

Vehicle Applications». Sung Chul Cha • Ali Erdemir Editors. Springer International Publishing, Switzerland. 2015. Pp. 191–202.

4. Любимов, Д.Н. Применение эффекта поля для снижения фрикционных потерь маши / Д.Н. Любимов, К.Н. Долгополов, Н.К. Вершинин, А.В. Дунаев. – Тракторы и сельхозмашины. 2014. – № 10. – С. 40–43.

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

6. Канарев, Ф.М. Теоретические основы физхимии нанотехнологий. 2-е издание. – Краснодар: 2008. – 675 с.

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

8. Ладиков, В.В. и др. Безразборные технологии увеличения эксплуатационного ресурса автотранспортной техники. – VISSO, М., 2004. С. 55.

9. Дунаев, А.В. Механизмы образования триботехнических покрытий при использовании геомодификаторов трения / А.В. Дунаев, И.Ф. Пустовой, В.Г. Рыжов. – Труды ГОСНИТИ, М.: 2017. Т. 129. – С. 29–39.

УДК 631.3.02

ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ МАШИН ПРИМЕНЕНИЕМ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ТРИБОСОСТАВОВ

Студент – Сеньковец А.А., маг 19 тс, ФТС

Научные

руководители – Тарасенко В.Е., к.т.н., доцент;

Дунаев А.В., д.т.н., ведущий научный

сотрудник

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,

г. Минск, Республика Беларусь;

ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Изложены этапы исследования и разработки ремонтно-восстановительных трибосоставов, развитие минеральной триботехнологии, способствующей повышению ресурса агрегатов машин.

Ключевые слова: материал, смазка, масло, покрытие, обработка, минерал, износ, испытание, технология.

История создания и применения инновационных трибосоставов.

Традиционные смазочные материалы, достигнув высочайшего совершенства, исчерпали свои возможности в повышении качеств, а рост энергонапряженности узлов и агрегатов машин требует более высокой, порой экстремальной их работоспособности. Кроме того, возможности

смазочных материалов не достаточны для обеспечения надежной работы изношенных узлов и агрегатов машин и до, и после ремонта.

Обычные масла и смазки создают на поверхностях трения мультимолекулярный ворс, или не глубокий модифицированный слой, или содержат дисперсное «третье тело», разделяющие поверхности трения. При аварийном режиме, при температурах 150–180°C, некоторые присадки к маслам образуют нестойкие металлические соединения, легко истираемые, но временно предотвращающие задиры и схватывание сопряжений.

Сложившееся положение в эксплуатации большого парка изношенной техники требует инновационных разработок, чему частично отвечают новые триботехнические составы. Дополнением к традиционным присадкам к смазочным маслам в развитие триботехники явились нетрадиционные трибосоставы. А зародившиеся в СССР с 30-х гг. минеральные трибосоставы, предназначенные для увеличения износостойкости узлов трения, ресурса узлов и агрегатов авиационной техники, возродились с 80-х гг. в гражданском применении как ремонтно-восстановительные составы (РВС с 1995 г.), или геомодификаторы трения (ГМТ), или минеральные модификаторы трения (ММТ) для всего разнообразных машин и оборудования, в т.ч. и для самоходной техники АПК.

Минеральные серпентиновые трибосоставы из гидросиликатов магния работают по иному механизму, чем присадки к маслам. Обработка ими узлов и агрегатов приводит к наращиванию на поверхностях трения антифрикционного покрытия, толщиной от долей мкм до десятков мкм, в отдельных случаях до 1 мм (наноалмазными до 0,32 мм) в процессе эксплуатации, что наиболее актуально для изношенных агрегатов. А так как значительная доля неисправностей узлов и агрегатов машин обусловлена именно небольшими (0,1–0,3 мм) износами сопряжений трения, то достигаемое частичное их восстановление трибосоставами, даже на 0,02 мм, технически и экономически весьма целесообразно. А с маслофильностью антифрикционного покрытия еще более улучшается работоспособность трибообработанных узлов трения. Практика «безразборного ремонта» показала, что такая трибообработка узлов и агрегатов, особенно не имеющих аварийного, предельного износа, является оправданной альтернативой текущему и капитальному ремонту машин и оборудования АПК в их предремонтный и в послеремонтный период. При этом доремонтный период работы агрегатов продлевается на один – три года, значительно уменьшаются затраты на техническое обслуживание и ремонт, на ТСМ, повышается производительность машин [1].

В регионах РФ с 2000 г. появились качественные трибосоставы, но их выбор ремонтниками определяется ближайшими производителями и их дилерами. Наиболее распространены трибосоставы из комплекса

химически нейтральных минералов, они не меняют свойства масел и смазок. Попадая с маслом – носителем в сопряжения трения, они обуславливают модификацию поверхностей трения, в физико-химических процессах наращивают на них антифрикционные аморфные слои как углеродную, алмазоподобную пленку, удерживающую в порах смазку, обладающую пониженным коэффициентом трения и более высокой износостойкостью, чем исходные металлические поверхности.

Трибосоставы частично, а иногда полностью, компенсируя износ, постепенно улучшают работу узлов и агрегатов до нормы, снижают механические потери на трение, обуславливают повышение мощности ДВС, снижение расхода ТСМ. Серпентиновые трибосоставы дают возможность работать на низкосортных (но не загрязненных) маслах, предотвращать аварии при их потере, работать под большими нагрузками, облегчают холодный пуск, снижают ударную динамику сопряжений, их стуки, вибрации и шум, обуславливают уменьшение выброса вредных веществ с ОГ, увеличивают ресурс сопряжений трения в 1,5–3 раза. Все это заметно уменьшает затраты на ремонт и эксплуатацию машин и оборудования, повышает их надежность и производительность.

Трибосоставы вводят в системы смазки узлов, агрегатов или даже непосредственно в сопряжения трения так: после гарантийного периода и несколько позднее – однократно, а для восстановления изношенных сопряжений вместо традиционного ремонта, но в зависимости от результатов первичного и последующего диагностирования – в два-три приема. По окончании удачного «безразборного ремонта» введение трибосоставов на один, два, даже три года работы исправных агрегатов не требуется. В то же время ввод этих трибосоставов в КП, редуктор ВОМ с фрикционными гидромуфтами не допустимо, т.к. трение между дисками резко уменьшается и они пробуксовывают.

Развитие инновационной триботехники. По предложению акад. Вернадского В.И. и акад. Ферсмана А.Е. сотрудниками Государственного института прикладной химии (ГИПХ, г. Ленинград) был трибообработан мотор самолета АНТ-25 для 56-часового перелета из СССР через северный полюс в США (г. Ванкувер). Но эти результаты были закрыты.

С 1942 г. шло медленное внедрение разнообразных импортных трибосоставов в военных отраслях за рубежом и в СССР. Но в НИИ Ленинграда в 60-х гг. был открыт эффект аномально низкого трения гидратов металлов по стали. За развитие и применение данного эффекта в нетрадиционной триботехнике Ленинградские ученые получили несколько медалей и дипломов ВДНХ. А далее на это явление с серпентиновыми минералами активное внимание обратила сотрудник ЛИАП, геолог, к.т.н. Маринич Т.Л. В 1988 г. чл.-корр. АН СССР,

директор Всесоюзного НИИ «Механобр», депутат Верховного Совета СССР д.т.н. Ревнивцев В.И. на базе ДК «Кировского завода» организовал «Академию технического творчества», где Маринич Т.Л. обучала инженеров Ленинграда, что и вызвало продвижение РВС-технологии в начале в институте «Механобр». Слушатели «Академии» организовали НПИФ «Энион-Балтика», НПО «Руспромремонт», другие организации, коллективы специалистов в некоторых ведущих НИИ страны и в серии частных фирм Санкт-Петербурга, где они и заложили научно-практическую базу РВС-технологии.

Серьезную помощь в продвижении инновационной триботехники оказало Постановление СМ СССР № 359 от 27.03.1987 г. «О мерах широкого использования эффекта безызносности в народном хозяйстве на новом качественном технико-экономическом уровне». В его исполнение, в части, касающейся минеральных материалов, под руководством д.т.н. Ревнивцева В.И. был создан центр для исследования и сертификации минеральных материалов для триботехники, где проф. Ревнивцев В.И. по-своему объяснил процессы, происходящие в парах трения с серпентинами Кольского полуострова, научно подтвердил РВС-технологию, способы получения трибосоставов для неё.

Далее были развёрнуты испытания многих типовых узлов и деталей машин с минеральными покрытиями, апробация триботехнологий для горношахтного оборудования (ИГД им. А.А. Скочинского), узлов турбин для геотермальных электростанций Калужского турбинного завода (покрытия в насосах на смазке водой с интенсивностью изнашивания $6,4 \times 10^{-14}$, т.е. в 8 раз ниже обычного), станков, компрессоров, технологических, грузоподъёмных машин, строительно-дорожной техники, судовых дизелей (ВМА им. Н.Г. Кузнецова, д.т.н. В.Н. Половинкин), транспорта: трамваев, локомотивов, автомобилей, судов, метрополитена. Научное обеспечение РВС-технологии осуществляли также ЛИАП – ГУАП, ЦНИИ им. акад. Крылова А.Н., ВИТР, ВСЕГЕИ и многие другие НИИ Ленинграда и регионов.

После 90-х гг. научные исследования в трибоминеральном направлении развивались на частной инициативе в рамках НТО «Конверсионные инициативы» (с 1987 г. вице-президент этого НТО, ст.н.с. ВМА им. Н.Г. Кузнецова, к.т.н. Лазарев С.Ю.), в Ассоциации «Геоэнергетика», учёными ОАО «Механобр», ЦНИИ им. А.Н. Крылова, ЛИАП-ГУАП и другими. Не прекращались широкие исследования по применению минералов в ВМА им. Адмирала флота Н.Г. Кузнецова.

С 1992 г. триботехнологии минералов стали осваиваться на коммерческой основе. Появились фирмы, образованные бывшими сотрудниками научных учреждений, занимавшихся минеральной триботехнологией. Эти организации создают, продают и сами внедряют минеральные трибосоставы. Самые первые из организаций – «Энион –

Балтика» с составом НИОД, проверенным ещё в конце 80-х гг., и фирма «Дедал». Состав НИОД использовался для тяжелонагруженных агрегатов. Но созданный в 1995 г. Никитиным И.В., Матвеевым В.К. Пустовым И.Ф. состав РВС получил более широкое применение. В 1998 г. эта группа создала компанию ЗАО «НПО Руспромремонт», после чего получила известность серия трибосоставов РВС, РЮ-11, Живой металл, ХАДО, Реагент 2000, ФОРСАН, СУРМ, РЕСУРС, РВК, НЭСК. После 2000 г. высокая эффективность РВС-технологии побудила и других активистов начать РВС-бизнес и образовать новые коллективы: НЕОСФЕРА, (состав АРТ), СУПРОТЕК, Ньюмен, НАНОПРОМ, ЦНТ, ХАДО, Конверс-Ресурс, VISSO, REWITEC (Германия), ТРИГГЕР, TriboTECHNOLOGY, ЭДИАЛ и другие. Позже были созданы новые ГМТ: Forsan Nanoceramic, Motor doctor, Трибо, - КАРАТ, АРВК, ТСК-М, Evo[®]lution, Реновит, АТРИ, ТИГР, РЕВИТАЛ, РЕМЕТАЛЛ, WL-1, WL-2.

За прошедшие тридцать лет по трибоминералам защищены 3 научные открытия, 3 докторские и десяток кандидатских диссертаций. За комплекс работ по теории энергетических параметров минералов д.г.-м.н. Зуеву В.В. (ОАО «Механобр») присвоено звание академика РАЕН. Проведены исследования по свойствам покрытий в различных условиях работы минеральных модификаторов поверхностей трения, выявлены режимы работы сопряжений с аномально низким трением. Технологии образования минеральных трибопокрытий использовались и при изготовлении новых машин с улучшенным ресурсом и энергопотреблением. А минеральные трибопокрытия, создаваемые под воздействием мощного ультразвука в Центре ультразвуковых технологий при СПбГУ под руководством заслуженного деятеля науки РФ, д.т.н., профессора Ю.В. Холопова, имеют совершенно новые эксплуатационные свойства.

Работы по минеральным трибопокрытиям в 2002–2015 гг. отмечены многими дипломами, золотыми и серебряными медалями Международных Салонов промышленной собственности «Архимед», выставок «Технологии двойного назначения», «Российский промышленник» и других, в т.ч. международных организаций.

Итак, практика показала, что в РФ создана инновационная технология, позволяющая значительно сгладить проблему изнашивания машин и оборудования и вывести технику на качественно новый, передовой уровень.

Современное развитие минеральной триботехнологии. Импульсом к интенсивному практическому внедрению серпентинов в гражданской триботехнике в 80-е гг. послужили наблюдения геологов о высокой износостойкости колесных пар шахтных вагонеток в горных выработках ГМК «Печенганикель», а также выявленное к.т.н. Маринич Т.Л. и самим изготовителем бурового инструмента его упрочнение при проходке слоев серпентинита на Кольском полуострове. Поэтому для изучения и освоения

геоэнергетики сложилась общность 10–15 крупных НИИ, а в Постановлении СМ СССР № 359 по использованию эффекта безызносности уже было отражено и минеральное направление. В наше время утверждены и некоторые повторные государственные директивы об использовании технологии минеральных покрытий в оборонном комплексе, как технологии двойного назначения.

Один из пионеров применения ГМТ в РВС-технологии – Научно-производственная Инновационная Фирма «Энион-Балтика» создана 10.01.1991 г. на базе Ленинградского филиала Федерации инженеров СССР «Энион». Она привлекла для развития РВС-технологий первых их практических исследователей: к.т.н. Маринич Т.Л. и Телуха Д.М. и в 1991 г. в «Энион-Балтике» общими силами был создан первый трибосостав «ТС НИОД» и с 1993 г. начались его поставки. Ныне выпускаются его разновидности: НИОД-5 и НИОД-2 (жесткий).

В последующие годы этой и другими фирмами проведена широкая практическая апробация РВС-технологии, подтверждена эффективность составов «НИОД», РВС, АРТ, СУПРОТЕК в ведущих НИИ страны: НИИХИММАШ, ВНИИЖТ, НИИАТ, ВНИИАМ, ВТИ, ВНИИТрансМАШ и НПО «Русский Дизель», УралМАШ, НИИ им. Д.И. Менделеева, УрГАПС, НИИТяжМАШ, МТЗ, ГПЗ-11, ГП «Завод им. Малышева» и в др.

Первое применение ТС НИОД состоялось в мае 1991 г.: 13 трамваев Ленинградского трампарка им. Леонова работали без смазки в тяговых редукторах. Отсюда успех позволил перейти на ж.-д. транспорт, быстро ставший одним из наиболее массовых потребителей РВС-технологии. Здесь износ по толщине шестерен тяговых редукторов по 0,1 мм в месяц полностью останавливали лишь однократной обработкой редукторов составом НИОД. И на Октябрьской и Западно-Сибирской железных дорогах десятки электровозов стали работать без смазки в редукторах. Позже было обработано более тысячи локомотивов. Поэтому в 1995 г. Управлением локомотивного хозяйства МПС утверждены временные, а в 2001 г. – постоянные инструкции (ТИ732, ТИ733, ТИ734, ТИ735, ТИ736) по обработке трибосоставом НИОД компрессоров, редукторов и дизелей локомотивов. При этом ТС НИОД снижал коэффициент трения от 4–6 до 9 раз, износ в 6–10 раз, а обусловленные им покрытия были работоспособны до 500 °С. Их толщина на зубьях зубчатых колес редукторов тяговых тележек электровоза ВЛ23 № 477 в депо Ленинград-Сортировочный-Московский достигала 0,6 мм и 1 мм с твердостью 56–58 HRC и Ra 0,16 мкм. После обработки с помощью ТС НИОД общий срок эксплуатации редукторов тяговых тележек без масла к 1996 г. достигал 3 года.

В 1995–1996 гг. Уральская Академия путей сообщения провела трибообработку гребней бандажей колесных пар и зафиксировала снижение в 2–2,5 раза износа колес и в 1,5–2 раза износа рельсов. После

этого ТС НИОД, РВС и их аналоги получили сертификат соответствия РОСС RC Н00065 и согласованное с ВНИИАТ ТУ 0254-002-23124986-96.

Массовым потребителем РВС-технологии была и энергетика, где узлы трения работают при высоких температурах, в агрессивных средах. Здесь ТС НИОД успешно применяли десятки крупных энергетических предприятий. Так в 1993–1996 гг. в «Якутэнерго» НИОДом обработаны тысячи механизмов, десятки из которых для наглядной эффективности переведены в работу без смазки. Экономия за первый год внедрения НИОДа превысила 150 млн. руб. Поэтому ТС НИОД был рекомендован к внедрению и Всероссийским Теплотехническим институтом, а в 2002 г. РАО ЕЭС аттестовало технологию применения ТС НИОД в энергетике РФ в целом.

ТС НИОД применяли и на мощных судовых дизелях. Так Дальневосточное Морское Пароходство и Дальневосточная Морская Академия доказали увеличение ресурса обработанных дизелей почти в 2 раза и экономию дизельного топлива до 15%. В 2001 г. Российский Морской Регистр Судоходства выдал Свидетельство о сертификации предприятия, выполняющего РВС-технологию с ТС НИОД.

В 2001 г. в МО РФ в соответствии с Гособоронзаказом (постановление правительства РФ № 75-4 от 01.02.2001 г.) проведена НИР по изучению триботехнологий. Получены исключительно положительные результаты на всех этапах испытаний (лабораторные, стендовые, натурные). Успешные испытания дизеля на судоремонтном заводе ФСБ были наглядным примером эффективности ТС НИОДа для всего МО.

ТС НИОД применяют в металлургии с тяжелыми условиями работы техники, высокой стоимостью устранения её аварий. Экономический эффект в десятки раз превосходит затраты на обработку. Однако ТС НИОД-2 следует применять особенно, т.к. он обладает абразивностью и после трибообработки его сразу необходимо выводить из узла, агрегата.

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 нескольких часов с пониженной и штатной нагрузкой. 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. Таким образом, НПИФ «Энион-Балтика» впервые сформировала основы технологии

увеличения ресурса изношенных узлов трения отечественными минералами при техническом обслуживании машин и оборудования. Позже РВС-технология была развита не менее чем в 20 организациях и неоднократно апробирована для отдельных деталей путем ультразвукового воздействия на них через водную серпентиновую эмульсию.

Однако 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.

Пионерные коллективы 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 поставляет их в 30 стран. Масштабно производство ГМТ и в Финляндии. Причем, 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 «НПК Руспромремонт», созданное в 2004 г., имеет такие «Добавки ремонтно-восстановительные в смазочные материалы РВС» по ТУ 0257-002-74760882-2004, как классические магнезиально-железистые силикаты:

- «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 и др.

В компании ООО «РеалИнПроект» под брендом «Fe-do®» 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 содержит только самый ценный триботехнический серпентин разновидности «Лизардит» структурной формулы 1Т.

В тоже время имеются не сертифицированные трибопродукты, порой дискредитирующие РВС-технологии. Так в 90-х гг. около 3% из обработанных ДВС автомобилей получали повреждения из-за абразивности трибосоставов. Поэтому важна культура нетрадиционной триботехники и данное издание нацелено на ее повышение и широкое внедрение в АПК.

Кроме обширного внедрения безразборного ремонта серпентиновыми минералами велись и научные исследования. Получен «Диплом № 323 на открытие «Свойство высокоэнергоплотных минеральных веществ изменять параметры триботехнических систем». Формула открытия: Экспериментально установлено неизвестное ранее свойство высокоэнергоплотных минеральных веществ изменять параметры триботехнических систем, заключающееся в том, что при нанесении серпентинов, кварца, магнетита, бадделита и др. на поверхности трения происходит формирование вторичных трибоструктур, приводящих к снижению трения, уменьшению водородного износа, упрочнению поверхности узлов трения.

По тематике серпентиновых трибосоставов выпущены десятки книг, опубликовано более сотни публикаций, имеются сотни протоколов испытаний РВС-технологии на самых разных машинах, на оборудовании многих отраслей промышленности, транспорта и в АПК РФ. Поэтому, пионеры нетрадиционной триботехники считают, что в научном плане проблема торможения трения и изнашивания в нашей стране в научном плане в основном решена, а практическое её использование, особенно в АПК, наиболее нуждающемся в восстановлении изношенной техники, желает много лучшего, для чего и подготовлены настоящие рекомендации.

В целом, пионерами нетрадиционной триботехники являются Петербуржцы: Маринич Т.Л., Телух Д.М., Френкель Ш.Т., Ревнивцев В.И., Зуев В.В., Герман А.Ю., Воробьев А.М. Их продолжатели: Никитин И.В., Червоненко Ю.А., Скобыльсков И.П., Павлов О.Г., Пустовой И.Ф., Лавров Ю.Г., Рыжов В.Г., Ладиков В.В., Сокол С.А., Бондаренко С.Е., Евграфов И.В., Подчуфаров С.Н., Рубаненко А.Н., Шабанов А.Ю. и др. Развитие этого направления продолжают другие разработчики естественных и искусственных трибосоставов и практики их применения в РФ и за рубежом.

Серьезными конкурентами РВС могут явиться углеродные нанокластеры от ООО «НПО ГЕЛАР» при Красноярском институте химии и химической технологии СО РАН: «Суспензия масляная углеродных наноматериалов «GRAF-SB» по ТУ 0257-004-10182605-2016, а также «Смазочная композиция с использованием нано-трубок и нановолокон» по патенту № 2599632, На маслозаводе в г. Хэган (КНР) с подобными углеродными материалами на двух линиях производится 9 типов моторных масел по 20 т в сутки с постепенным расширением объемов. Исследованы эти масла в Голландии. Трибосостав «GRAF-SB» можно получать из Красноярска.

Поставщики масел подвергали трибосоставы обструкции как недомыслие. Но они, работая не с маслом, а с поверхностями трения, постепенно завоевывают доверие владельцев техники. И поэтому некоторые маслоработчики, например во ВНИИ НП, проводя собственные трибоиспытания серпентинов, уже не игнорируют трибосоставы, а концерн ХАДО с 2000 г. выпускал масло с серпентиновой добавкой. К этому подходят концерн «Лукойл», фирма «Oil Standart», а возможно это без оглашения давно делает фирма «Mobil».

Общепринятая терминология в нетрадиционной триботехнике почти сложилась. В 1991 г. в «Энион-Балтике» впервые предложен термин «триботехнический состав» (ТС), позже – другие термины: геомодификатор трения (ГМТ), минеральный модификатор поверхностей трения (ММПТ), минеральный модификатор трения (ММТ), геотрибомодификатор (ГТМ), но наиболее широко используется аббревиатура РВС (ремонтно-восстановительный состав) и ГМТ.

Работы в описанном и в сопутствующих направлениях в России и за рубежом продолжают. Для «безразборного ремонта» предлагается ассортимент добавок к смазочным материалам (до 70 марок) отечественных и зарубежных. В их многообразии работникам техсервиса АПК разбираться 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. И это издание направлено на устранение этих затруднений.

Нетрадиционная триботехника актуальна практически во всех отраслях промышленности, особенно в АПК, в связи со значительной выработкой ресурса МТП, другого оборудования и недостатком средств на полную или частичную их замену. Но в тоже время, когда обработаны миллионы агрегатов, машин и оборудования, разработчики направления, проведя сотни исследований, из-за недоверия и инфантильности все еще вынуждены доказывать высокую эффективность РВС-технологии.

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. Миклуш, В.П. Обоснование применения минеральных трибосоставов для проведения безразборного ремонта / В.П. Миклуш, В.Е. Тарасенко, А.В. Дунаев. // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. – 2017. – №7. – С. 43–51.
3. Управление надежностью сельскохозяйственной техники методами диагностики и триботехники [Текст] / В.П. Миклуш [и др.] ; Минсельхозпрод РБ, УО «БГАТУ». – Минск : БГАТУ, 2019. – 392 с.

УДК 621.77.04

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

*Студенты – Груша А.А., 15 нп, 2 курс, АМФ;
Копчик Д.И., 13 мпт, 1 курс, АМФ;
Марханова В.В., 23 мо, 2 курс, ФТС*

*Научные
руководители – Толочко Н.К., д.ф.-м.н., профессор;
Авраменко П.В., к.т.н., доцент
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Рассмотрены особенности проектирования изделий сложных конструктивных форм, реализация которых обеспечивается благодаря уникальным возможностям аддитивных технологий, используемых для их изготовления.

Ключевые слова: проектирование, деталь, конструкция, аддитивная технология.

Аддитивные технологии (АТ) – это обобщенное название технологий изготовления трехмерных (3D) изделий по их компьютерным моделям пу-