

ных систем без значительных финансовых затрат (в сравнении с новыми диагностическими стендами подобных функциональных возможностей).

#### **Список использованных источников**

1. Тарасенко, В.Е. Анализ топливных систем дизелей с электронным управлением топливоподачей / В.Е. Тарасенко, А.А. Жешко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2016. – Вып. 50. – С. 52–57.
2. Тарасенко, В.Е. Повышение надежности и расширение функциональных возможностей диагностического стенда для работы с ТНВД систем Common Rail / В.Е. Тарасенко, А.А. Жешко, В.С. Ивашко [и др.] // Изобретатель. – Минск, 2019. – №7 (235). – С. 44–47.
3. Дизели Д-245.33В, Д-245.2С3В, Д-245.5С3В, Д-245.43.33В. Руководство по эксплуатации 2453В – 0000100РЭ / ОАО «Управляющая компания холдинга «Минский моторный завод». – Минск: ОГК, 2013 – 243 с.
4. Габитов И.И., Грехов Л.В., Неговора А.В. Техническое обслуживание и диагностика топливной аппаратуры автотракторных двигателей. – М.: Легион-Автодата, 2008.

**УДК: 631.3.02**

### **СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ МИНЕРАЛЬНОЙ ТРИБОТЕХНОЛОГИИ**

*Студенты – Тит П.С., 19рпт, 3 курс, ФТС  
Горностай С.В., 19рпт, 3 курс, ФТС*

*Научный  
руководитель – Тарасенко В.Е., к.т.н., доцент  
УО «Белорусский государственный аграрный технический  
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

**Аннотация.** Изложен анализ современных триботехнических составов, позволяющих существенно влиять на скорость изнашивания ресурсных деталей машин, особо выделена значимость серпентиновых ремонтно-восстановительных трибосоставов.

**Ключевые слова:** трибосостав, серпентинит, поверхность трения, покрытие, обработка, минерал, твердость.

Одной из высокоэффективных технологий, доступных для организаций, эксплуатирующих технику, и в тоже время выгодной с экономической точки зрения, является технология «безразборного ремонта» машин. Эта технология заключается в том, что при введении специальных добавок в масло в узлах трения механизма вместо износа может происходить либо обратный процесс, либо на порядок уменьшится скорость изнашивания ресурсных деталей. При этом на рабочих поверхностях деталей про-

исходит образование слоев с высокой износостойкостью и аномально малым коэффициентом трения. Таким образом, можно фактически обеспечить безысходную эксплуатацию техники [1].

Силами специалистов научно-производственной компании «Энион-Балтика» создан первый трибосостав «ТС НИОД». Ныне выпускаются его разновидности: НИОД-5 и НИОД-2 (жесткий) [2].

К настоящему времени проведена широкая практическая апробация добавок в масло, подтверждена эффективность составов «НИОД», РВС, АРТ, СУПРОТЕК в ведущих НИИ: НИИХИММАШ, ВНИИЖТ, НИИАТ, ВНИИАМ, ВТИ, ВНИИТрансМАШ и НПО «Русский Дизель», УралМАШ, НИИ им. Д.И. Менделеева, УрГАПС, НИИТяжМАШ, ОАО «МТЗ» и в др.

Выполнены многочисленные НИР по изучению триботехнологий. Получены положительные результаты на всех этапах испытаний (лабораторные, стендовые, натурные). Успешные испытания дизеля на судоремонтном заводе были наглядным примером эффективности ТС НИОДа.

Применение трибосоставов не сложно, осуществляется при плановом обслуживании неаварийных машин, оборудования. При положительном результате диагностирования можно ввести трибосостав в штатную систему смазки агрегата и даже непосредственно в зоны трения и поработать несколько часов с пониженной и штатной нагрузкой. Так, в результате действия серпентинового трибосостава на поверхностях трения образуются пленочные покрытия, существенно увеличивающие ресурс, нагрузочную и температурную стойкость сопряжений в критических режимах (перегрев, перегрузка, потеря смазки), снижающие требования к качеству смазочных материалов. Некоторые покрытия работают по времени, превышающем нормативные сроки обслуживания машин и оборудования.

Применение конкретных составов должно быть с учетом их особенностей, особенно высокой абразивности состава НИОД-2, целесообразного для узлов, агрегатов со значительной загрязненностью и закоксованностью деталей. Поэтому первые НИОДы, вводимые в большом количестве (до 3 %) с абразивными свойствами, после недлительной (15–20 мин) трибообработки нужно было вместе с маслом удалять, чтобы не износить обрабатываемые объекты.

К настоящему времени сформированы основы технологии увеличения ресурса изношенных узлов трения минералами при техническом обслуживании машин и оборудования. Данная технология была развита не менее чем в 20 организациях и неоднократно апробирована для отдельных деталей путем ультразвукового воздействия на них через водную серпентиновую эмульсию. Коллективы специалистов продвинули применение РВС-технологии во многие регионы РФ, в Финляндию (RVS TecOy), в Китай (А.Р.Т.), Японию (компания METARIZER CORPORATION под брендом METARIZER) составы нескольких марок, в т.ч. Metal Surface Treatment, Fe-do), во Вьетнам (TFT), Канаду (RVS-can), Германию (REWITEC), Швецию (RESTAL), на Украину (ХАДО). Так ООО «НПТК СУПРОТЕК» в РФ и в Чехии в некоторый

период ежемесячно производила 80–100 тыс. флаконов 46 разновидностей серпентиновых трибосоставов и поставляла их в 30 стран. Масштабно налажено производство и в Финляндии. Крупные компании производят комплекс трибосоставов: для бензиновых, дизельных ДВС, для КП, АКП, ТНВД, гидроагрегатов, профилактические на период эксплуатации новых машин и ремонтно-восстановительные для безразборного ремонта. Эффективность разнообразия составов многократно подтверждена, шло их совершенствование, апробация в авиации, даже для БЛА.

Например, ЗАО «НПО Руспромремонт» имеет такие «Добавки ремонтно-восстановительные в смазочные материалы РВС» по ТУ 0257-002-74760882-2004, как классические магнезиально-железистые силикаты [3]:

- «РВС 0 - \*» – для прецизионных пар трения;
- «РВС 1 - \*» – для пар трения скольжения, качения, зацепления;
- «РВС 2 - \*» – для сильно нагруженных пар зацепления и качения;
- «РВС 3 - \*» – для открытых и тяжело нагруженных пар;
- «РВС \* - 1» – группа с низкой концентрацией минералов;
- «РВС \* - 2» – группа со средней концентрацией минералов;
- «РВС \* - 4» – группа с высокой концентрацией минералов.

Эти трибосоставы эффективны для всей, в т.ч. автотракторной техники.

А перечень из 46 трибосоставов от «НПТК «СУПРОТЕК» включает составы Актив дизель, Актив плюс дизель, Супротек МКП, Супротек АКП, Супротек редуктор, ТНВД, ГУР, Промкомпозит 001... Промкомпозит 020, триботехнический концентрат и концентрат ПроАктив, смазка Универсал-М.

В компании ООО «РеалИнПроект» под брендом «Fe-do<sup>®</sup>» с соответствующими сертификатом № 2231595 и патентом РФ № 2567543 по ТУ 0254-002-89837311-2016 имеются семь высокоэффективных продуктов:

- 1 – гелиевая мультимодальная добавка для розницы;
- 2 – гелиевая мультимодальная добавка для промышленности;
- 3 – пластичная смазка высокотемпературная для подшипников качения;
- 4 – полимерная композиция для реборд колес, открытых передач;
- 5 – промывка для масляной системы ДВС;
- 6 – состав для восстановления ТНВД;
- 7 – промывка для системы охлаждения.

ООО «РеалИнПроект» и «Metarizer Corporation» давно разработали и применяют серию составов «Fe-do» для розничного и промышленного применения в Японии. ООО «ТРИГГЕР» имеет уникальные высококачественные трибосоставы РВД, отличающиеся от остальных тем, что содержат только самый ценный триботехнический серпентин разновидности «Лизардит» структурной формулы 1Т [4].

Известно открытие «Свойство высокоэнергоплотных минеральных веществ изменять параметры триботехнических систем», а также работы в области минеральных материалов Зуева В.В.

Работы в описанном и в сопутствующих направлениях продолжаются. Для «безразборного ремонта» предлагается ассортимент добавок к сма-

зочным материалам (до 70 марок) отечественных и зарубежных. В их многообразии работникам техсервиса АПК разобраться сложно, т.к. информация о составах представлена рекламно, порой не корректно, в отдельных случаях не подтверждалась практикой. Недостаток объективной информации, недоверие ко всему новому, отдаленность разработчиков от регионов с изношенной техникой тормозят применение нетрадиционного метода ремонтно-восстановительных работ.

Кроме обширного внедрения технологии «безразборного ремонта» серпентиновыми минералами ведутся и научные исследования, которые предстоит в Республике Беларусь нацелить на определение максимально эффективных составов для отечественных автотракторных дизелей.

#### **Список использованных источников**

1. Дунаев, А.В. Нетрадиционная триботехника для повышения ресурса автотракторной техники. Итоги 25-летнего развития / А.В. Дунаев, Е.М. Филиппова. – М.: ГОСНИТИ, 2017. – 252 с.

2. Научно-производственная инновационная фирма «ЭНИОН-БАЛТИКА». Профессиональные триботехнические составы «НИОД» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://niod.ru>. – Дата доступа: 17.03.2022.

3. Руспромремонт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rvs-tech.ru/history.html>. – Дата доступа: 18.03.2022.

4. Управление надежностью сельскохозяйственной техники методами диагностики и триботехники / В.П. Миклуш [и др.]; Минсельхозпрод РБ, УО "БГАТУ". – Минск : БГАТУ, 2019. – 392 с.

**УДК 621.77.04**

### **ИЗГОТОВЛЕНИЕ ШЕСТЕРЕН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДДИТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ЛИСТОВОГО ЛАМИНИРОВАНИЯ**

*Студенты – Слоневская Е.В., 39тс, 4 курс, ФТС;  
Копчик Д.И., 13мтт, 4 курс, АМФ*

*Научный  
руководитель – Толочко Н.К., д.ф.-м.н., профессор  
УО «Белорусский государственный аграрный технический  
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

**Аннотация.** Рассмотрены особенности изготовления металлических шестерен с использованием технологии аддитивной технологии листового ламинирования.

**Ключевые слова:** шестерни, аддитивная технология, листовое ламинирование.