

**Дунаев А.В.**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный Инженерный центр ВИМ»  
г. Москва, Россия  
E-mail: dunaev135@mail.ru

**Миклуш В.П.**

Белорусский государственный аграрный технический университет.  
г. Минск, Республика Беларусь  
E-mail: miklush@tut.by

**ИННОВАЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ В  
ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА**

УДК 621.43.068

*В работе изложены методы повышения ресурса узлов трения сельскохозяйственной техники при ее техническом обслуживании на основе введения в масла серпентиновых, нанокремниевых триботехнических составов, а также электрических зарядов через масломерный шуп автотракторных двигателей. Приведен инновационный метод повышения ресурса с использованием механо-химических активаторов моторных топлив.*

**Ключевые слова:** безразборный сервис, триботехнические составы, масла смазочные, электрический заряд, коэффициент трения, износ.

**Актуальность проблемы.** В сельском хозяйстве нередко используются тракторы, комбайны и другая самоходная техника с израсходованным эксплуатационным ресурсом, имеющая пониженную надежность и требующая значительных эксплуатационных затрат. Инженерные службы, особенно в недостаточно развитых в экономическом отношении хозяйствах, работы, связанные с техническим обслуживанием и ремонтом машин, проводят своими силами на ремонтно-обслуживающей базе, имеющей низкий уровень технологической оснащенности, что обуславливает низкое качество выполняемых работ. Это и другие факторы обуславливают необходимость применения инновационных методов и средств повышения надежности и ресурса изношенных машин, как отечественного, так и импортного производства.

**Анализ публикаций по данной проблеме.** Эффективным методом в повышении ресурса узлов трения машин является образование в них, апробированных антифрикционных покрытий триботехническими методами [1-15]. Они позволяют в 2-3 раз увеличить межремонтный ресурс даже изношенных агрегатов, на 5-20 % уменьшить расход топлива и до 30 % - эксплуатационные затраты.

Инновационный «безразборный технический сервис», введением в масла химически активных веществ, суспензий частиц природных и искусственных минералов, создающих антиизносные покрытия, или повышающих адгезию смазки, или модифицирующих поверхности трения, существенно повышает надежность, экономичность и безопасность эксплуатации изношенной техники и рентабелен на 500-1200 % [3-9, 15].

«Безразборный сервис» [5] отвечает всем периодам жизненного цикла машин и включает приработку, диагностирование, ввод профилактических трибосоставов, экспресс-контроль масел по «капельной пробе» при каждом ТО, химмотологический тюнинг, очистку систем смазки, топливоподачи, охлаждения, а главное – восстановление изношенных неаварийных узлов трения серпентиновыми [1-3, 6,7,8-13], нанокремниевыми [9] и нанокремниевыми ремонтно-восстановительными трибосоставами «GRAF-SB» (ТУ 0257-004-10182605-2016) [18], их аналогами из Республики Беларусь (г.Минск, НП ЗАО «СИНТА», Украины (г. Харьков, химический концерн ХАДО), России (г.Дзержинск, ООО «Реал-Дзержинск»).

Для реализации инновационных приемов ТО имеются все предпосылки, они должны быть узаконены в соответствующей НТД, С этой целью в настоящее время проходит апробацию 2-я редакция обновляемого межгосударственного стандарта ГОСТ

20793 «Тракторы и машины сельскохозяйственные. Техническое обслуживание» [16].

Особую значимость в новых приемах имеют, серпентиновые трибосоставы, которые в приработке при ТО и в процессе обычной эксплуатации создают антифрикционные покрытия (рис. 1, 2), состоящие на 90 % из углерода. Их электросопротивление 10 – 300 Ом/см, поверхность – зеркальной чистоты и твердости, прозрачно, под ними видны следы механической обработки. Толщина покрытий обычно до 10 мкм, ( но имеются данные и до 120, 200, 600 мкм.), цвет – жёлто-золотистый. Эффект обработки проявляется через час и усиливается в эксплуатации даже после смены масла и на сухую.

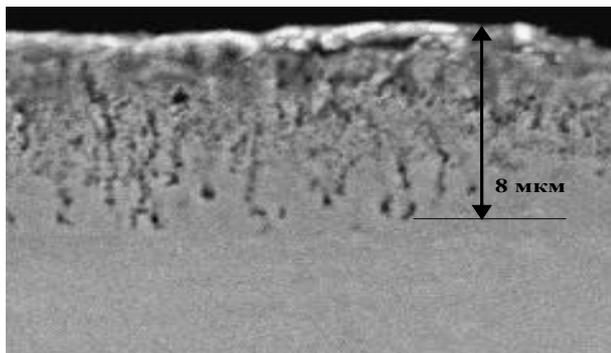


Рис. 1 – Шлиф поверхности гильзы цилиндра дизеля тепловоза, обработанного серпентиновым «АРТ» и пробега 150 тыс. км. ( на шлифе видны поры покрытия)

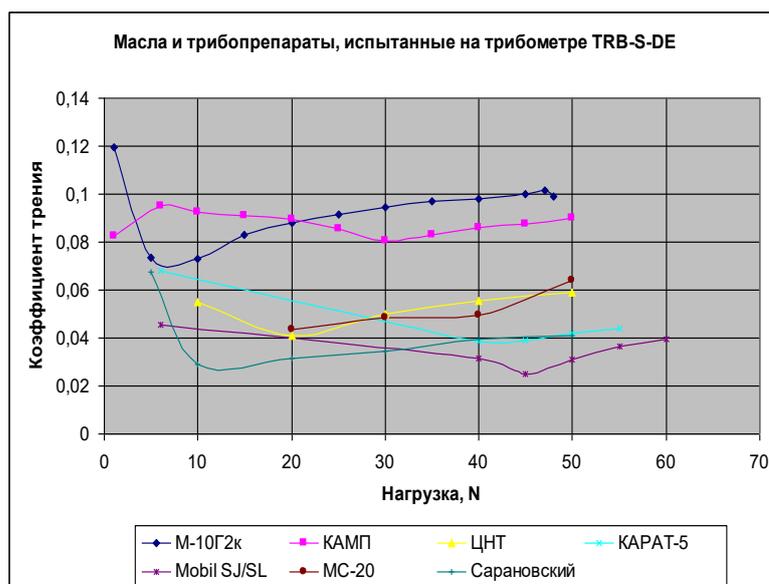


Рис. 2 – Коэффициенты трения пары палец-диск в масле Mobil API SJ/SL, в масле М-10Г<sub>2к</sub>, а также с введенными в него трибосоставами: КАМП, «ЦНТ», МС-2, (ГОСНИТИ и ООО «РИП»), «Сарановский» (ГОСНИТИ и ВИЭСХ), наноалмазный КАРАТ (ООО «Реал-Дзержинск» и Красноярский ИХХТ)

Эти составы убедительно апробированы на большом количестве самых различных агрегатах в десятках организаций РФ, Украины, Финляндии, Японии, Германии, в других странах Европы, Азии, Африки, Америки. Показателен пример СПК «Колгинское» Челябинской обл., где безаварийному дизелю трактора К-701 через 18 мес. от капитального ремонта с расходом топлива 30839 л потребовалась замена ЦПП за 32 тыс. руб.. Но в феврале-мае 2003 г. за 9200 руб. провели трехкратную приработку составом РВС от НПО «Руспромремонт» и трактор проработал еще 52 мес. с расходом топлива 76 тыс. л. и с экономией ТСМ.

Во всем периоде эксплуатации целесообразно и электрическое воздействие на масла агрегатов. Так прокачка масел в электрическом поле (1000 В/мм) устройств Харь-

ковской Академии железнодорожного транспорта (д.т.н. Воронин С.В.) повышает их адгезию к металлам [17]. При этом более простой прием (рисунок 3) – это эмиссия с изолированного электрода электрических зарядов в масла от электрооборудования (12...24...60 В) машин [18].

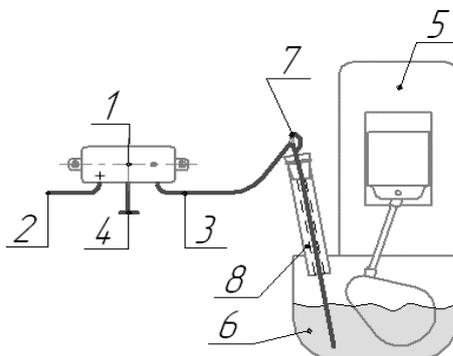


Рис. 3 – Схема подключения поляризатора к ДВС:  
 1 – поляризатор, 2 - вход электропитания (12-60В, 1 Вт), 3 - вывод на масломерный щуп, 4 – вывод на массу агрегата, 5 – агрегат, 6 – масло агрегата, 7 - масломерный щуп, 8 - изолирующая трубка

Пионерное в таком приеме устройство – «поляризатор» от «ИЦ «ЛИК», апробированный на большом числе ДВС и на силовых агрегатах [15], заметно усиливает смазочное действие (рисунок 3). По результатам испытаний поляризатор в 1,5-2 раза увеличивает ресурс узлов трения со снижением их износа на 25-30 %. Снижение расхода топлива бензиновых, дизельных, газовых ДВС с «поляризатором» составляет 3-4 %, достигает 10-12%, уменьшается выход CO и CH – на 19 %, но NO – увеличивается на 6-9 %. При этом актуальным является использование напряжения до 100 В.

Поляризатор безопасен, не требует ограничений, разрешений, специального персонала. Преимущество: действие постоянно, независимо от смазочного материала, вида сопряжения, режимов работы узлов. После его отключения параметры, например, ДВС, снижаются к исходным. С 2015 г. в РФ более 400 машин работали с поляризатором. Отмечено повышение приемистости ДВС, отрицательных случаев нет [2]. Возможно применение промышленных преобразователей + 12 В/ + 50 В.

В Наноцентре ГОСНИТИ проведены испытания поляризатора на трибометре TRB-S-DE со стальной трибопарой «палец-диск» при вводе в бурун масла М-10Г<sub>2</sub>К медного, алюминиевого, оловянного, цинкового, стального и угольного электродов (рис. 4, 5).

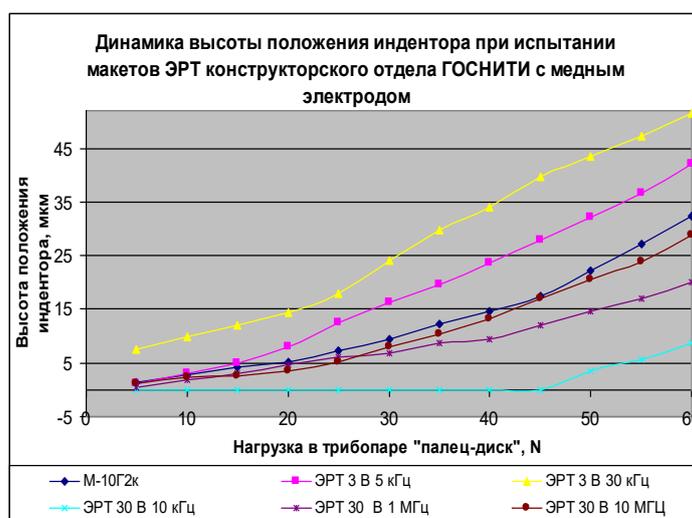


Рис. 4 – Результаты испытаний пары «палец-диск» при подаче электричества на медный электрод в масле: выявлено, что для уменьшения изнашивания трибопары целесообразно использовать повышенное униполярное напряжение (30-100 В)

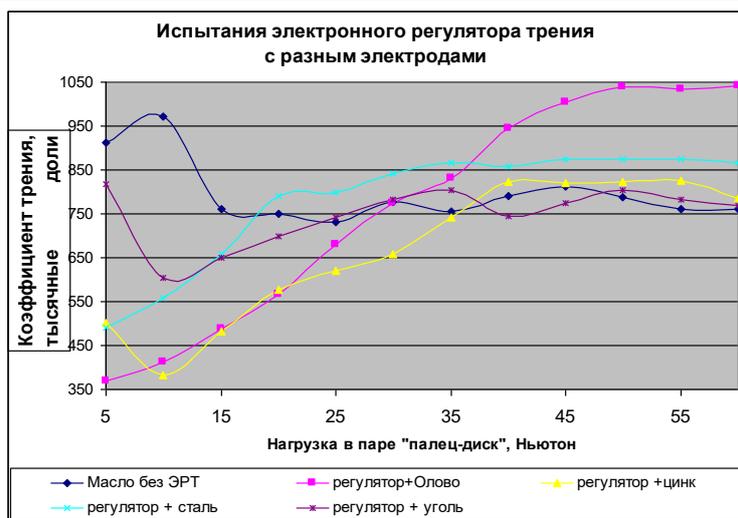


Рис. 5 – Результаты испытаний поляризатора с различными электродами; с цинковым, при нагрузке 10 Н коэффициент трения пары «палец-диск» в масле М-10Г<sub>2</sub>К снизился с 0,098 до 0,037.

Эксплуатационные испытания поляризатора инженером Железницким А.И. на автомобиле ВАЗ-2131М показали уменьшение путевого расхода топлива минимум на 3 %, а в сравнении с городским циклом без ЭРТ около 9 %. Лучшие результаты получены д.т.н. Шарифуллиным С.Н. на триботехнически необработанном автомобиле Хундай АХ 35 на трассе Чистополь-Казань и обратно: расход топлива с ЭРТ снижался с 8,5-10 до 7,1 л/100 км.

Другая инновация – механо-химический активатор моторных топлив профессора Воробьева Ю.В. (патент РФ № 2411074 [19]). Активатор (рисунок 6) в цилиндре длиной 150 мм, диаметром 30-50 мм встраивается в любую топливную систему ДВС. В отличие от активаторов НАТИ и других не содержит химических веществ, не ухудшает свойств бензина, дизтоплива, авиационного керосина.

Активатор повышает ресурс ДВС за счет меньшей жесткости работы, легкого пуска при низких температурах и уменьшения нагарообразования.

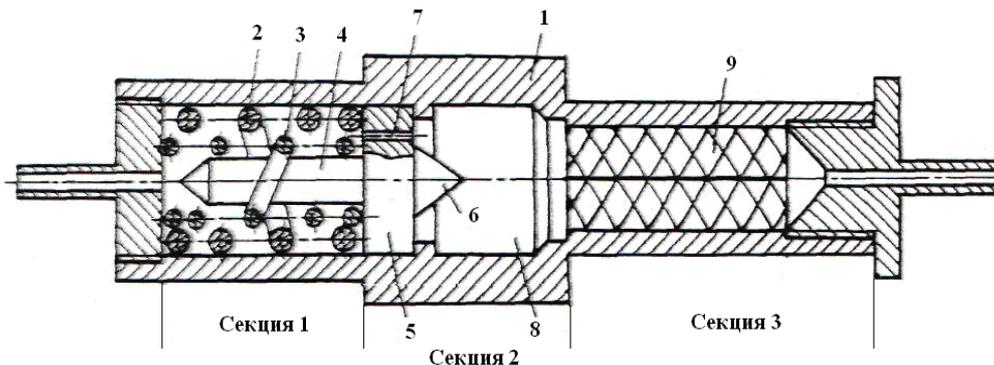


Рис. 6 – Схема активатора:  
 секция 1 – завихрение и перемешивание топлива, секция 2 – кавитация, секция 3 – резка цепочечных молекул  
 1 – корпус; 2 и 3 – винты; 4 – стержень; 5 – диск; 6 – конус; 7 – каналы; 8 – промежуточная камера; 9 – смеситель

Активатор первоначально был испытан на ДВС КамАЗ-740 и ЗМЗ-406 в академии ВВС им. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, проверен хроматографией восьми разных сортов бензина и четырех сортов дизтоплива в ФГБНУ ВНИИТиН, контролем их расхода и выброса вредных веществ с отработавшими газами ДВС. Хроматограммы дизельного топлива показали уменьшение доли тяжелых углеводородов и увеличение легких (например, 3 метил-пентана до 37 %). В бензине содержание толуола повышается до 16%, в авиакеросине – нонана и декана – до 21 %. Активатор апробирован на рапсовом масле, в дизельных топливах. При этом выявлено снижение содержания серы с 0,032 до 0,015 %, смол с 7,4 до

0,8 мг/100 мл.

Активатор также испытан и в Rochester Institute of Technology (США). Показано уменьшение выбросов в ОГ: NO - до 17 %, NO<sub>2</sub> - до 14 %, CO - до 49 %. содержания серы в дизтопливе до 50 %, смол в 7-9 раз.

Подтверждено, что после выхода топлив из активатора их преобразования продолжается, небольшая доля активированного топлива, введенная в неактивированное, повышает долю активированного в 1,3 раза [19].

Достоинство механоактивации - необратимость, что может использоваться в производстве топлив, соответствующих нормам ЕВРО-5. При этом разные по качеству нефтепродукты доводятся до одинаковых физико-химических показателей с удалением серы.

В дополнение к стендовым и дорожным испытаниям, где уменьшение расхода бензина достигало 31,9 %, в лаборатории ВУНЦ ВВС ВВА РФ на стенде КИ-568-ГОСНИТИ с дизелем ЯМЗ-236 активатор испытан на трех дизельных топливах при установках его в магистрали прямой подачи топлива в ТНВД, в магистрали слива из него [19]/ В одиннадцати испытаниях выявлено уменьшение расхода топлива в среднем на 26,3 % (табл. 1).

Таблица 1

Результаты испытаний усовершенствованного активатора

Частота вращения коленчатого вала, мин <sup>-1</sup>	Наличие активатора	Удельный расход топлива, кг/ч	Экономия, мл/%
1100	+	267	71/21,0
1100	+	253	85/25,2
1100	-	<b>338</b>	-
1100	+	267	71/21,0
1280...1300	+	244; 209,7 при 1100 мин <sup>-1</sup>	128,3/38,0
<b>Среднее</b>		<b>249,18</b>	<b>88,83/26,3</b>

Механоактивация топлив революционно развита их гидрированием в серии 16-летних разработок под руководством академика УАН Войтовича А.В. [20].

#### Выводы:

1. Достижения науки и практики создали эффективные приемы повышения в эксплуатации надежности узлов трения машин и оборудования и, по мнению вице-президента НТО «Конверсионные инициативы»: «в практическом плане проблема нивелирования механических систем, например, геоактиваторами, может быть эффективно реализована». Имеются и другие, выше приведенные инновации.

2. Для реализации «нивелирования изнашивания» нужна отработка приемов комплексного обслуживания машин (ДВС, силовые передачи, гидравлика, топливные насосы) с серпентиновыми геомодификаторами, наноуглеродными составами «GRAF-SB», использованием вставок из сплавов магния, картриджей с химически активными веществами в системах смазки ДВС, производство тканых материалов (препрегов), пропитанных трибосоставами, а также расширение издания соответствующей НТД.

#### Литература:

1. Герман А.Ю. Нетрадиционный ремонт двигателей /А.Ю. Герман // Инструмент, 1996, № 1, с. 28.
2. Шабанов А.Ю. Очерки современной автохимии, мифы или реальность / А.Ю. Шабанов – С.-Пб.:, 2004.– 216 с.
3. Дроздов Ю.Н. и др. Новая противоизносная и антифрикционная ресурсовосстанавливающая композиция присадок к смазочным материалам / Ю.Н Дроздов и др. // Проблемы машиностроения и надежности машин. – М.: 2004, № 5, с. 50-53.

4. Балабанов В.И. Безразборный сервис автомобиля. Обкатка, профилактика, очистка, тюнинг, восстановление / В.И. Балабанов и др. – М.: «Известия», 2007.– 272 с.
5. Белый И.Ф. Эффективное использование антифрикционных добавок к трансмиссионным и моторным маслам / И.Ф. Белый, А.Ф. Меркулов, В.И. Белый, И.Г. Голубев . – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2011. –52 с.
6. Пустовой И.Ф. 14-летний опыт Питерской РВС-технологии/ Пустовой И.Ф. // М.: Труды ГОСНИТИ, 2011, Том 107, ч.2, с. 38-40.
7. Селютин Г.Е. Применение модифицированных наноалмазов для увеличения ресурса узлов трения / Г.Е. Селютин и др. – М.: Труды ГОСНИТИ, 2011, Том 107, ч. 2, с. 25-29.
8. Чечет В.А. Избирательный способ ремонта агрегатов машин / В.А. Чечет. – М.: Труды ГОСНИТИ, 2011, Том 107, ч. 2, с. 34-37.
9. Дунаев А.В. Нетрадиционная триботехника. Модификация поверхностей трения / А.В. Дунаев. – Lamdert Academic Publishing, 2013. – 270 с.
10. Павлов О.Г. Инновационная технология безразборного ремонта узлов трения промышленного оборудования и автотехники / О.Г. Павлов// Инженерный Клуб Санкт-Петербурга, 2013, № 3, с. 42-45.
11. Долгополов К.Н. Трибология геомодифицированных смазочных материалов: монография / К.Н. Долгополов, В.Л. Потеха, Д.Н. Любимов. – Гродно: ГГАУ, 2014. – 429 с.
12. Yuansheng J. and Shenghua L. Superlubricity of in situ generated protective layer on worn metal surfaces in presence of Mg<sub>6</sub>Si<sub>4</sub>O<sub>10</sub>(OH)<sub>8</sub> (Edited by Ali Erdemir Argonne National Laboratory, Argonne, USA and Jean-Michel Martin Ecole Centrale de Lyon, Lyon, France) // Elsevier B.V., 2007, pp. 445-469.
13. Xiao Wang, Junwei Wu, Xicheng Wei, Rende Lio, Qi Cao. The effect of serpentine additive on energy-saving and auto-reconditional surface layer formation // Industrial Lubricants and Tribology, Vol. 69 Issue: 2, pp. 158-165, 14 July 2017.
14. Junwei Wu, Xiao Wang, Xicheng Wei, Wurong Wang. Formation Factors of the Surface Layer Generated from Serpentine as Lubricant Additive and Composite Reinforcement / Shanghai University // Springer Science + Busness Media, New York, September 2017.
15. Селютин Г.Е. Сибирские углеродные наноразмерные триботехнические материалы / Г.Е. Селютин, А.В. Дунаев // Сельскохозяйственная техника: Обслуживание и ремонт, № 2, с. 54-70.
16. Дунаев А.В. Совершенствование технической эксплуатации машинно-тракторного парка АПК /А.В. Дунаев, В.А. Казакова, В.А. Шинкевич //Стандарты и качество, № 9 (963), 2017, с.58-61.
17. Воронин С.В. Влияние электрического и магнитного поля на механизм действия присадок к маслам / С.В. Воронин, А.В Дунаев // Трение и износ, Гомель, 2015, Том 36, № 1, с. 643-649.
18. Любимов Д.Н. Антифрикционный эффект поляризации масел - инновационный фактор модернизации машин / Д.Н. Любимов, К.Н. Долгополов, Н.К. Вершинин, А.В. Дунаев // Труды ГОСНИТИ, М.:, 2014, Том 116, с. 40-44.
19. Воробьев Ю.В. Повышение теплотворной способности моторных топлив / Ю.В. Воробьев, А.В. Дунаев // Тракторы и сельхозмашины, 2016, № 8, с. 48-50.
20. Войтович А.В. Реструктуризация углеводородного сырья / А.В. Войтович. –Киев, 2016. – 82 с.

## Summary

**Dunaev A.V., Miklush V.P.** Innovative features in the technical exploitation of machine and tractor fleet.

*In this paper we propose methods of decrease wear and increase the service life by ultrasonic crystals friction of agricultural machinery during its maintenance introduction to oil serpentine, nano-tribological composition of the second world war, as well as electric charges through the dipstick engines. Given an innovative method of increasing their efficiency with the use of mechanical and chemical activators of motor fuels.*

**Keywords:** CIP service, tribological compounds, lubricating oils, electric charge, friction coefficient, wear.

## References

1. Herman A. Y. Ligula engine repair /A. Hermann // Tool, 1996, № 1, p. 28.
2. Shabanov A. Yu., Temptamenta in hodierna chemiae, fabula aut re / A. Shabanov. – S.-Pb, 2004. – 216 p.
3. Drozdov Yu. N. etc. Novum anti-lapsus et anti-atritu recursive-stravlivaya compositionem additives ad lubricants / Y. N. Drozdov et al. // problems of mechanica engineering et fidem velit. – M.: 2004, N. 5, pp. 50-53.
4. Balabanov V. I. CIP service car. Cursor, ne, conspectu stka, tuning, recuperatio /. Balabanov V. I. et alii. – M.: "Izvestiya", 2007.– 272p.
5. Albus I. F. Efficens usum antifricition additives ad TRANS-missionis et motor olea / J. F. Albus, A. F. Merkulov, V. I. Belyi, I. G. Golubev. – Moscow: FGNU "Rosinformagrotekh", 2011. - 52 p.
6. Pustovoi, I. F., 14-anno veterani St. Petersburg RVS-technology/ Pustovoi, I. F. // M.: Rebus GOSNITI, 2011, Vol 107, pars 2, pp. 38-40.
7. Selyutin, G. E., Application of mutatio nanodiamonds crescere resource attritu unitates / G. E. Selyutin, et aliis – M.: Rebus GOSNITI, 2011, Vol 107, pars 2, pp. 25-29.
8. Chechet, V. A. electionem Selectivam, modo sarta unitates ipsum / V. A. Chechet. – M.: Rebus GOSNITI, 2011, Vol 107, pars 2, pp. 34-37.
9. Dunaev A.V. non-traditional tribology. Affectionis superficiebus pro tre dit / A.V. Dunaev. – Lamdert Academica Editae, 2013. – 270 p.
10. Pavlov O. G. Innovative technology in loco sarta attritu volutpat eget cursus et, vehicula / O. Pavlov// lorem Ipsum dolor of St. Petersburg, 2013, N. 3, pp. 42-45.
11. Dolgoplov, K. N. Geomodificators tribology lubricants: monograph / K. N. Dolgoplov, V. L. Potekha, D. N. Lyubimov. – Grodno: GGAU, 2014. – 429 p.
12. Yuansheng J. L. Shenghua Superlubricity in situ generatur defensiva iacuit in confectus metalli superficies in praesentia Mg<sub>6</sub>Si<sub>4</sub>O<sub>10</sub>(O)<sub>8</sub> (Edited by Ali Erdemir Argonne National Laboratory, Argonne, USA et Jean-Michel Martin Ecole Centrale de Lyon, Lyon, Gallia) // Elsevier B. V., 2007, pp. 445-469.
13. Wang Xiao, Junwei Wu, Xicheng Wei, Rende Lio, Qi Cao. Elogium effectum de serpenti-bus in industria-salutaris et auto-reconditional superficie iacuit formationem // Cursus Lubricants et Tribology, Vol. 69 Exitus: 2, pp. 158-165, 14 July 2017.
14. Junwei Wu, Wang Xiao, Xicheng Wei, Wang Wurong. Formationem Causis de Superficie Iacuit Generatur a Serpenti-bus, ut Ducatus et Elogium Compositum Abimelech-dit / Shanghai University // Springer Scientia + Business Media, New York, September 2017.
15. Selyutin, G. E., Siberian carbo nanoscale tribological materia / G. E. Selyutin, A.V. Dunaev // fundum apparatus: et reparatus, N. 2, pp. 54-70.

16. Dunaev A. V. emendationem technica operatio apparatus et tractor Park of rusticarum sector /A. V. Dunaev, V. A. Kazakova, V. A. Shinkevich //Signa, et qualitas, N. 9 (963), 2017, p. 58-61.
17. Voronin S. V. Auctoritas electrica et magnetica agros in mechanism of action oleum additives / S. V. Voronin, A.V. Dunaev // Attritu et gerunt, Gomel, 2015, Vol. 36, n. 1, pp. 643-649.
18. Lyubimov, D. N. Antifriction effectum polarization oleum porttitor elementum modernization of machinis / D. N. Lyubimov, K. N. Dolgopolov, N. Ad. Vershinin, A. V. Dunaev // Rebus GOSNITI, Moscoviae, 2014, Vol. 116, pp. 40-44.
19. Vorobyov Yu. V. Melius calorific pretium motor fuels / Yu. V. Vorobyov, A. V. Dunaev // Obtrectatoribus et rusticarum ipsum, 2016, nulla. 8, pp. 48-50.
20. Voitovich A.V. Bibendum hydrocarbonum / A. V. Voitovich. – Kyiv, 2016. – 82p.