



УДК 621.43.068
ГРНТИ 78.25.09

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА ИЗНОШЕННОЙ ТЕХНИКИ



М.В. БАСАРЕВ
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)



В.В. ИЛЛАРИОНОВ, кандидат технических наук, доцент
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)

Л.В. ВЕЛИКАНОВА
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)
А. В. ДУНАЕВ, кандидат технических наук
ФГБНУ ГОСНИТИ (г. Москва)

В статье изложены методы повышения ресурса узлов трения машин и оборудования при их техническом обслуживании на основе введения в масла триботехнических составов и электрических зарядов.

Ключевые слова: масла смазочные; триботехнические составы; электрический заряд; коэффициент трения; износ.

PERSPECTIVE METHODS OF INCREASING OF THE RESOURCE OF THE WORN-OUT EQUIPMENT

M.V. BASAREV
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)
V.V. ILLARIONOV, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)
L.V. VELIKANOVA
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)
A.V. DUNAIEV, Candidate of Technical Sciences
FGBNU GOSNITI (Moscow)

The methods of increasing of the resource of the nodes of friction of the machines and equipment under their technical maintenances on base of the introduction to butters tribotechnical composition and electric charge are stated in the article.



Keywords: butters lubricating; tribotechnical compositions; electric charge; factor of friction; wear-out.

Введение. В настоящее время в России более 15 млн отечественных автомобилей имеют возраст старше трех лет, более 70 % военной автомобильной и специальной техники имеют срок эксплуатации свыше 15 лет, что вызывает физическое старение техники, значительный износ деталей в ее механизмах и узлах, и сопровождается большими материальными затратами, связанными с частым обращением в ремонтные органы. Износ является причиной отказов до 80% узлов и агрегатов машин и оборудования. Сегодня достижения машиностроения и нефтехимии обеспечили высокую износостойкость узлов трения машин и оборудования, но возможности дальнейшего совершенствования техники и смазочных материалов требуют нерациональных затрат [1].

Эффективным приемом в повышении ресурса и износостойкости узлов и агрегатов машин является обеспечение на поверхностях трения деталей ремонтно-восстановительных антифрикционных покрытий триботехническими методами. Эти методы, апробированные многими десятилетиями при проведении технического обслуживания (ТО) машин, позволяют до 2-3 раз увеличить срок службы агрегатов, на 5-20% уменьшить расход топлива самоходных машин и до 30% – эксплуатационные затраты [2, 3].

Актуальность. Введение в масла узлов и агрегатов автомобильной и специальной техники разнообразных химически активных веществ, суспензий частиц природных и искусственных минералов, создающих пленочные противоизносные покрытия, или повышающих адгезию смазки, или только модифицирующих поверхности трения, технически и экономически оправданно с рентабельностью 500-800% [4, 5].

В этом направлении в РФ и за рубежом возникла инновационная ветвь – «безразборный технический сервис» – повышение работоспособности и ресурса узлов и агрегатов, особенно самоходных машин, введением в их смазку специальных веществ и электрических зарядов [3]. Этот сервис, как часть общей системы ТО и ремонта самоходных машин, отвечает всем периодам их жизненного цикла и может включать: приработку, диагностирование, ввод профилактических трибосоставов, химмотологический тюнинг, очистку систем смазки, топливоподдачи, охлаждения и, самое главное, восстановление работоспособности изношенных узлов, не имеющих аварийных дефектов, ремонтно-восстановительными составами [1-7].

В условиях спада экономики такой сервис является важной и необходимой потребностью, для удовлетворения которой имеются многие возможности [1-7]. При незначительных суммарных затратах на трибообработку (менее 1% эксплуатационных затрат) их регулярное и квалифицированное проведение повышает надежность, экономичность и безопасность эксплуатации изношенной техники. Поэтому, безразборный сервис с экспресс-контролем масла по «капельной пробе» [5-7] должен стать регламентным.

Показатели рабочих свойств моторных масел являются комплексными диагностическими признаками для выявления неисправностей ДВС, повышения интенсивности их изнашивания, а отчасти и выявления причин ухудшения их рабочих процессов. Кроме того, показатели состояния масла позволяют точнее устанавливать периодичность ТО ДВС, заметно повышать надежность и срок их службы, снижать затраты труда и средств на техническую эксплуатацию машин. Капельная проба для экспресс-оценки моторных масел особенно практична в эксплуатации машин всех отраслей. Это обусловлено, например, тем, что щелочное число, количество и активность присадок в маслах примерно соответствуют моющим свойствам, т.е. размерам в нем частиц загрязне-



ний. А в «капельной пробе» как раз используется различие проникающей способности разных размеров частиц в поры фильтровальной бумаги (ГОСТ 12026-76). Чем больше частицы – тем меньше их проникновение в бумагу, тем меньше размер масляного пятна. Если же частицы много больше размера пор бумаги или они скоагулированы, то капля масла на бумаге не растекается вообще. Степень же загрязнения масла проявляется в степени почернения масляного пятна, а аварийная обводненность – струйками воды из расплывающегося масляного пятна. Метод очень прост и заключается в следующем. На листок белой фильтровальной бумаги наносят каплю масла и ждут, пока она полностью не расплывется по бумаге. По образовавшемуся масляному пятну характеризуют изменение рабочих свойств масла. Преимуществом данного метода является его высокая чувствительность к определению диспергирующе-стабилизирующих свойств (ДСС) моторного масла, в то время как у любого аналитического метода существует ряд ограничений в однозначности постановки диагноза о состоянии служебных свойств [10].

В эксплуатацию самоходной техники необходимо включать: обкатку приработочными составами; в предремонтной эксплуатации – профилактику мягкими составами; при выработке ресурса – восстановительную обработку; после ремонта – обкатку притирочными составами с заменой их профилактическими. Во всем периоде эксплуатации машин целесообразен ввод в масла агрегатов электрических зарядов из постоянного тока бортовой системы электрооборудования машин [8, 9].

Механизмы действия разнообразных триботехнических материалов, естественно, различны [5-7]. Разные трибосреды в разных условиях формируют различные покрытия или различно модернизируют поверхности трения. Например, минеральные частицы могут подвергаться механической нагартовке, быть третьим телом в соединениях, другие материалы могут участвовать в адгезии, хемосорбции, электрохимическом металлоплакировании, а особенно активные – в трибохимии и трибополимеризации, в катализе углеродных алмазоподобных пленок [5-7]. Возможно, например, что мягкая шлифовка высокодисперсными частицами серпентиновых и других минералов открывает каталитически активные поверхности металлов, идут каталитическая активация и преобразование частиц минералов, деструкция компонентов масла, образование полимеров, смол и лаковых отложений, а в итоге – образование ремонтно-восстановительного покрытия [5].

Оригинально проходит трибообработка двигателей внутреннего сгорания (ДВС) серпентиновыми трибосоставами [5]:

- работа ДВС становится неустойчивой, из выпускной трубы может выделяться серо-грязный дым с паром, каплями и брызгами воды; водовыделение до 1,5 л, особенно при первой обработке, идущее при отрицательных температурах и при плюс 40 °С, может продолжаться несколько дней [5]; считается, что наибольшее водовыделение у ДВС с закоксованной цилиндро-поршневой группой (ЦПГ); повышенное водовыделение – отличительный признак работы серпентиновых составов: «Нет воды – добавь серпентина!»;

- обработка интенсивнее на поработавших, частично расходуемых маслах, целесообразна за 50-100 мото·ч до смены масла; ввод в масло сажи ускоряет ее; положительные факторы процесса: давление, температура, в холодном масле она идет не интенсивно;

- происходит очистка ЦПГ и компрессия в ДВС в начале может уменьшаться, но по мере наращивания ремонтно-восстановительного покрытия – повышается;

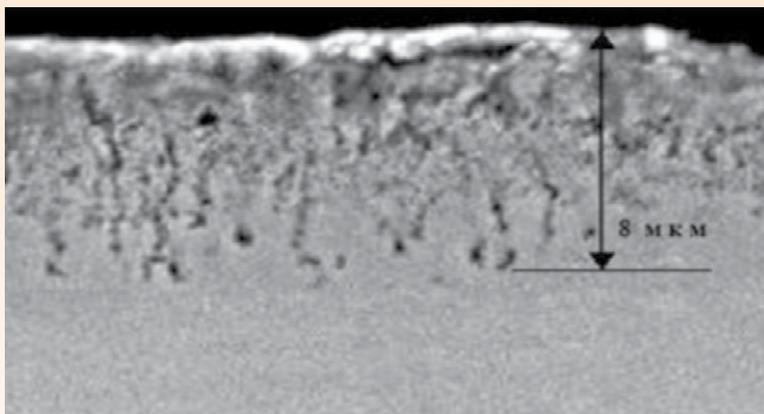
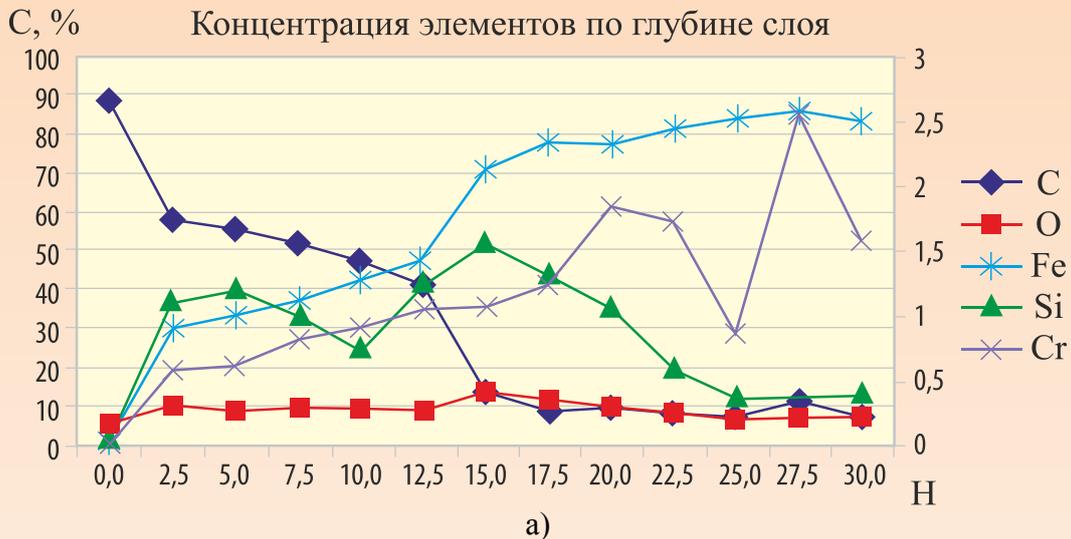
Следует учитывать, что ремонтно-восстановительная трибообработка [5-7]:

- целесообразна при износе узлов трения на 50-80 %, возможна при запредельном, но не аварийном состоянии узлов и их масла;



- требует предварительного диагностирования, ее целесообразнее проводить самими разработчиками составов с получением гарантийного документа качества;
- минеральные трибосоставы безопаснее применять в узлах трансмиссии и ходовой части (шарниры карданных валов и рулевого управления, цепные передачи, другие открытые сопряжения), где можно существенно уменьшить износ.

Серпентиновые трибосоставы создают прочные аморфные покрытия, показанные на рисунке 1. Проведенные исследования во Франции, Китае, Финляндии показали, что поверхность покрытий на 90 % состоит из углерода. По графику рисунка 1а, видно, что на дне покрытия находятся металлы, выше – состав меняется с накоплением углерода. Рисунок 1б демонстрирует шлиф среза гильзы цилиндра дизеля китайского тепловоза после обработки составом «АРТ», с пробегом 150 тыс. км, где видно пористое покрытие толщиной 8 мкм. Электросопротивление покрытия 10-300 Ом/см. Поверхность покрытия высокой чистоты и твердости, прозрачна, под ней видны следы механической обработки. Цвета покрытия – жёлто-золотистый, золотисто-сиреневый, светло-серый, оно сгорает от воздействия электрическим током [5-7]. Эффект обработки проявляется через час, но продолжает, как и лакообразование в ЦПГ, наращаться в эксплуатации уже и без трибосостава.



б)

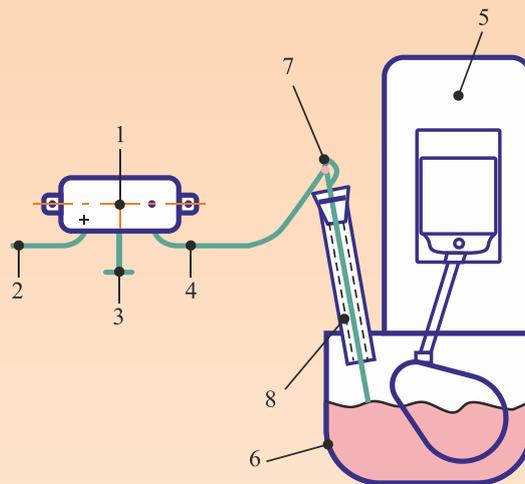
а) элементный состав покрытия; б) пористое покрытие толщиной 8 мкм

Рисунок 1 – Прочные аморфные покрытия



Известны также трибохимические составы, поддерживающие свойства смазок [5]. Доказана трибоэффективность и электрического воздействия на масла, на их присадки для повышения адгезии к металлам [8, 9] прокачиванием масла в электрическом поле (1000 В/мм) [8]. Недавнее новое направление в триботехнической модификации масел – эмиссия в них электрических зарядов от источника постоянного тока 12...24...60 В с изолированного электрода [9].

Например, нерегулируемым низковольтным источником тока – электронным регулятором трения (ЭРТ), разработанным в ИЦ «ЛИК» под руководством к.т.н. Любимова Д.Н. [9] и апробированным им на большом числе автомобильных ДВС и на других агрегатах, можно катализировать или ингибировать смазочное действие. Использование ЭРТ просто, например, через масломерный щуп агрегата, как показано на рисунке 2 [9].



1 – ЭРТ; 2 – вход электропитания (1 Вт); 3 – выход на масломерный щуп; 4 – выход на массу агрегата; 5 – агрегат; 6 – масло агрегата; 7 – масломерный щуп; 8 – изолирующая трубка

Рисунок 2 – Схема подключения электронного регулятора трения на ДВС по Д.Н. Любимову [9]

По результатам испытаний [9] ЭРТ может в 1,5-2 раза увеличить ресурс узлов трения со снижением их износа на 25-30%. В эксплуатации снижение расхода топлива бензиновых, дизельных, газовых ДВС с ЭРТ – 3-4% достигает 10-12%, снижается выход CO и CH – на 19%, а выход NO_x увеличивается на 6-9% [9]. Однако имеются проблемы с выбором режимов работы ЭРТ и зонами воздействия на масла.

Выводы. Описанный безразборный сервис особенно актуален для изношенных машин и оборудования. Для его широкого продвижения нужна активная работа НИИ и вузов, частных компаний, а также государственное внимание. Необходимо тщательно отрабатывать приемы комплексного технического обслуживания и ремонта машин, включающие обслуживание силовых установок (ДВС), насосов высокого давления, трансмиссий, гидравлических систем (в том числе топливных и систем смазки ДВС), наладить стабильное производство трибосоставов, а также обобщить рекомендации для реализации всего комплекса наработок «безразборного сервиса».

Следует отметить, что назрела необходимость введения рекомендаций по применению достижений триботехники в государственные и отраслевые стандарты, чтобы реализовывать новые технологии диагностирования, ТО и ремонта машин и оборудования.

Достижения науки и практики позволили разработать эффективные методы повышения ресурса узлов трения изношенной автомобильной и специальной техники, которые увеличивают срок её эксплуатации и способствуют повышению боеготовности вооруженных сил.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новиков В.И. Роль трибологии в предотвращении всемирной экологической катастрофы // Трибология машиностроению: труды 10-й юбилейной Всерос. научно-техн. конф. с участием иностранных специалистов (19-21 ноября 2014). М.: ИМАШ РАН. С. 90–91.
2. Ремонтно-восстановительные препараты для техники / В.И. Балабанов, В.И. Беклемышев, И.И. Махонин, В.К. Филиппов // Сельский механизатор. 2005. № 11. С. 40–41.
3. Балабанов В.И., Потапов Г.К. Методы безразборного восстановления автомобильной техники // Диагностика, надежность и ремонт машин: сборник научных трудов МГАУ. М., 1995. С. 92–97.
4. Балабанов В.И., Болгов В.Ю. Автомобильные присадки и добавки. М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2011. 68 с.
5. Дунаев А.В. Нетрадиционная триботехника. Модификация поверхностей трения. Lamdert Academic Publishing, 2013. 270 с. ISBN 978-3-659-43333-7.
6. Дунаев А.В., Лялякин В.П., Соловьев Р.Ю. Технологические рекомендации по повышению ресурса агрегатов тракторов ремонтно-восстановительными добавками к смазочным маслам. М.: ГОСНИТИ, 2013. 96 с.
7. Эффективность применения минеральных модификаторов при техническом сервисе в АПК / А.В. Дунаев, В.В. Ладиков, И.Ф. Пустовой, И.Г. Голубев. М.: Росинформагротех, 2014. 161 с.
8. Воронин С.В., Дунаев А.В. Влияние электрического и магнитного поля на механизм действия присадок к маслам // Гомель: Трение и износ. 2015. Т. 36. № 1. С. 643–649.
9. Структура смазочных слоев, формируемых при трении в присутствии присадок минеральных модификаторов трения / Д.Н. Любимов, К.Н. Долгополов и др. // Гомель: Трение и износ. 2009. № 5 (30). С. 516–521.
10. Оценка стабильности эксплуатационных качеств моторных масел, применяемых в перспективных роторно-поршневых двигателях / М.В. Басарев, Л.В. Великанова, В.В. Илларионов, А.В. Дунаев // Сборник статей по материалам II Всероссийской научно-техн. конф. (15–16 марта 2016 г.). Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2016. 304 с.

BIBLIOGRAPHY

1. Novikov V.I. The Role tribology in prevention of the worldwide ecological catastrophe // Tribology machine building: the Works 10th jubilee All-Russian research conference with participation foreign specialist (On 19-21 Nov. 2014). M.: IMASH RAS. P. 90–91.
2. Repair-reconstruction preparations for technology / V.I. Balabanov, V.I. Beklemyshev, I.I. Mahonin, V.K. Filippov // Rural machine operator. 2005. No. 11. P. 40-41.
3. Balabanov V.I., Potapov G.K. The Methods not to analyse recovering the car technology // Diagnostics, reliability and repair of the machines: collection of the scientific works MGAU, 1995. P. 92–97.
4. Balabanov V.I., Bolgov V.Yu. The Car additives and additives. M.: Publishing house RSAU-MAA of K.A. Timiryazev, 2011. 68 p.
5. Danube A.V. Non-traditional tribology. The modification of the surfaces of friction. Lamdert Academic Publishing, 2013. 270 p. ISBN 978-3-659-43333-7.



6. Danube A.V., Lyalyakin V.P., Solovyov R.Yu. The Technological recommendations on increasing of the resource unit tractor repair-reconstruction additive to lubricating butter. M.: GOSNITI, 2013. 96 p.

7. Efficiency of the using mineral modifier under technical service in APK / A.V. Danube, V.V. Ladikov, I.F. Pustovoy, I.G. Golubev. M.: Rosinformagroteh, 2014. 161 p.

8. Voronin S.V., Danube A.V. Influence electric and magnetic field on mechanism of the action additive to butter // Gomel: Friction and iznos. 2015. Vol. 36. No. 1. P. 643–649.

9. Structure of the lubricating layers, formed at friction in whitness of additive mineral modifier friction / Lyubimov D.N., Dolgoplov K.N. et al. // Gomel: Friction and wear-out. 2009. No. 5 (30). P. 516–521.

10. The Estimation to stabilities working quality motor oil applicable in perspective rotor-piston engine / M.V. Basarev, L.V. Velikanova, V.V. Illarionov, A.V. Dunaev // Coll. of articles on materials of the 2nd All-Russian sci.-tech. conf. (On 15-16 Mar. 2016). Voronezh: MESCAF «AFA», 2016. 304 p.

© Басарев М.В., Илларионов В.В., Великанова Л.В., Дунаев А.В., 2017

Басарев Михаил Владимирович, научный сотрудник научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, vaiu@mil.ru

Илларионов Владимир Викторович, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, vaiu@mil.ru

Великанова Лина Владимировна, инженер кафедры радиоэлектроники, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, vaiu@mil.ru

Дунаев Анатолий Васильевич, кандидат технических наук, заведующий лабораторией разработки технологий безразборного сервиса узлов и агрегатов машин с применением триботехнических составов (№ 5), ФГБНУ ГОСНИТИ, Россия, г. Москва, vaiu@mil.ru