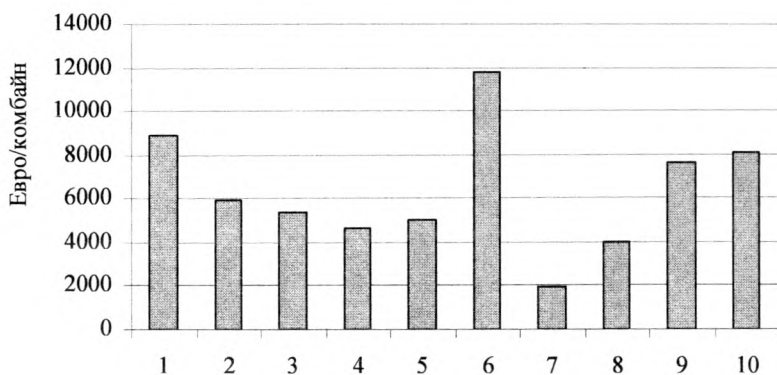


Рисунок 4 – Затраты на ремонт комбайнов «CLAAS» по 10 хозяйствам Гродненского района

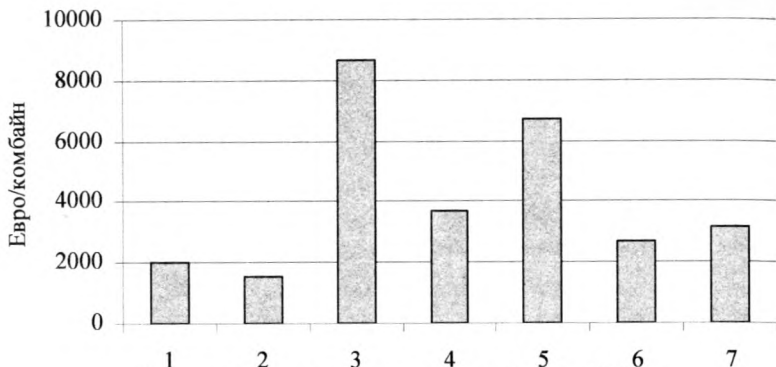


Рисунок 5 – Затраты на ремонт комбайнов «MEGA» по 7 хозяйствам Гродненского района

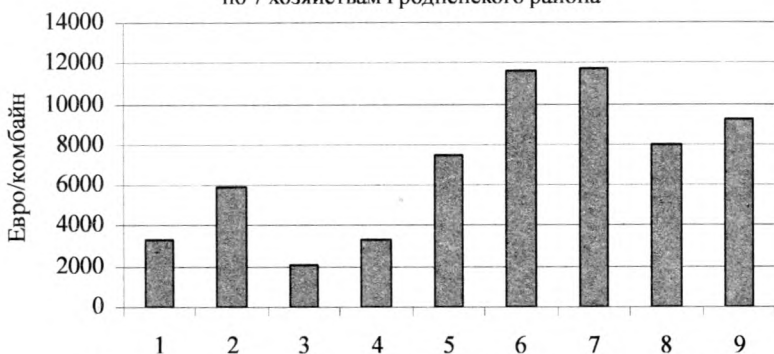


Рисунок 6 – Затраты на ремонт комбайнов фирмы «John Deere» по 9 хозяйствам Гродненского района

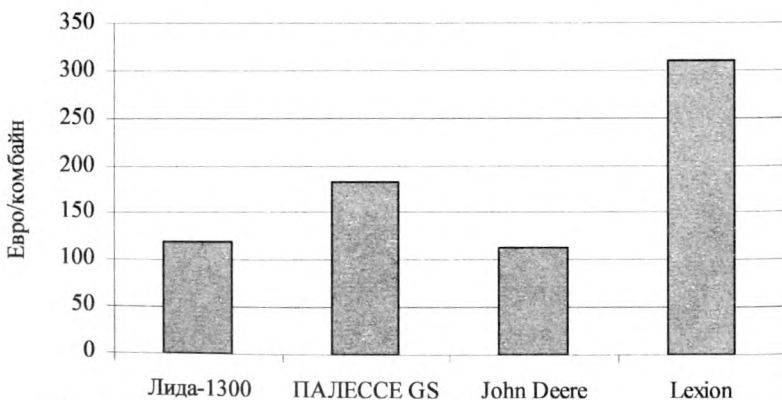


Рисунок 7 – Затраты на техническое обслуживание зерноуборочных комбайнов в учебно-опытном СПК «Путришки»

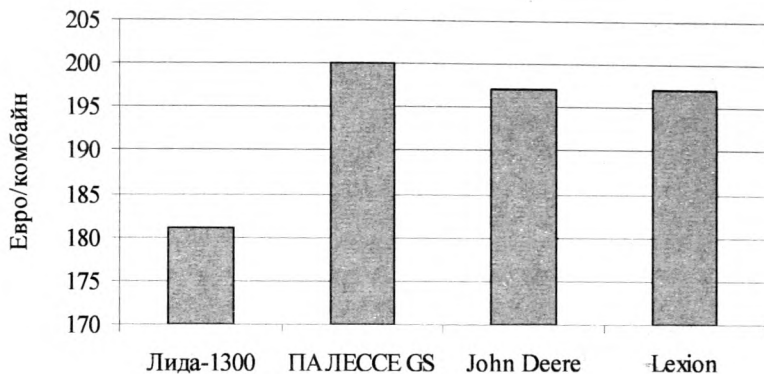


Рисунок 8 – Затраты на техническое обслуживание комбайнов в СПК «Коптевка»

В СПК «Коптевка» при средних затратах 194 евро/комбайн несколько меньшие расходы на техническое обслуживание потребовали комбайны «Лида» (рис. 8).

В целом затраты на техническое обслуживание комбайнов значительно меньше затрат на ремонт.

Заключение. Затраты на ремонт зерноуборочных комбайнов в среднем составляют 1715–6946 евро/комбайн и различаются по моделям комбайнов и хозяйствам. В условиях достаточно высоких урожаев и значительной нагрузки на комбайны затраты на ремонт импортных комбайнов с учетом налогов на поставляемые запасные части в 1,5–2,5 раза выше, чем требуется для комбайнов собственного производства. Затраты на ТО находятся в средних пределах 181–194 евро/комбайн и отличаются не столь существенно.

Поступила 04.05.2015

В.М. Капцевич¹, доктор технических наук, профессор

П.С. Чугаев¹, старший преподаватель

Д.М. Булыга², заведующий кафедрой

И.В. Закревский¹, В.К. Корнеева¹, старшие преподаватели

¹УО «Белорусский государственный аграрный
технический университет», г. Минск

²Государственное учреждение образования «Институт
переподготовки и повышения квалификации» МЧС Республики
Беларусь, пос. Светлая Роцца, Борисовский район, Минская область

МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОГНЕПРЕГРАЖДАЮЩЕЙ И ИСКРОГАСЯЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ИСКРОГАСИТЕЛЯ

Аннотация. В статье рассмотрены требования, предъявляемые к искрогасителям, и методики проведения исследования для определения основных характеристик искрогасителей, таких как пламе- и искрогасящая способность.

Анализ пожаров, возникающих в процессе эксплуатации сельскохозяйственной техники показывает, что создание чрезвычайных ситуаций начинается с образования искр, выбрасываемых с выхлопными газами двигателей внутреннего сгорания [1]. Искры представляют собой горящие частицы, движущиеся в газовом потоке.

Согласно нормативно-правовым актам, действующим в Республике Беларусь, на системах выпуска отработанных газов двигателей самоходных шасси, косилок, тракторов, автомобилей, комбайнов должны быть установлены искрогасители [2]. Их отсутствие или неисправность приводит к серьезным и чрезвычайным последствиям, связанным с пожарами на полях во время уборки зерновых культур, заготовке грубых кормов, так как солома и ворох представляют собой легковоспламеняющуюся массу.

Искрогасители, устанавливаемые на выхлопные системы и обеспечивающие улавливание и тушение искр и продуктов сгорания, образующихся при работе двигателя, подразделяют на динамические и фильтрационные [3, 4]. В свою очередь, фильтрационные искрогасители, в которых выхлопные газы очищаются при прохождении через пористые перегородки, по типу пламегасящего элемента подразделяются на сетчатые и состоящие из гранулированного материала.

Для обеспечения эффективной и надежной работы к искрогасителям предъявляется ряд требований:

1. Они должны обладать пламегасящей и искрогасящей способностью. При работе искрогасителя необходимо, чтобы происходило уменьшение

скорости движения искр, их оседание на искроулавливающем материале или на корпусе искрогасителя. Кроме твердых горящих частиц искрогаситель должен обеспечивать тушение движущихся с газовым потоком горящих жидких частиц (остатков несгоревшего топлива и масла).

2. Искрогасители должны обеспечивать минимальный перепад давления в системе выпуска. При увеличении сопротивления движению потокам выхлопных газов происходит неполное очищение цилиндров двигателя от продуктов сгорания топлива, что, в свою очередь, приводит к падению мощности двигателя и увеличенному расходу топлива.

3. Искрогаситель должен обладать надежной конструкцией, что подразумевает его способность на протяжении длительного времени сохранять свои свойства в условиях вибрации, значительных перепадов температур и динамического воздействия газового потока.

В статье представлены методики проведения исследований искрогасителей, которые должны отвечать приведенным выше требованиям.

Испытания искрогасителей можно разделить на два типа: статические и динамические. При статических испытаниях проверяется правильность расчета конструкции устройства, а при динамических – определяется эффективность устройства.

Методика исследования пламегасящей способности. Для определения способности искрогасителя предотвращать зажигание используют испытательный стенд, представленный на рисунке 1 [3, 4].

Стенд состоит из двух цилиндрических камер (сгорания и контрольной). Камера сгорания снабжена штуцерами для подачи горючей газопаровоздушной смеси, размещения датчика давления, источника зажигания и имеет диаметр не менее 50 мм. Отношение длины камеры к ее диаметру должно быть не менее 30. Контрольная камера должна быть снабжена штуцером для размещения датчика давления. Необходимо, чтобы вместимость контрольной камеры превышала вместимость камеры сгорания не менее чем в 5 раз. Система устройств, обеспечивающих получение газопаровоздушной смеси, включает: смесительную камеру, испаритель, емкость с легковоспламеняющейся жидкостью, горючей жидкостью или горючим газом, воздушный компрессор, трубопроводы с вентилями.

Смесительная камера должна иметь вместимость, обеспечивающую заполнение камеры сгорания и контрольной камеры требуемой газопаровоздушной смесью при заданных для испытаний значениях давления и температуры.

В качестве источника зажигания используется проволока из нихрома диаметром 0,3 мм и длиной от 2 до 4 мм, пережигаемую электрическим током при подаче напряжения (40 ± 5) В.

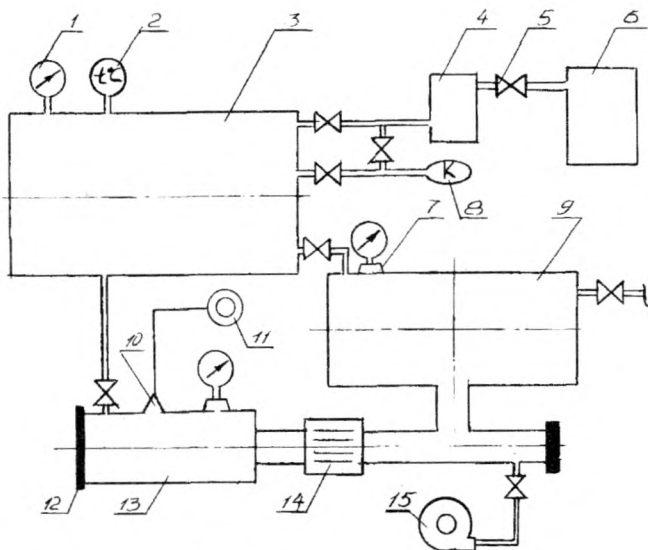


Рисунок 1 – Схема испытательного стенда для определения способности огнепреградителя локализовывать пламя и способности искрогасителя предотвращать зажигание:

- 1 – прибор регистрации давления; 2 – индикатор температуры; 3 – смесительная камера; 4 – испаритель; 5 – вентиль; 6 – емкость с ЛВЖ, ГЖ, ГГ;
- 7 – преобразователь давления; 8 – компрессор; 9 – контрольная камера;
- 10 – источник зажигания; 11 – источник электропитания;
- 12 – предохранительный клапан; 13 – камера сгорания;
- 14 – огнепреградитель; 15 – вакуумный насос

Стенд работает следующим образом. Огнепреградитель устанавливают и закрепляют на стенде таким образом, чтобы обеспечить герметичность испытываемого изделия и огневых камер. Проводят вакуумирование камер испытательного стенда до остаточного давления не более 5 кПа и подачу газопаровоздушной смеси из смесителя в камеру сгорания до требуемого давления. Газовую смесь выдерживают в камере сгорания в течение не менее 5 мин. Запускают устройства для измерения и регистрации давления во времени и включают источник зажигания в камере сгорания. Критерием воспламенения газопаровоздушной смеси в контрольной камере считают повышение в ней избыточного давления не менее чем в 2 раза по сравнению с первоначальным.

Способность искрогасителя к предотвращению зажигания, а также огнепреградителя к локализации пламени при его функционировании в атмосферных условиях допускается определять без контрольной

камеры сгорания. Процесс проскока пламени (искры) через пламегасящий элемент огнепреградителя (искрогасителя) фиксируют визуально по воспламенению бензина, используемого в качестве индикатора. Бензин наливают в поддон, который располагают непосредственно на выходе огнепреградителя (искрогасителя) у пламегасящего элемента.

Результаты испытаний считаются положительными, если в трех последовательных испытаниях не зафиксировано воспламенения газопаровоздушной смеси.

Методика исследования искрогасящей способности. Эффективность работы искрогасителя оценивают методами обнаружения вылета искр из выпускной системы двигателя внутреннего сгорания при имитации процесса образования искр [5].

Для проведения испытаний с целью оценки эффективности искрогашения используют: приспособление для создания и введения искр; бурый уголь марки Б2 типа В1 по ГОСТ 25543 – 300 г; сита лабораторные с диаметром 2,5 и 3,0 мм по ТУ 23.2.2067 и ТУ 23.2.2068; фотоаппарат со штативом; алюминиевую фольгу; газосварочный аппарат или паяльную лампу.

Испытания проводят в темное время суток на открытом воздухе. Перед испытанием к стенке выпускной трубы между выпускным коллектором и испытуемым искрогасящим устройством (искрогаситель, глушитель) приваривают переходной патрубком (рис. 2). Ось патрубка располагают горизонтально или с небольшим наклоном вниз. После этого стенку внутренней трубы рассверливают по диаметру, равному внутреннему диаметру патрубка.

Порцию измельченного бурого угля просеивают через сита с отверстиями диаметром 2,5 и 3,0 мм.

Из массы просеянных частиц готовят не менее пяти проб — по 600 частиц угля в каждой пробе.

Пробу угля засыпают в цилиндр приспособления, с обеих сторон закрывают кружками из алюминиевой фольги и устанавливают на резьбовую часть переходного патрубка.

Фотоаппарат устанавливают на штатив таким образом, чтобы в кадр попадал срез выхлопной трубы или все отверстия для выхода газов из искрогасителя.

С целью исключения повторной регистрации вылетающих искр из выпускной трубы, направленной вертикально вверх, на нее следует насадить колено такого же диаметра с наклоном не менее 30° (рис. 3).

Запускают двигатель и прогревают его до рабочей температуры охлаждающей жидкости.

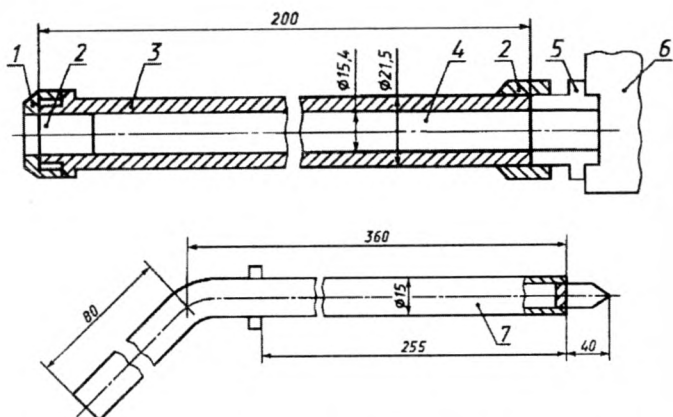


Рисунок 2 – Приспособление для создания и введения искр
в выхлопную систему двигателя:

1 – гайка накидная; 2 – фольга; 3 – цилиндр; 4 – искрообразующий материал;
5 – переходный патрубок; 6 – газовыхлопная система машины; 7 – поршень
приспособления

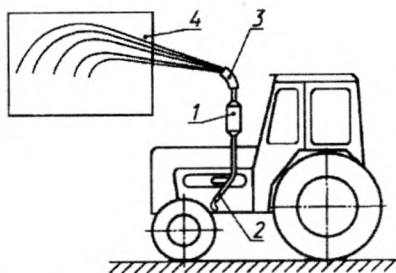


Рисунок 3 – Схема установки для оценки эффективности работы
искрогасителя:

1 – искрогасящее устройство; 2 – устройство для ввода искр;
3 – колено трубы; 4 – фотографируемый участок

Сварочной горелкой или паяльной лампой разогревают цилиндр, заполненный бурым углем, до красно-вишневого свечения металла, что соответствует температуре 600–650 °С.

После нагрева цилиндра приспособления двигатель трактора переводят на максимальное число оборотов. Поршень приспособления вставляют в цилиндр так, чтобы нож поршня прорезал алюминиевую фольгу с внешнего торца. Передвигают поршень по цилиндру с такой скоростью, чтобы в течение 4–5 с весь искрообразующий материал попал в выпускную систему двигателя.

Одновременно с началом движения поршня открывают затвор фотоаппарата.

Подсчитывают число искровых дорожек на фотографиях, определяя тем самым число искр, вылетевших из выпускной системы.

Эффективность гашения искр выпускной системой двигателя (η) определяют по формуле

$$\eta = \frac{n_0 - n}{n_0},$$

где n_0 – исходное число искр (600);

n – число искр, вылетевших из выпускной трубы.

За показатель эффективности искрогашения принимают среднеарифметическое результатов пяти измерений. При $\eta = 1$ достигается полное гашение искр, и выпускную систему считают безопасной. Если $0,95 < \eta < 1$, то выпускную систему считают условно безопасной.

Если $\eta < 0,95$, то выпускная система опасна в пожарном отношении.

Заключение. В статье сформулированы требования, предъявляемые к искрогасителям для обеспечения их эффективной и надежной работы. Рассмотрены методики проведения исследования для определения основных характеристик искрогасителей, таких как пламе- и искрогасящая способность.

Список использованных источников

1. Таубкин, С.И. Пожар и взрыв, особенности их экспертизы / С.И. Таубкин. – М.: ВНИИПО, 1999. – 600 с.

2. Правила пожарной безопасности Республики Беларусь для объектов сельскохозяйственного производства: ППБ 2.36-2008. – Введ. 01.02.09. – Минск, 2009. – 78 с.

3. Огнепреградители сухие и искрогасители. Общие технические требования. Методы испытаний НПБ 34-2002. – Введ. 01.01.2003. – Минск: НИИГБиЧС, 2003. – 15 с.

4. Огнепреградители и искрогасители. Общие технические требования. Методы испытаний НПБ 254-99. – Введ. 01.11.99. – М.: ГУГПС МВД России, 1999. – 16 с.

Поступила 24.03.2015

Waldemar Izdebski¹, dr hab. inż., **Jacek Skudlarski²**, dr inż.,
Bartosz Tomaszewski², mgr inż., **Stanisław Zajac³**, dr

¹*Варшавский политехнический университет, Польша*

²*Варшавский университет естественных наук – SGGW, Польша*

³*Государственная высшая профессиональная школа,*

г. Кросно, Польша

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА УСЛУГ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРИЦЕПОВ В ПОЛЬШЕ НА ПРИМЕРЕ ВЫБРАННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Аннотация. В статье проведена оценка качества технического обслуживания сельскохозяйственных прицепов на примере выбранного предприятия. Оценка качества обслуживания была основана на критериях, предложенных Rybacki (2011). Выраженные в цифрах показатели оценки клиентов колебались в диапазоне 3,2–3,9.

Введение. Оценка качества технического обслуживания является чрезвычайно трудным процессом из-за сложности системы технического обслуживания. В литературе эта проблема рассматривается все чаще. Однако нет объективного метода многокритериальной квантификации качества технического обслуживания машин.

Постановка проблемы. Качество услуг по техническому обслуживанию играет существенную роль в принятии решения о покупке сельскохозяйственной техники. В литературе имеется сравнительно мало публикаций, в которых проведена оценка качества сервисного обслуживания. Это также относится к техническому обслуживанию сельскохозяйственных прицепов. В статье проведена оценка качества услуг по техническому обслуживанию, оказываемых выбранным производителем сельскохозяйственных прицепов в соответствии с критериями, предложенными Rybacki (2011).

Анализ последних исследований и публикаций. Качество технического обслуживания сельскохозяйственной техники было предметом многих исследований (Skudlarski 2006, Buliński i Łyp 2007, Tomczyk 2009, Juściński i Piekarski 2009, Durczak i Rybacki 2011, Midragovic i in. 2012).

Многочисленные авторы подчеркивают, что обеспечение эффективного сервиса является очень важным фактором в условиях польского сельского хозяйства (Pasyniuk 2004, Skudlarski 2006, Buliński i Łyp 2007, Tomczyk 2009, Juściński i Piekarski 2009, Klimkiewicz i Moczulska 2008, Klimkiewicz i Leśnik 2010, Durczak i Rybacki 2011, Midragovic i in. 2012).

Анализ работ польских исследователей показал, что методы оценки качества услуг по техническому обслуживанию сельскохозяйственной техники представляют только два автора – Rybacki и Durczak (2011).

Цель работы и методы исследования. Целью исследования была оценка качества услуг, предоставляемых сервисным центром компании «MAR-POL Jacek Urbański».

Методы исследования. Качество услуг по сервисному обслуживанию, оказываемых компанией «MAR-POL Jacek Urbański», оценено в соответствии с критериями, между которыми ранее была установлена иерархия. Для этого подготовлен опросный лист, с помощью которого респонденты оценивали качество услуг по каждому критерию отдельно, используя шкалу от 0 до 5 баллов. Оценка «0» была очень негативной, оценка «5» – очень позитивной. Опрашиваемыми лицами были клиенты, использующие услуги компании.

Характеристика предприятия. Компания «MAR-POL Jacek Urbański» была основана в 1989 г. Местонахождение компании – д. NiwaBabicka (Люблинское воеводство). Это микропредприятие, занимающееся производством и продажей сельскохозяйственных прицепов, разбрасывателей навоза и других машин. Машины, производимые «MAR-POL», предлагаются в Польше, Швеции, Испании и Украине. Производитель предоставляет 12-месячную гарантию на свою продукцию. Техническое обслуживание осуществляется на заводе-изготовителе.

Результаты исследования. В исследовании приняли участие 18 клиентов предприятия. Они являются владельцами фермерских хозяйств с площадью от 30 до 185 га, специализирующихся, в основном, на производстве сельхозкультур и выращивании культур в сочетании с животноводством. Средний возраст участников исследования – 37 лет. Результаты оценки клиентов по каждому из критериев представлены в таблицах 1–5.

В первую очередь была оценена материальная база предоставления услуг, в том числе качество эксплуатационных материалов и запасных частей, внешний вид предприятия, оборудования и т. д. (табл. 1). Факторы, приведенные в таблице 1, клиенты компании оценили от 3,4 до 3,9 балла. В рамках данной группы критериев хуже всего клиенты оценили облуживание, принимая во внимание опрятный внешний вид сотрудников центра и визуальную привлекательность объекта. Средняя оценка по данному критерию – 3,2 балла. По критерию «Используемые эксплуатационные материалы и запасные части» компания получила среднюю оценку в 3,9 балла.

Затем респонденты оценили надежность и честность предприятия (способность компании оказать услугу добросовестно и должным образом) (табл. 2).

Таблица 1 – Оценка качества услуг по техническому обслуживанию, учитывающая материальную базу оказания услуг

	Фактор	Оценка
С 1.1	Современность оборудования сервисного центра сельскохозяйственной техники	3,6
С 1.2	Используемые эксплуатационные материалы и запасные части	3,9
С 1.3	Опрятный внешний вид сотрудников центра и визуальная привлекательность объекта	3,2
С 1.4	Визуальная привлекательность материалов, касающихся предлагаемых услуг (буклеты и рекламные листовки)	3,4
С 1.5	Документация по процессу технического обслуживания сельскохозяйственной техники (контрольные карты технического обслуживания)	3,4

Примечание. Таблицы 1–5 составлены авторами по материалам собственных исследований.

Таблица 2 – Оценка качества услуг по техническому обслуживанию, учитывающая надежность и честность предприятия, предоставляющего данную услугу

	Фактор	Оценка
С 2.1	Интерес к решению проблемы клиента со стороны персонала	3,8
С 2.2	Тщательное и надлежащее предоставление услуги	3,8
С 2.3	Оказание услуги по техническому обслуживанию в срок	3,6

Интерес к решению проблемы клиента со стороны персонала и надлежащее оказание услуги – это, по мнению экспертов, самые важные критерии оценки качества услуг. Сервисный центр данной компании был оценен по этим критериям в 3,8 балла. Оценку «удовлетворительно плюс» получил фактор «Оказание услуги по техническому обслуживанию в согласованный ранее срок». Это связано с неудовлетворительной отметкой, поставленной пятью респондентами. Респонденты также оценили технический сервис по способности компании реагировать. В этом отношении были оценены 5 факторов (табл. 3).

Самой высокой была оценка респондентами реагирования сотрудников на потребности клиентов и склонности сотрудников оказывать помощь клиентам. Самой низкой была оценка своевременности предоставления услуги. Это было связано с отметкой «2», поставленной пятью респондентами. Тем не менее четыре респондента были удовлетворены своевременностью оказания услуг сервисным центром (они дали оценку «5»), что может свидетельствовать о том, что часть услуг была предоставлена в срок.

Затем опрашиваемые клиенты оценили профессионализм оказания услуги по техническому обслуживанию с учетом знаний и вежливости

Таблица 3 – Оценка качества услуг по техническому обслуживанию, учитывающая способность предприятия реагировать

	Фактор	Оценка
С 3.1	Отсутствие ошибок в документации	3,7
С 3.2	Своевременность предоставления услуги по техническому обслуживанию	3,4
С 3.3	Уведомление клиента о сроке предоставления услуги	3,7
С 3.4	Склонность сотрудников оказывать помощь лицам, пользующимся услугами предприятия	3,8
С 3.5	Реагирование сотрудников на потребности клиентов	3,8

сотрудников и их профессиональных умений (табл. 4). В этой группе факторов самую высокую оценку получил критерий «Способность сотрудников центра снискать доверие у клиентов». Тремя респондентами этот фактор был оценен в 2 балла. Один респондент дал отметку 1 балл. Однако пять опрошиваемых оценили этот фактор в 5 баллов.

Последняя группа факторов, которые оценивали клиенты, – доступность предприятия, эмпатия, внимательное индивидуальное обслуживание, обеспечиваемое сервисным центром (табл. 5).

В этой группе критериев самой высокой была оценка таких факторов, как особое внимание, уделяемое клиенту сотрудниками центра, а также ощущение клиента, что его интерес отвечает интересу предприятия. Здесь наблюдаются различия в оценках, данных респондентами (от 2 до 5 баллов).

Таблица 4 – Оценка качества услуг по техническому обслуживанию, учитывающая профессионализм оказания услуг

	Фактор	Оценка
С 4.1	Способность сотрудников центра снискать доверие у клиентов	3,6
С 4.2	Чувство безопасности при сделках, осуществляемых сотрудниками компании	3,8
С 4.3	Вежливость персонала	3,9
С 4.4	Знания сотрудников, позволяющие дать исчерпывающие ответы на вопросы клиентов	3,9

Таблица 5 – Оценка качества услуг по техническому обслуживанию, учитывающая доступность предприятия, эмпатию, внимательное индивидуальное обслуживание, обеспечиваемое сервисным центром

	Фактор	Оценка
С 5.1	Особое внимание, уделяемое клиенту сотрудниками центра	3,6
С 5.2	Удобное время работы	3,9
С 5.3	Ощущение, что интерес клиента отвечает интересу предприятия	3,6
С 5.4	Предприятие понимает уникальные потребности клиентов	3,8

Заклучение.

1. В ходе оценки качества услуг, предоставляемых сервисным центром компании «MAR-POL Jacek Urbański», респонденты оценили наиболее важные, по мнению экспертов, факторы следующим образом: знания сотрудников, позволяющие дать исчерпывающие ответы на вопросы клиентов – 3,9 балла, интерес со стороны персонала к решению проблемы клиента – 3,8, тщательное и надлежащее оказание услуги – 3,8 балла.

2. Существенный, по мнению экспертов, фактор «Предоставление услуги в срок» в случае компании «MAR-POL Jacek Urbański» был оценен в 3,6 балла. Самой низкой была оценка сервисного центра (3,2 балла), принимающая во внимание фактор «Опрятный внешний вид сотрудников центра и визуальная привлекательность объекта».

Список использованных источников

1. Buliński J., Łyp K., 2007. Znaczenie systemu jakości w zarządzaniu nowoczesnym przedsiębiorstwem. Technika Rolniczo-Ogrodnicza-Leśna. Wydawnictwo Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych. – Nr 1. – S. 11–13.

2. Durczak K., Rybacki P. 2010. Hierarchizacja parametrów maszyn rolniczych wpływających na jakość maszyn rolniczych. Materiały konferencyjne. XIV Międzynarodowa Konferencja Naukowa. Inżynieria Rolnicza a Środowisko. 21-23 czerwca 2010. Szczecin.

3. Juściński S., Piekarski W., 2009. Naprawy pogwarancyjne ciągników rolniczych jako element autoryzowanego systemu dystrybucji. Inżynieria Rolnicza. – Nr 8 (117). – S. 23–30.

4. Klimkiewicz M., Leśnik A.: 2010. Wspomaganie układu kierowania. AGROmechanika SERWIS. – Nr 1. – S. 10–11.

5. Klimkiewicz M., Moczulska M.: 2008. Zastosowanie zbiorów przybliżonych do analizy satysfakcji klienta serwisu pojazdów. Inżynieria Rolnicza, R. 12. – Nr 1. – S. 165–171.

6. Midragovic R., Mileusnic Z., Jovancic P, 2012: Effectiveness assessment of agricultural machinery based on fuzzy sets theory. Expert Systems with Applications. – Nr 39. – S. 8940–8946.

7. Rybacki P., 2011: Badania jakości serwisu technicznego maszyn rolniczych metodą SERVQUAL. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering” Vol. 56 (2). – S. 122–125.

8. Skudlarski J., 2006: Poziom obsługi posprzedażnej jako kryterium oceny wizerunku producentów ciągników i maszyn rolniczych. Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna. – Nr. 3.

9. Tomczyk W., 2009: Obsługi techniczne maszyn i urządzeń rolniczych w praktyce. Inżynieria Rolnicza. – Nr 6 (115). – S. 295–300.

Поступила 16.04.2015

А.С. Добышев, доктор технических наук, профессор
Д.А. Лукьянов, аспирант

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», г. Горки

ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ СОЛОМЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТОПЛИВНЫХ ПЕЛЛЕТ

В общем балансе использования соломы в Беларуси из 5730 тыс. т (2004 г.) для хозяйственных целей используется около 58 %. Примерно 23 % соломы рекомендуется измельчать и запахивать. По данным, полученным в результате специального анкетирования слушателей ФПК из Могилевской, Гомельской и Витебской областей, в среднем 19,0–27,5 % соломы в хозяйствах используется неэффективно [4]. Для хозяйств Могилевской и Витебской областей среднее значение излишков соломы составляет 25,3–27,5 %, для Гомельской области – 19,0 %. Данное количество соломы может быть успешно использовано в качестве топлива.

Энергетическая ценность соломы по принятым оценочным показателям весьма высокая (табл. 1).

Теплотворная способность тонны сухого вещества соломы эквивалентна 445 кг сырой нефти. По показателю теплотворности пшеничная солома (15,5 МДж/кг) приближается к дровам (14,6–15,9 МДж/кг) и превосходит бурый уголь (12,5 МДж/кг) [9]. Она может сжигаться в токах или в виде прессованных пеллет (рис. 1).

При измельчении соломы могут применяться разные виды измельчителей, но при производстве топливных пеллет применяются те из них, которые обеспечивают, необходимые условия при производстве топливных пеллет из соломы.

Авторами был конструктивно изменен и испытан измельчитель, который предназначен для измельчения кормов.

Таблица 1 – Сравнительная энергетическая ценность соломы

Энергоносители	Энергетический эквивалент, МДж	Теплотворность, МДж
Солома, кг	24,3	14,2–17,2
Дрова, кг	23,5	14,6–15,9
Мазут, кг	50,0	40,2–42,7
Дизельное топливо, кг	52,0	42,0
Газ природный, м ³	40,0	31,7–36,2



Рисунок 1 – Прессованные пеллеты из соломы

Универсальный измельчитель сельскохозяйственных культур предназначен для получения разной длины фракции резки, начиная от «пыли» и 1–3 мм до 20–30 мм, пригодной как для процесса приготовления кормов, превосходно впитывающей подстилки под животных и птицу, так и изготовления топливных брикетов и пеллет (рис. 2, табл. 2). В измельчитель могут загружаться сформированные цилиндрические рулоны, прямоугольные тюки сена, соломы, камыша, сои, кукурузы, а также эти культуры насыпом.

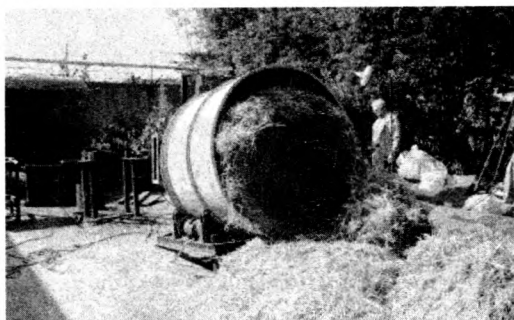


Рисунок 2 – Опытный измельчитель соломы

Таблица 2 – Технические характеристики опытного измельчителя

Параметры	
Производительность , кг/ч	2000
Длина резки, мм	5–10
Частота вращения ротора, об/мин	2800
Диаметр ротора, мм	450
Влажность сырья, %	Не более 35
Установленная мощность, кВт	22
Скорость вращения барабана, об/мин	0–12
Внутренний диаметр барабана, мм	1300
Масса, кг	850

Измельчитель соломы представляет собой металлическую основу, возможно с колесами для транспортировки, на которой крепятся его основные узлы:

- ✓ корпус и фланец устройства, подающего измельченную солому;
- ✓ вращающийся приемный барабан;
- ✓ два электродвигателя: один мощный для вращения фрезы – ротора и второй для вращения приемного барабана;
- ✓ щит с электроприборами и устройством преобразования частоты электрического тока для изменения числа оборотов электродвигателя приемного барабана;
- ✓ внутри корпуса устройства, подающего измельченную солому, расположена режущая фреза – ротор.

Тюк соломы цилиндрической формы с помощью вилочного погрузчика или транспортера поступает в барабан измельчителя соломы. Измельчитель соломы, при некоторой доработке приемного отверстия, может принимать и тюки соломы прямоугольной формы. Тюки соломы перед загрузкой необходимо освободить от веревочной оплетки. Защита измельчителя соломы от случайно попавших в тюк металлических или других твердых предметов отсутствует. В случае их попадания в измельчитель может произойти разрушение режущей фрезы, что не представляет опасности для окружающих вследствие имеющейся специальной защитной металлической сетки (рис. 3).

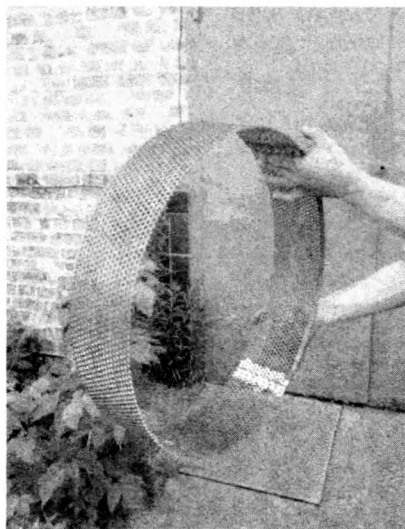


Рисунок 3 – Защитная металлическая сетка

Тюки соломы продвигаются к режущей фрезе под действием собственного веса и вращения приемного барабана с направляющими фланцами. Вращающийся барабан оборудован устройством плавного изменения числа оборотов, что позволяет добиться нужной производительности и обеспечивает адаптацию машины с любыми последующими агрегатами в составе линии обработки соломы.

Одной из самых важных деталей соломорезки, ее эксклюзивной частью (нашей собственной разработкой) является фреза – ротор. В этом узле сконцентрировано четыре метода обработки и перемещения измельченной соломы:

✓ предварительное разрушение вращающимися ножами – скарификаторами – тюка соломы с одновременной подачей основной массы на главные режущие ножи;

✓ предварительное измельчение главными пластинчатыми режущими ножами разрушенной массы соломы и подача ее на молотковую дробилку (возможна регулировка фракции резки изменением поступательной скорости тюка соломы к режущей фрезе за счет разного количества оборотов приемного барабана и угла наклона его к горизонту);

✓ окончательное и тонкое измельчение поступившей массы осуществляется посредством воздействия молотков и дробления соломы об окружающую сетку с отверстиями. Изменением диаметра отверстий в сетке возможно регулирование размера фракции резки;

✓ продувка засеточного пространства режущей фрезы осуществляется в целях подачи измельченного сырья на расстояние до 10 м. Это дает возможность не использовать дополнительные узлы для пневматического транспорта фракции резки;

Путем регулировки размеров отверстий в сетке, изменением числа оборотов приемного барабана и угла наклона его к горизонту, можно достигать разной длины фракции резки. Она может достигать нескольких сантиметров при производительности измельчителя от 2 т/ч до размеров резки фракции в подобие «пыли», что является отличительной особенностью данного измельчителя.

На рисунке 4 представлены зависимости степени измельчения соломы от диаметра отверстий сетки, из которых видно, что с увеличением диаметра отверстий сетки с 5 до 10 мм, происходит изменение длины резки соломы в пределах от 4,9 до 10,5 мм.

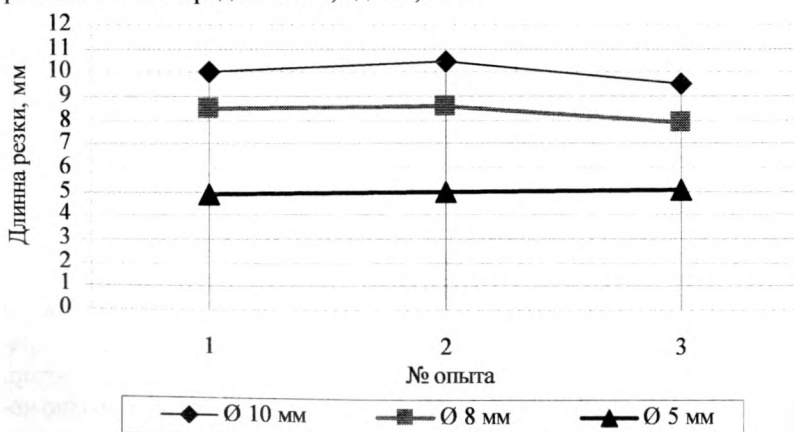


Рисунок 4 – Зависимость степени измельчения от диаметра сетки

Основная длина фракции измельченной соломы на образцах составляет 5–10 мм (рис. 5, 6).



Рисунок 5 – Образец первого опыта (фракция 10 мм)

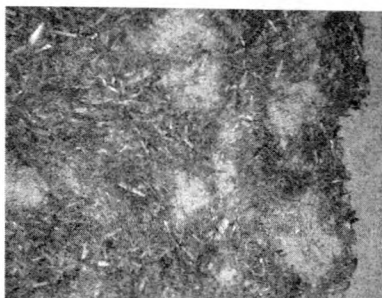


Рисунок 6 – Образец второго опыта (фракция 5 мм)

Заключение. При проведении опытов было установлено, что исследуемые параметры измельчителя для производства топливных пеллет находятся в допустимых пределах и свидетельствуют о том, что этот измельчитель можно использовать при производстве топливных пеллет.

Список литературы

1. Кундас, С.П. Возобновляемые источники энергии / С.П. Кундас, С.С. Позняк, Л.В. Шенец: МГЭУ им. А.Д. Сахарова. – Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2009. – 315 с.
2. Энергетические балансы сельского хозяйства зарубежных стран. Обзорная информация / Тверитин А.В. [и др.]. – М., 1984. – 82 с.
3. Дашков, В.Н. Возобновляемые источники энергии в ресурсосберегающих технологиях АПК / В.Н. Дашков. – Барановичи: РУПП «Баранов. укрупн. тип.», 2003. – 184 с.
4. Шпаар, Д. Растительная биомасса для производства энергии / Д. Шпаар, В. Щербаков // Белорусское сельское хозяйство. – 2007. – № 8. – С. 23.
5. Цыганов, А.Р. Биоэнергетика (Энергетические возможности биомассы) / А.Р. Цыганов, А.В. Клочков. – Минск: Беларус. навука, 2012. – 143 с.

Поступила 09.02.2015

В.Р. Петровец, доктор технических наук, профессор

Н.И. Дудко, кандидат технических наук, профессор

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», г. Горки

ПРАКТИКООРИЕНТИРОВАННОЕ ОБУЧЕНИЕ СТУДЕНТОВ НА КАФЕДРЕ МЕХАНИЗАЦИИ И ПРАКТИЧЕСКОГО ОБУЧЕНИЯ В БЕЛОРУССКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ

Аннотация. В статье рассмотрены роль и значение учебной, производственной практик в формировании у студентов профессиональных навыков и мастерства. Приведены результаты совершенствования организации учебных и производственной практик студентов на кафедре механизации и практического обучения УО «БГСХА».

Государственной программой устойчивого развития села на 2011–2015 годы предусмотрено создать эффективную инновационную среду путем дальнейшего углубления интеграции образования, науки и производства на базе учебно-научно-производственных центров практического обучения высших учреждений образования; обеспечить (повысить) качество подготовки специалистов путем внедрения в учреждениях высшего аграрного образования системы менеджмента качества и перейти на практикоориентированную подготовку будущих специалистов сельскохозяйственного производства [1].

Одним из важных этапов подготовки таких специалистов являются учебные и производственные практики. Практика студентов – такая же неотъемлемая часть учебного процесса, как лекции и т. д. Она является составной частью основной общеобразовательной программы вуза в соответствии с учебными планами и графиками учебного процесса в целях закрепления и углубления знаний, полученных студентами в процессе теоретического обучения, приобретения необходимых умений, навыков и опыта практической работы по изучаемой специальности.

Цель учебной практики – формирование первоначальных умений и навыков по технологиям производства, хранения техники с широким использованием в практическом обучении современных информационных технологий.

При прохождении производственной практики в реальных условиях производства студенты должны приобрести опыт работы по использованию эффективных технологий в производстве и эксплуатации

современной техники, сформировать умения и навыки по обоснованию выбора технологического решения.

В период прохождения преддипломной практики студенты приобретают опыт работы в производственных коллективах, получают профессиональную адаптацию, выполняют дипломные проекты на реальной основе, осуществляют поиск оптимальных решений повышения эффективности работы сельскохозяйственных предприятий.

Положением, разработанным в соответствии с п. 3 ст. 25 Закона Республики Беларусь от 11 июля 2007 г. «О высшем образовании», определяется порядок организации, проведения, подведения итогов и материального обеспечения практик студентов высших учебных заведений Республики Беларусь независимо от их формы собственности и подчиненности.

Учебные практики являются обязательным компонентом высшего образования, организуются и проводятся вузами в тесном взаимодействии с государственными органами и иными организациями, для которых осуществляется подготовка специалистов [2].

Задачами практики по профилю специальности являются приобретение студентами профессиональных навыков, закрепление, расширение и систематизация знаний.

Наши исследования свидетельствуют, что все виды учебных практик призваны:

- создать для студентов условия в их дальнейшей практической работе (деятельности) по приобретению начальных профессиональных навыков, знаний и умений, которые будут востребованы;

- способствовать аналитической работе студентов по сопоставлению приобретенных теоретических знаний с практикой конкретного сельскохозяйственного производства;

- способствовать формированию общего представления о будущей специальности;

- способствовать выработке и принятию корректирующих воздействий на качество учебного процесса и образовательную деятельность вуза;

- помогать преподавателям определить качество представляемых вузом образовательных услуг в рамках рыночной конъюнктуры.

В совокупности все виды практик должны способствовать формированию профессиональной компетенции будущих специалистов. Компетенция – это способность на основе практического опыта применять знания и умения, успешно действовать при решении задач общего рода, а также в определенной широкой области сельскохозяйственного производства. В процессе обучения студенты формируют общие и профессиональные компетенции. Общие (универсальные) компетенции –

многофункциональные и межпредметные, подразумевают способность понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, уметь организовать собственную деятельность, определить методы решения профессиональных задач, оценивать их эффективность, осуществлять поиск, анализ и оценку информации, использовать информационно-коммуникационные технологии для совершенствования своей деятельности и строить профессиональную деятельность с соблюдением правовых норм.

Задачами практик по профилю специальности являются приобретение студентами профессиональных навыков по специальности, закрепление, расширение и систематизация знаний.

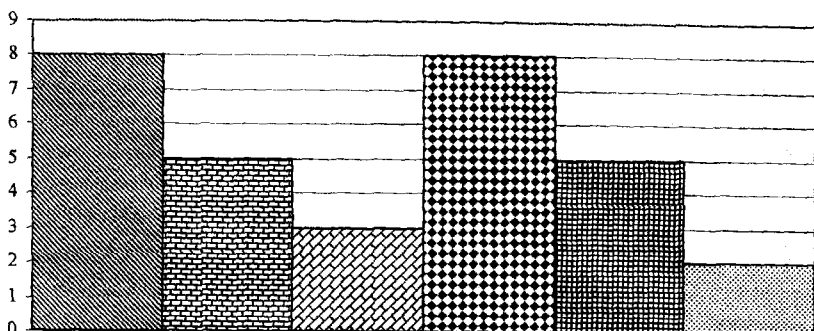
В БГСХА подготовку, организацию и проведение учебных и производственных практик осуществляет кафедра механизации и практического обучения (далее – МиПО). Учебную практику студенты проходят в учебных аудиториях, на учебно-производственных объектах вуза, в организациях и предприятиях, соответствующих профилю подготовки специалистов, в том числе и в филиалах кафедры МиПО, организованных в передовых предприятиях, например, РУП «Учхоз БГСХА» и ОАО «Западно-Двинский межрайагротехсервис» (г. Витебск).

Для обеспечения учебных практик для студентов различных специальностей кафедра МиПО имеет соответствующую методическую базу, а также материально-техническую сельскохозяйственную и мелиоративную технику (рис. 1) [6, 7, 8].

Однако следует отметить, что механические транспортные средства категорий «В», «С» и с «В» на «С» требуют обновления и пополнения: 50 % учебных легковых автомобилей находятся в эксплуатации более 10 лет, а учебные грузовые автомобили ГАЗ-53 – более 20 лет.

Необходимо полностью переходить на обучение студентов рабочей профессии «Водитель механических транспортных средств категории «С» на отечественных автомобилях марки МАЗ.

За последние два года улучшилась ситуация с вождением учебных зерноуборочных комбайнов категории «Д», так как приобретены зерноуборочный комбайн КЗС-1218 и к 170-летию Академии получен зерноуборочный комбайн КЗС-812. Для получения рабочей профессии «Комбайнер» студентам необходимо пройти обучение по управлению комбайном в количестве 6 часов, что достаточно при существующей организации учебной практики. За трехнедельный период учебной практики для 3-х групп студентов факультета механизации сельского хозяйства этого количества энергонасыщенной техники достаточно. Для обеспечения более качественной подготовки студентов необходимы современные зерноуборочные комбайны, например, марки «Лексион»,



- ▣ Легковые автомобили типа ВАЗ
- ▣ Грузовые автомобили, МАЗ, ГАЗ
- ▣ Тракторы гусеничные, Т-150
- ▣ Энергонасыщенные колесные тракторы: Беларус-3022, 2022; 1523; 1221, Беларус-920 и др.
- ▣ Зерноуборочные комбайны: КЗС-1218, КЗ-14, КЗС-812, Лида-1300, КЗС-10
- ▣ Дорожная техника, ЭО и др.

Рисунок 1 – Учебная техника для получения студентами рабочих профессий, ед.

GS-16 или «Лида-1600». Количество дорогостоящей техники для учебных практик можно сократить, если внедрять скользящие графики вождения тракторов и зерноуборочных комбайнов в течение учебного года. Во время учебной практики наибольшее внимание следует уделять освоению современных технологий и работе на машинно-тракторных агрегатах (вспашка, обработка почвы, посев и посадка сельхозкультур).

В 2011–2014 учебных годах профессорско-преподавательским составом кафедры МиПО разработаны и внедрены в учебный процесс новые методические указания «Контрольные вопросы по технической эксплуатации современных тракторов, зерно- и кормоуборочных комбайнов, мелиоративной и строительной технике». Подготовлены и опубликованы для получения теоретических знаний новые учебники «Правила дорожного движения» и «Основы управления механическими транспортными средствами и безопасность дорожного движения», а также другие учебные пособия [7, 9, 10, 11].

Ежегодно кафедра обучает более 300 студентов, которые получают рабочую профессию водителя механических транспортных средств категории «В». В последние годы количество студентов, желающих обучаться этой рабочей профессии, увеличивается. Повышенный интерес проявляют студенты факультета механизации сельского хозяйства к получению рабочей профессии «Водитель механических транспортных средств категорий «В», «С», с «В» на «С» (рис. 2).

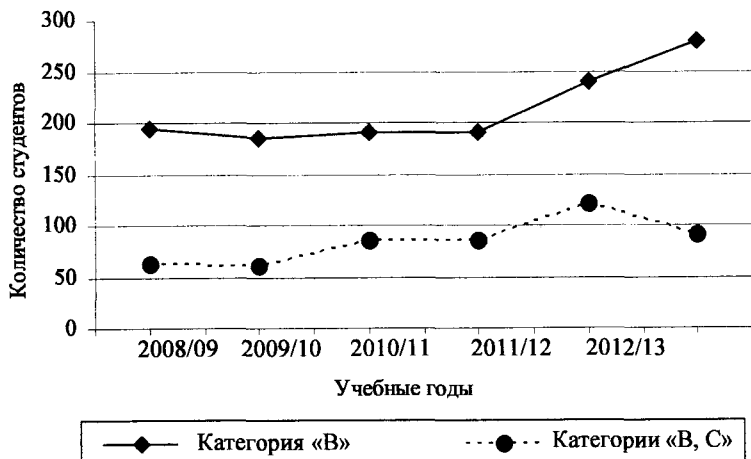


Рисунок 2 – Количество студентов, получивших рабочую профессию водителя механических транспортных средств (МТС) категорий «В» и «В, С»

В настоящее время невозможно организовать обучение студентов рабочей профессии «Водитель механических транспортных средств категории «В», «В, С», с «В» на «С» бесплатно. Поэтому в Академии внедрена частичная оплата за обучение и топливо.

На кафедре механизации и практического обучения имеются четыре учебные аудитории по подготовке рабочей профессии «Водитель МТС», которые соответствуют сертификатам соответствия по оборудованию и компьютерной технике. Однако 4 компьютера в каждой аудитории недостаточно для обеспечения качественного учебного процесса. Для улучшения теоретической подготовки студентов необходимо 1–2 компьютерных класса, чтобы каждый студент имел доступ к компьютеру на теоретических и практических занятиях.

У студентов факультета механизации также всегда был интерес к получению рабочей профессии водителя тракторов и самоходных машин. Каждому студенту для получения категории «А» необходимо пройти обучение по управлению в объеме 16 часов, а категорий «В», «С», «Д» – 6 часов по каждой категории, причем желательно на самых современных учебных тракторах и комбайнах.

Для того чтобы вузы и колледжи не отставали от научно-технического прогресса и готовили высококвалифицированных специалистов, для обучения студентов и учащихся необходимо выделять самую современную технику. Однако вузов и колледжей много, всех трудно обеспечить самой новейшей техникой, поэтому считаем необходимым в первую очередь выделять ее ведущим учреждениям образования.

С 2012 г. БГСХА перешла на вождение тракторов категории «А» и «В» (Беларус-920) и категории «В» (Беларус-3022) по скользящему графику для того, чтобы разгрузить основную учебную практику и дать студентам больше времени на изучение современных технологий обработки почвы, посева и посадки сельскохозяйственных культур (рис. 3).

За последние шесть лет студенты факультета механизации после сдачи Государственных экзаменов получили по 3–5 категории «А», «В», «С», «Д» и «F» удостоверения водителей тракторов и самоходных машин. Студенты, получившие навыки и умения управлять тракторами и самоходными машинами, затем закрепляли их на производственных практиках в реальных условиях сельскохозяйственного производства.

В последние годы во время учебных практик кафедра привлекает студентов к научно-исследовательской работе. Так, при проведении лабораторно-полевых исследований макетных образцов установок, разработанных аспирантами, обучающихся на кафедре, участвовали студенты агрономического и агроэкологического факультетов. Они производили соответствующие замеры, определяли технологические параметры после прохода экспериментальной сеялки с исследуемыми сошниками, осваивали методику проведения экспериментальных исследований. Студенты также участвовали в лабораторно-полевых исследованиях диско-зубовых рабочих органов, установленных

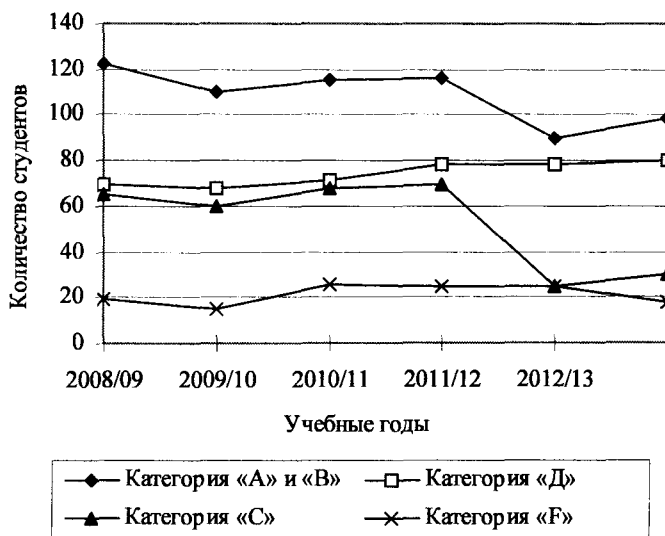


Рисунок 3 – Количество студентов, получивших рабочую профессию водителей колесных тракторов и самоходных машин

на экспериментальную установку – культиватор-гребнеобразователь-окучник, применяемый на междурядной обработке картофеля. Данные, полученные при проведении лабораторно-полевых исследований, студенты включали в свои отчеты. Считаем, что участие студентов в научно-исследовательской работе во время учебных практик расширяет их кругозор и значительно повышает качество проведения практики.

В последние годы кафедра во время прохождения производственных практик оказывала помощь сельскохозяйственным предприятиям района в проведении полевых работ с использованием материально-технической базы учебного полигона (зерноуборочные комбайны КЗС-1218; КЗС-812, тракторы «Беларус-3022» и «Беларус-2022»), а также с привлечением студентов факультета механизации сельского хозяйства 3 и 4 курсов во время производственных практик. На зерноуборочных комбайнах КЗС-1218, КЗС-812, «Лексион-580» проходили практику студенты факультета механизации сельского хозяйства, которые работали комбайнерами вместе с мастерами производственного обучения. Студентами БГСХА оказана практическая помощь РУП «Учхоз БГСХА» и Горецкого района в уборочных кампаниях 2011–2014 гг.

Экипаж комбайнеров в составе студента агрономического факультета Ю.В. Мелехова и мастера производственного обучения В.М. Мелехова намолотили 2,5 тыс. т зерновых культур, около 1,8 тыс. т кукурузы на зерноуборочном комбайне «Лексион-580», принадлежащем учхозу БГСХА и заняли 1-е место в Горецком районе. Кроме того, во время осенней посевной кампании студентами Академии оказана практическая помощь СПК «Маслаки» Горецкого района. В этом хозяйстве студент факультета механизации сельского хозяйства А.А. Сысоев на учебном тракторе Беларус-3022 с дискатором за две недели подготовил около 300 га почвы под посев озимых зерновых культур. Студенты этого же факультета И.Л. Катковский и А.Л. Крупенько вспахали на учебном тракторе «Беларус-3022» с оборотным плугом ППО-8-40 более 400 га почвы в СПК «Маслаки». Председатель СПК «Маслаки» Горецкого района отметил студента А.А. Сысоева благодарственным письмом.

За последние четыре года студенты 3 курса факультета механизации сельского хозяйства оказали значительную помощь Горецкому району Могилевской области в весенних полевых работах (рис. 4).

Студенты 3, 4 курсов факультета механизации сельского хозяйства отлично работают на самой современной энергонасыщенной технике отечественного производства. Исследования, проведенные за последние четыре года работы на производственных практиках, показывают, что 32–37 % студентов хорошо управляют энергонасыщенными машинно-тракторными агрегатами.

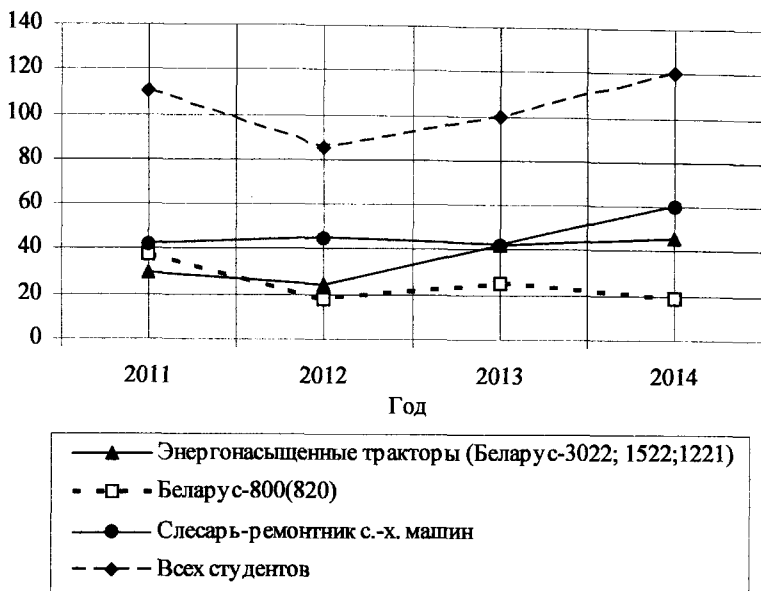


Рисунок 4 – Участие студентов факультета механизации сельского хозяйства на производственной практике на весеннее полевых работах в 2011–2014 гг.

Всего на машинно-тракторных агрегатах в Горецком районе работали более 50 % студентов. Остальная часть студентов работала слесарями по ремонту сельскохозяйственной техники.

По результатам производственных практик около 20 % студентов получают благодарности и премии.

Для дальнейшего повышения качества проведения учебных и производственных практик в БГСХА необходимо:

- обеспечивать учебный процесс современными программными и учебно-методическими материалами;
- повышать теоретическую подготовку студентов с надлежащим компьютерным обеспечением;
- проводить учебную практику на энергонасыщенной технике, в том числе и с элементами НИР;
- закреплять практическую подготовку в реальных производственных условиях.

Предложения по совершенствованию учебных и производственных практик по изучению современных технологий, управлению тракторами, комбайнами и самоходной техникой:

– продолжить укрепление учебных сельскохозяйственных заведений самой современной самоходной и сельскохозяйственной техникой. Обязать заводы и предприятия поставлять новые модели самоходной техники и сельскохозяйственных машин в первую очередь в ведущие сельскохозяйственные вузы и колледжи;

– улучшить работу по изданию учебных и практических пособий, методических указаний по новейшим технологиям и современной технике с привлечением научно-практических центров по земледелию и механизации сельского хозяйства;

– усилить теоретическую подготовку рабочей профессии «Водитель механических транспортных средств, тракторов и самоходной техники» и обеспечить компьютерными тренажерами и компьютерными классами в полном объеме.

Заключение.

1. Получение студентами рабочей профессии «Водитель колесных тракторов и самоходных машин», а так же водительских удостоверений на управление механическими транспортными средствами (МТС) дает возможность им проходить производственную практику на машинно-тракторных агрегатах (МТА), изучать новейшие технологии в сельскохозяйственных предприятиях агропромышленного комплекса Республики Беларусь и получать достойную денежную прибавку к стипендии, а также знакомиться с работой в пиковые периоды посевной и уборочной компании в сельхозпредприятиях.

2. *Результативная производственная практика в сельскохозяйственных предприятиях в значительной степени улучшает закрепляемость выпускников сельскохозяйственных вузов и колледжей в агропромышленном комплексе Республики Беларусь при наличии соответствующих рабочих профессий в учреждениях образования.*

3. Необходимо укреплять материально-техническую базу ведущих сельскохозяйственных вузов и колледжей новейшей техникой, создавать условия для получения студентами и учащимися как можно больше рабочих профессий сельскохозяйственных специальностей, выделять бюджетное финансирование для получения рабочих профессий.

4. Для студентов это один из наиболее эффективных способов вхождения в профессию, для предприятия – возможность формирования кадрового резерва, а для учебного заведения – повышение качества учебного процесса и, как следствие, роста конкурентоспособности выпускников. Для работодателей это возможность познакомиться поближе со своими потенциальными сотрудниками, использовать уже на стадии обучения имеющиеся у студентов знания и навыки.

Список использованных источников

1. Государственная программа устойчивого развития села на 2011–2015 годы: утв. Указом Президента Респ. Беларусь, 1 авг., № 342. – Минск: Беларусь, 2010. – 151 с.

2. Сборник программ по подготовке и переподготовке водителей механических транспортных средств категорий «А», «В», «С», «D», «Е». – Изд. второе, перераб. и доп. – Минск: БелНИИТ «Транстехника», 2010. – 220 с.

3. Программа подготовки водителей колесных тракторов и самоходных машин категорий «А», «В», «С», «D»: утв. пост. Сов. Министров Респ. Беларусь, 20 авг. 2009 г., № 1094. – 2012. – 107 с.

4. Управление тракторами и материально-тракторными агрегатами: программа по учеб. практике / Белорус. гос. с.-х. акад.; сост. В.Р. Петровец, Н.И. Дудко. – Горки. – 2009. – 28 с.

5. Управление тракторами, строительными и мелиоративными машинами: программа по учеб. практике / Белорус. гос. с.-х. акад.; сост. Н.И. Дудко, В.Р. Петровец. – Горки, 2010. – 20 с.

6. Петровец, В.Р. Сельскохозяйственные машины (практикум) / В.Р. Петровец, Н.В. Чайчек. – Минск: Ураджай, 2002. – 291 с.

7. Дудко, Н.И. Основы управления механическими, транспортными средствами и безопасность дорожного движения: учеб. / Н.И. Дудко, В.Ф. Бершадский, В.И. Дудко. – Минск: ИВЦ Минфина, 2014. – 423 с.

8. Технологическая практика в организациях агросервиса: программа и метод. указания / Белорус. гос. с.-х. акад.; сост. В.Р. Петровец, Н.И. Дудко, В.А. Гайдуков. – Горки, 2013. – 28 с.

9. Петровец, В.Р. Вопросы по правилам технической эксплуатации для получения профессии тракториста-машиниста категорий «А, В, D, E, F» / В.Р. Петровец, Н.И. Дудко, В.Ф. Бершадский, В.А. Гайдуков. – Минск: Амалфея, 2015. – 367 с.

10. Петровец, В.Р. Технологический процесс, настройка и оценка качества работы машин для внесения удобрений / В.Р. Петровец, Л.Я. Степук, Н.И. Дудко, С.В. Колос. – Горки: БГСХА, 2012. – 42 с.

11. Петровец, В.Р. Технологический процесс, настройка, регулировка и контроль качества работы зерноуборочных комбайнов / В.Р. Петровец, Н.И. Дудко, В.Л. Самсонов. – Горки: БГСХА, 2012. – 53 с.

Поступила 14.04.2015

УСТАНОВКА ОКРАСКИ БЕЗВОЗДУШНЫМ РАСПЫЛЕНИЕМ УБР-1М

Лакокрасочные и консервационные покрытия, а также гидроизоляционные покрытия из мастик в строительстве наиболее выгодно наносить способом безвоздушного распыления, что нашло свое подтверждение в практике многих стран мира [1]. Несмотря на очевидные преимущества названного способа и налоговые льготы на его применение в настоящее время в Республике Беларусь и других странах СНГ этот способ используется необоснованно мало. Это во многом объясняется отсутствием предложений на рынке надежных и простых в обращении установок безвоздушного распыления отечественного производства, а импортные из-за высоких цен и отсутствия сервисных услуг остаются маловостребованными.

Название «безвоздушное распыление» указывает на то, что в распылении наносимого материала воздух не участвует, и он не требует специальной очистки от влаги и масла. Безвоздушное окрашивание, как и распыление других материалов, основано на их подаче поршневым или диафрагменным насосом под высоким давлением (свыше 10 МПа) через специальное сопло [2]. Распыляемый материал за счет высокого давления истекает из сопла со скоростью более 140 м/с, диспергируется и образует факел, форма которого зависит от типа сопла. Он имеет четкие границы, гамогенен, не склонен к туманообразованию при правильно выбранном давлении и прекрасно ложится на обрабатываемую поверхность из-за отсутствия отраженного воздушного потока, что характерно для пневматического распыления. Такие свойства факела обеспечивают очень высокий коэффициент переноса распыляемого материала и его внедрение в неровности обрабатываемой поверхности. Это особенно важно при нанесении покрытий на пористые, например, бетонные поверхности.

Автором завершены опытно-конструкторские работы по созданию конструкции установки безвоздушной окраски, максимально адаптированной к отечественным лакокрасочным материалам, с улучшенными рабоче-эксплуатационными характеристиками.

Общий вид установки модели УБР-01М представлен на рисунке. В состав ее конструкции входит пневмогидравлический поршневой насос

высокого давления 1, установленный на одноосной тележке 2. На всасывающей ветви насоса установлен заборный шланг 3 со сменным фильтром-краскоприемником 4, опускаемым в заборную емкость с распыляемым материалом. На нагнетательной ветви насоса установлен быстросъемный фильтр высокого давления 5, в нижнюю часть которого ввернут сливной игольчатый клапан 6, обеспечивающий при необходимости обратный слив через шланг 7 распыляемого материала в заборную емкость, а также полимерный шланг высокого давления 8 с пистолетом для окраски безвоздушным распылением 9. Пистолет имеет устройство для быстрой смены и прочистки сопел при их засорении. В состав установки включен и блок подготовки воздуха 10, что делает возможной ее работу при запитке непосредственно от компрессора.

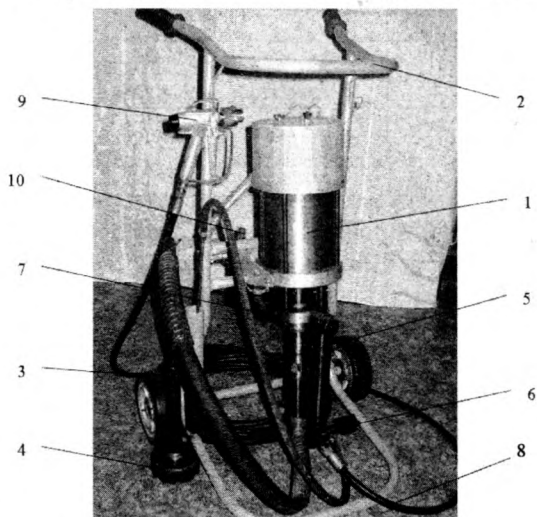


Рисунок – Установка окраски безвоздушным распылением УБР-01М

Технические характеристики установки УБР-01М:

производительность гидронасоса при свободном сливе, л/мин	– не менее 5
количество распыляемого материала, подаваемого гидронасосом за один двойной ход, см ³	– около 90
максимальное рабочее давление распыляемого материала, МПа	– 20
габаритные размеры, мм	– 900 × 600 × 520
масса, кг	– около 40
В том числе:	
пневмонасос	– 17
тележка	– 19
краскораспылитель, шланги	– около 4

В конструкции установки реализованы оригинальные технические решения, защищенные патентами на изобретение Республики Беларусь, а также представляющие know-how. Была поставлена цель сделать установку конструктивно простой, технологичной в изготовлении и надежной. Удобство пользования делают ее привлекательной для маляра, а получаемый эффект от применения позволяет окупить затраты менее чем за год эксплуатации. При использовании установки нет угрозы штрафов со стороны службы охраны окружающей среды, сохраняется здоровье работников, улучшается качество продукции.

Сравнительные данные по степени загрязнения окружающей среды при нанесении ЛКМ в относительных единицах приведены в таблице.

Таблица – Объемы выброса загрязнений при окраске

Способ окраски	Выбросы в окружающую среду		Сухой остаток
	Атмосфера	Гидросфера	
Безвоздушное распыление	126	43	167
Пневмораспыление	1175	43	300

Производственные испытания опытных образцов на ряде предприятий подтвердили быстроту усвоения правил пользования установкой. На выработку устойчивых навыков нанесения покрытий, особенно лакокрасочных, требуется некоторое время, что объясняется разной техникой выполнения работ при пневматическом и безвоздушном окрашивании.

В дополнение к конструкторской документации разработаны руководство и инструкция по эксплуатации, а также технические условия.

В этой связи нами делается предложение заинтересованным предприятиям и организациям о сотрудничестве по освоению и внедрению в производство данной установки.

Список использованных источников

1. Лакокрасочные покрытия. Технология и оборудование / под ред. А.М. Елисаветского. – М.: Химия, 1992. – 416 с.
2. Карюгин, М.А. Установки Grako – современный метод окраски. Лакокрасочные материалы и их применение. – 1999. – № 11. – С. 24–28.

Поступила 14.04.2015

СОДЕРЖАНИЕ

Лабушев Н.А. РО «Белагросервис» и дальнейшее развитие агротехнического сервиса – итоги, задачи	4
Маринич Л.А., Бакач Н.Г., Володкевич В.И. К вопросу повышения эффективности производства основных видов сельскохозяйственной продукции в Республике Беларусь	9
Лабушев Н.А., Миклуш В.П., Сайганов А.С. Основные направления формирования перспективной системы технического сервиса в АПК Беларуси	17
Соловьев С.А., Горячев С.А. Совершенствование инженерно-технического обеспечения АПК на основе ресурсосбережения	23
Яроцкий Я.У. Многомашинные посевные агрегаты	31
Добышев А.С., Пузевич К.Л. Качественная обработка почвы – основа для получения высоких урожаев	42
Червяков А.В., Курзенков С.В., Циркунов А.С. Альтернативные способы предпосевной обработки семян	50
Романюк Н.Н., Агейчик В.А., Нукешев С.О., Жунусова А.Е., Шамганова А.А. Рассеиватель минеральных удобрений	56
Шило И.Н., Романюк Н.Н., Агейчик В.А., Нукешев С.О., Жунусова А.Е., Шамганова А.А. Туковывсевающее устройство	59
Азаренко В.В., Мисун А.Л., Ларичев А.Ю. О результатах исследований повышения безопасности и эффективности использования технических средств на клековенных чеках	63
Мисун О.И., Легенький С.А. Плуг с оборотными комбинированными рабочими органами	68
Соловьев С.А., Любич В.А., Попов С.В., Курамшин М.Р. Эффективность использования техники в точном земледелии	72
Изоитко В.М., Кислов Е.В., Лукомский А.Е., Винченюк Н.Г. Новое отечественное куделеприготовительное оборудование	78
Вабищевич А.Г., Дубинчик В.А., Калюта А.Ю., Делендик А.В., Ходаковский М.Ю. Моделирование малогабаритных агрегатов с использованием компас-3Д	83

Соловьев С.А., Герасимов В.С., Игнатов В.И. Зачем нужна система утилизации техники	86
Ильющенко А.Ф., Капцевич В.М., Корнеева В.К., Якимович Н.Н., Якимович И.В., Кусин Р.А., Черняк И.Н. Применение порошковых фильтрующих материалов на производствах АПК	97
Бетень Г.Ф., Анискович Г.И. Упрочнение быстроизнашивающихся сменных деталей сельскохозяйственных машин импульсной закалкой	102
Соловьев С.А., Хохлов С.С., Елеев А.Ф., Герасимов К.Н., Дунаев А.В. Синтез и исследование свойств профилактических трибосоставов на основе солей 1,1-дигидроперфторполиоксаалкил- β-кетосульфокислот	112
Девойно О.Г., Кардаполова М.А., Луцко Н.И. Технологии упрочнения-восстановления быстроизнашивающихся деталей машин с использованием износостойких порошковых материалов	121
Константинов В.М., Дашкевич В.Г., Стасевич Г.В., Ковальчук А.В., Щербаков В.Г., Гегеня Д.В. Инновационные технологии поверхностной обработки стальных изделий	124
Кузнечик О.О., Василевский П.Н. Обработка импульсными потоками воздушной плазмы поверхности конструкционной среднеуглеродистой стали	129
Акулович Л.М., Сергеев Л.Е., Сенчуров Е.В. Магнитно-абразивная обработка пуансонов с криволинейным контуром рабочей части	135
Тарасенко В.Е. Влияние расхода жидкостного теплоносителя системы охлаждения на температурный режим дизеля	141
Войтов В.А., Захарченко М.Б. Критерий оценки совместимости материалов в трибосистеме	148
Иванов В.И., Соловьев С.А., Игнатков Д.А. Современные установки электроискрового нанесения металлопокрытий и их применение	155
Толочко Н.К., Сергеев К.Л. Зависимость функциональных свойств водомасляных эмульсионных смазочно-охлаждающих жидкостей от дисперсности	159

Мирутко В.В., Бодиловский А.В., Михайловский В.Е. Прогрессивная технология очистки автотракторных двигателей и их деталей при ремонте	164
Соловьев С.А., Дунаев А.В. Масла как средство диагностирования машин и оборудования	169
Жданко Д.А., Тимошенко В.Я., Сушко Д.И. Диагностирование агрегатов гидростатических трансмиссий	179
Миклуш В.П., Сайганов А.С., Барташевич Л.В. Особенности обеспечения дилерских технических центров тракторов «Беларус» запасными частями	185
Миклуш В.П., Круглый П.Е. Особенности расчета потребности автомобильных транспортных средств в запасных частях, агрегатах и узлах обменного фонда	193
Ключков А.В., Гусаров В.В., Рыхлицкий А.Н. Стоимость ремонта и технического обслуживания зерноуборочных комбайнов в хозяйствах Гродненского района	200
Капцевич В.М., Чугаев П.С., Булыга Д.М., Закревский И.В., Корнеева В.К. Методики определения огнепреграждающей и искрогасящей способности искрогасителя	206
Waldemar Izdebski, Jacek Skudlarski, Bartosz Tomaszewski, Stanisław Zajęc Оценка качества услуг по техническому обслуживанию сельскохозяйственных прицепов в Польше на примере выбранного предприятия	212
Добышев А.С., Лукьянов Д.А. Измельчение соломы при производстве топливных пеллет	217
Петровец В.Р., Дудко Н.И. Практикоориентированное обучение студентов на кафедре механизации и практического обучения в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии	222
Хилько И.И. Установка окраски безвоздушным распылением УБР-1М	232

Научное издание

Современные проблемы освоения
новой техники, технологий, организации
технического сервиса в АПК

*Материалы Международной научно-практической конференции
на 25-й Международной специализированной
выставке «Белагро-2015», г. Минск, 4 июня 2015 г.*

Ответственный за выпуск Трасюк Н.Н.

Подписано в печать 20.05.2015. Формат 60×84 1/16.

Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 13,83. Уч.-изд. л. 13,22. Тираж 150 экз. Заказ 20.

Издано по заказу РО «Белагросервис».

Ул. Козлова, 25а, 220037, г. Минск.

Издатель и полиграфическое исполнение: Государственное предприятие
«Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/39 от 20.09.2013.

Ул. Казинца, 103, 220108, Минск.