

**В.В. Аулін, доц. канд. ф.-м. наук, С.В. Лисенко, В.Б. Батєхін, магістри**  
*Кіровоградський національний технічний університет*

## Аналіз та можливості технологій триботехнічного відновлення спряжених деталей

В статті вирішується проблема підвищення надійності та довговічності сільськогосподарської техніки за рахунок використання можливостей технологій триботехнічного відновлення (ТТВ) спряжених деталей. В якості прикладів розглянуто та розроблені авторами ТТВ із застосування електротрибохімічного процесу та модифікуванням поверхонь тертя лазерними технологіями.  
**електротрибохімічний процес, технологія триботехнічного відновлення, присадка, модифікування поверхонь тертя, мідна плівка, відновлювальне покриття, лазерні технології**

Двигун внутрішнього згоряння є основним агрегатом тракторів, комбайнів та іншої сільськогосподарської техніки. Тому від якості роботи двигунів залежить і робота машини в цілому. Одним з напрямків підвищення надійності та довговічності сільськогосподарської техніки є розробка і впровадження технологій триботехнічного відновлення (ТТВ) спряжених деталей [1, 2].

Разом з тим на сьогодні не розроблено наукові засади ТТВ, не проведено узагальнення експериментальних даних для ефективного керування параметрами ТТВ і знаходження оптимальних їх значень. Є потреба в активізації теоретичних досліджень й виявленні фізики домінуючих процесів при триботехнічному відновленні робочих поверхонь спряжених деталей. Науковий інтерес викликає й те, що тертя в трибосистемі в певних умовах стає не руйнівним, а самоорганізаційним створюючим процесом без розбирання машин і обладнання. Це також потребує ретельних досліджень.

Метою даної роботи є проведення аналізу існуючих ТТВ деталей, можливості із застосуванням електротрибохімічного процесу та процесів модифікування поверхонь тертя лазерними технологіями і перспективи їх розвитку в проблемі підвищення надійності та довговічності машин та обладнання.

В середині 50-х років ХХ століття Гаркуновим Д.М. і Крагельским І.В., при дослідженні деталей автомобілів і тракторів, виявлено явище самочинного утворення в зоні тертя деяких сполучень тонкої металевої неокисленої плівки з низьким опором зсуву, що приводить до зниження коефіцієнта тертя і інтенсивності зносу контактуючих деталей. Примітною особливістю ефекту було те, що плівка покриває не тільки робочу поверхню бронзової деталі, але і спряженої з нею сталеної. Шар сервовитної плівки, мав товщину 1...2 мкм, знижував знос і зменшував силу тертя на порядок більше.

Відкриття вибіркового переносу дало можливість виявити причину унікальної надійності компресорів холодильних установок. У важких умовах експлуатації спряжень деталей утворюється самоорганізаційна система, що регулює процеси зносу і регенерації поверхонь тертя без технічного обслуговування.

Сервовитні плівки можуть утворюватися в сполученнях, що містять м'які метали (Cu, Zn, Pb) або пластичні матеріали. Для цього необхідно щоб компоненти повинні були введені у мастильний матеріал чи інші технологічні середовища: паливні, промивочні чи охолоджувальні рідини і т.д.

Такий принцип покладено в основу виробництва та застосування металоплакуючих присадок [3].

В 1979 році швейцарська компанія Actex S.A. вперше почала серійне виробництво металоплакуючих порошкових препаратів марки Lubrifilm, які на практиці здійснюють реалізацію ефекту беззносності при безрозбірному відновленні трибоспряжень деталей автомобільної техніки. Подальшим розвитком цієї групи добавок до масел є російський продукт РиМет. Це дало імпульс розробці методів і засоби безрозбірного відновлення машин і механізмів Smart-self technologies (інтелектуальні технології відновлення) на базі металоплакуючих присадок.

Усі відомі на сьогодні методи і засоби для безрозбірного відновлення за компонентним складом, фізико-хімічним процесом взаємодії з поверхнею, властивостями отриманих покриттів (захисних плівок), також механізму функціонування слід поділяти на три основні групи: металоплакуючі композиції (реалізуючі ефект вибіркового переносу), полімерезуючі речовини і металокерамічні матеріали [4].

До відновлювачів, що дають найбільший техніко-економічний ефект, слід віднести кондиціонери металу [5], поверхнево-активні речовини (ПАР), та добавки шаруватих модифікаторів [7]. Ці продукти розрізняються за умовами і способами застосування.

В одних випадках до масел чи пластичних мастил додають, а в інших вводять через карбюратори чи впускні колектори у вигляді аерозолів і присадок до паливноповітряної суміші. В деяких вводять безпосередньо в зону тертя, наприклад в ЦПП чи агрегати трансмісії і т.д.

На відміну від металоплакуючих композицій іншим методом відновлення зношених деталей трибоспряження та підвищення їх триботехнічних характеристик є застосування полімервмісних матеріалів. З цієї групи найбільш поширені продукти на основі політетрафторетилена (ПТФТЕ), відомого, як тефлон. За опублікованими даними [8], ці препарати покривають поверхні тертя деталей, переводячи безпосередньо контакт "метал – метал" в режим тертя "полімер – полімер" зі значним зниження коефіцієнта тертя і інтенсивності зношування. Полімервмісні матеріали на ринку широко представлені препаратрами DIX-600, Slik-50, Ligvid Ring, Lubrilon, Microlon та інші. Лідером у виробництві подібних препаратів був транснаціональний хімічний концерн DuPont de Neumou'rs Company.

Підвищення експлуатаційних характеристик полімервмісних покриттів може бути досягнуто за рахунок структурної модифікації полімерної плівки введенням різних наповнювачів. На сьогодні найбільш добре вивчені двокомпонентні смоли, що містять подрібнене вуглецеве волокно [9]. Висока зносостійкість цих матеріалів пояснюють самоорганізацією дисипативних рідкокристалічних структур в умовах тертя і твердофазного синтезу полімерного композиту [11], що містять в якості наповнювачів ультрадисперсні кераміки: оксиди цирконію  $ZrO_2$ , хрому  $Cr_2O_3$ , алюмінію  $Al_2O_3$ .

Препарати ще однієї групи інколи називають шаруватими модифікаторами тертя. Ці присадки складаються з елементів з низьким зусиллям зсуву між шарами, наприклад, ди- і трисульфід молібдену, диселеніт молібдену, дисульфід вольфраму та інші [10].

Кондиціонер металізанту являє собою продукти "MILITEK", "FENOM", "ER", "Победитель трения", які можна інтерпретувати як речовину, що діє по механізму доставки до поверхні металу необхідні компоненти (середовища чи енергії) [5]. Дія препаратів даної групи основана на взаємодії (адсорбції) поверхнево активних компонентів продукту, наприклад сполук на основі фторкарбонату, кварцу, есторів

(продуктів спеціальної переробки копри кокосового коріння чи смол кори хвойних дерев) з поверхнями тертя.

При цьому відбувається пластифікування цих поверхонь і формування на них тонкого шару близького за властивостями до сервовидної плівки, характерними для ефекту вибіркового переносу. Це обумовлено вибірчим розчиненням ПАР кондиціонера миючих елементів конструкції матеріалу деталі і утворенням структури, що складається з чистого заліза з включенням залишкових фаз вуглецю в алмазоподібному вигляді. Розчинені легуючі елементи і Fe-органічні сполуки кондиціонера здійснюють певну "підтримку руйнуючим при терті поверхням, створюючи замкнений цикл "активація поверхні – знос плівки – розчинення (внос) легуючих елементів – відновлення плівки (осадження активних елементів кондиціонера) – активація" іонізовані молекули кондиціонера металу, проникаючи всередину металу поверхні, змінюють її структурний склад і, отже – міцнісні і антифрикційні властивості [11]. при цьому контактуючі ділянки покриваються достатньо стійкими полімерними і поліефірними структурами, забезпечуючи роботу при пусках і в режимах перевантаження.

При роботі шаруватий модифікатор заповнює і згладжує мікронерівності поверхонь тертя, через що знижується коефіцієнт тертя і знос оброблених поверхонь може досягти 50%.

Ці модифікатори необхідно вводити в масло при кожній його заміні, оскільки при роботі на чистому маслі частки присадки інтенсивно вимиваються з мікронерівностей і виносяться із зони тертя.

Використання добавок даного класу дозволяє збільшити ресурс механізмів в 3...5 разів на етапі експлуатації і отримання економіку енергоресурсів на 10...40% [5]. Безумовним лідером на світовому ринку препаратів цього класу є корпорація ENTECH (США) (продукти "ER").

Суттєвим недоліком цього класу препаратів є високе корозійна і абразивна активність продуктів окислення сірки і молібдену. Попадання вологи погіршує ситуацію через утворення сірчаної кислоти [8].

Не дивлячись на впевнені переваги, є такі серйозні недоліки:

- їх дія продовжується, поки вони присутні в маслі в достатній концентрації;
- як правило, такі присадки не тільки не є антифрикційними, але навіть здатні збільшити опір тертю;
- високі концентрації цих речовин, звичайно, впливають на реологію мастильного матеріалу;
- в силу складності процесів фізико-хімічних перетворень, кондиціонери металу не володіють універсальністю до матеріалів і режимам роботи трибовузлів.

Геомодифікатори тертя (ГМТ) (ревіталізанти) є принципово іншими по характеру впливу на поверхню. Ці добавки приготовлені на основі природних мінералів ультраосновних порід. Основним виробником продуктів даного класу є Росія (НПО "РЦС промремонт") і Україна (корпорація "ХАДО").

В присутності в маслі цих складів за рахунок енергії тертя в зоні контакту відбувається відділення дефектного шару металу, текстурування поверхні тертя з одночасним зміцненням матеріалу підкладки на значну глибину [12]. В ході припрацювання зношених поверхонь тертя поступово відбувається відновлення їх макрогеометрії і створення на них оптимального мікрорельєфу (врівноваженої шорсткості), обумовлених реальними умовами експлуатації.

Перевагами ГМТ є:

– здатність створювати в зонах тертя динамічних захисних плівок, утворені їх тонкодисперсними продуктами зносу і самого ГМТ, у вигляді квазізрідженого шару (аналог сервовитної плівки при вибіркового переносі);

– рівномірне зміцнення поверхонь тертя в процесі припрацювання трибовузла в присутності ГМТ;

– багатократне зниження швидкості зношування в трибосистемі;

– збільшення гранично-припустимих навантажень вузлів;

– низька вартість ГМТ;

– екологічна чистота природних мінералів.

Всі ці властивості, а особливо здатність відновлювати вихідну геометрію зношених деталей трибоспряджень, закріпили за даним класом препаратів назву "ревіталізанти", тобто "речовини, що відновлюють життя".

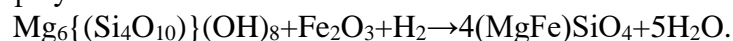
Початково технологія подібної обробки отримало назву "РВС" від – "ремонтно-відновлювальний склад", надалі НПО "РусПромРемонт" отримало виключні права на марку "РВС". Крім того із технології застосування ревіталізаторів випливає, що "ремонт" трибоспряджень можливий тільки в процесі тертя.

За хімічним і фазовим складами ревіталізанти частіше всього являють суміш класичного магнезійно-залізного силікату (серпентину  $Mg_6\{(Si_4O_{10})(OH)_8\}$ ), являються формою цілого ряду мінеральних руд класу олівінів, кінцевими фазами якого є форстерит ( $Mg_2SiO_4$ ) і фаяліт ( $Fe_2SiO_4$ ), а також, в невеликих кількостях, кремнезему  $SiO_2$  і доломиту  $CaMg(CO_3)_2$  [12].

Звичайно спеціальний стан пограничного шару трибовузла відповідає динамічній рівновазі процесів руйнування і відновлення вибіркових структур [13].

Поверхня тертя знаходиться в стані протікання циклічних процесів розрихлення, диспергування і ротаційного руху часток зносу. Додавання тонкодисперсного (0,01...5,00 мкм) порошку ревіталізатору в штатний мастильний матеріал в кількості 0,01...0,40 мас. % приводить до порушення вказаної динамічної рівноваги в сторону відновлення фізичних зв'язків.

Fe і Al, що входять в трибовідновлений склад є каталізаторами утворення піролітичного вуглецю по границям зерен підповерхневого шару. На поверхні за рахунок механіко-хімічної активації аморфної фази двоокису кремнію  $SiO_2$  і атомів металу утворюється плівка металосилікату. По суті відбувається типова коливальна хімічна реакція модифікування:



Аналогічне рівняння виводиться і для тривалентного алюмінію ( $Al^{+3}$ ). Як видно з рівняння, на поверхні утворюються кристали металосилікату з об'ємною анізотропною структурою, до того ж зв'язується і виділяється розчинений в поверхневих шарах металу водень, тим самим запобігає водневому окрихченню деталі.

Слід признати, що хімічна складова утворення з ревіталізаторів металокерамічного (МК) шару розроблена достатньо добре [12], чого не можна сказати про фізико-механічні і реологічні властивості цього шару. Такі розробки практично відсутні. Автори робіт [14-15] приводять показник ударної міцності і твердості обробленої ГМТ поверхні, хоч їх слід віднести до підповерхневих шарів. Пояснюючи квазірідким станом плівки, в опублікованих роботах абсолютно виключають можливість еластогідродинамічного ефекту, який має місце при роботі МК-шару.

Глибоких металофізичних досліджень поверхневих і підповерхневих шарів деталей при обробці ревіталізатору в огляді літературних джерел не виявлено.

Хоч не виключено, що вони проводилися в рамках закритих воєнних програм (кінець 80 – початок 90 років ХХ століття). Крім того, слід відмітити, що випробування на тертя і знос з використанням ГМТ за традиційною складною програмою (протягом

5-10 годин) дають не позитивні, а негативні результати. І це тоді, коли за рівнем впровадження ревіталізанти ставлять рекорди [12]. Вони впроваджені практично в усі галузі машинобудування, транспорту, енергетиці і дані продукти застосовуються в багатьох розвинутих країнах світу, а географія їх продажу ще більша.

Таке протиріччя викликане, ймовірно, нерозробленістю методики дослідження даного феномена в трибології, оскільки для утворення МК-покриття, по даним роботи [12], необхідно не менше 30 годин роботи механізму. При цьому, на I етапі відбувається видалення верхнього "дефектного" шару, тобто знос.

До сьогодні відсутні дослідження динаміки утворення і порушення МК-шару при застосуванні ревіталізаторів. Це покриття безумовно слід віднести до дисипативних, а отже метастабільним структурам.

А відомостей про стійкість покриттів, отриманих по трибовідновлюваними складами технології, також відсутні. Вельми суперечливі відомості про товщину МК-шару на поверхнях тертя: від 5 до 700 мкм [12].

Однак слід відмітити, що використання досліджуваних триботехнічних плівок, отриманих в рамках інших технологій може дати цінний аналіз для пояснення "квазібезносного тертя", що спостерігається при використанні ТВС.

Окрім металоплакуючого ефекту введенням присадок в масла намагаються ще досягти покращення експлуатаційних їх властивостей. Цим намагаються досягти таких функціональних властивостей поверхонь тертя, як протизношувальні, протизадиркові, антифрикційні, антикорозійні та інші. Зазначених властивостей масла з присадками досягають завдяки утворенню спеціальних плівок на поверхнях тертя.

Протизношувальні та протизадиркові присадки утворюють на поверхнях тертя адсорбційні хемосорбційні плівки, а також композиційні плівки хімічних сполук присадок з металом.

Основою композицій для протизношувальних присадок є хімічні елементи P, S, Cl. Вони утворюють захисні плівки фосфатів, сульфідів та хлоридів. Для протизадиркових присадок використовуються композиційні сполуки, які одночасно містять S і Cl.

При використанні присадок намагаються йти шляхом синтезу органічних речовин, які вміщують одночасно P, S, Cl. Недоліком таких присадок є мала їх довговічність та обмеження за температурним фактором і питомим тиском у зоні тертя.

Найбільш перспективним є ТТВ з використанням електротрибохімічних реакцій, що відбуваються в умовах механічної активації в системі метал – електропровідне середовище (масло + металоорганічна присадка). Основною причиною вибору таких реакцій є те що при електротрибохімічній обробці перенос речовини здійснюється електрично зарядженими компонентами через електропровідне середовище. Тобто, якщо підібрати це середовище і механічно активувати поверхню що оброблюється, то можна реалізувати процес введення на поверхню тертя зносостійких та антифрикційних компонентів. Для активації процесу нанесення необхідних компонентів на робочу поверхню і упорядкування руху заряджених часток, використовують зовнішнє джерело електричної енергії.

Взаємодія робочої поверхні деталей і середовища відбувається на атомно-молекулярному рівні. У зв'язку з тим, що взаємодія атомів і молекул є електромагнітною, то і взаємодія поверхні з середовищем також має електромагнітний характер. Отже, зовнішнім електромагнітним полем, яке утворюється при проходженні електричного струму від зовнішнього джерела крізь взаємодіючу поверхню можна впливати на атоми і молекули матеріалів поверхні.

При електротрибохімічному процесі застосовується органічна присадка до масла – гліцерат міді. Розглянемо фізику процесу формування шару міді на поверхнях

тертя трибосистеми "гільза циліндра – поршневе кільце" [17-18]. При взаємодії елементів трибосистеми в процесі зносу відбувається руйнування мікронерівностей (рис. 1, а-б), змінюється шорсткість поверхні (рис. 1, в). Робота сил тертя спрямована на деформування поверхневих шарів спряження деталей і виділення теплової енергії. Температура в трибосистемі досягає величини 200...220<sup>0</sup>С.

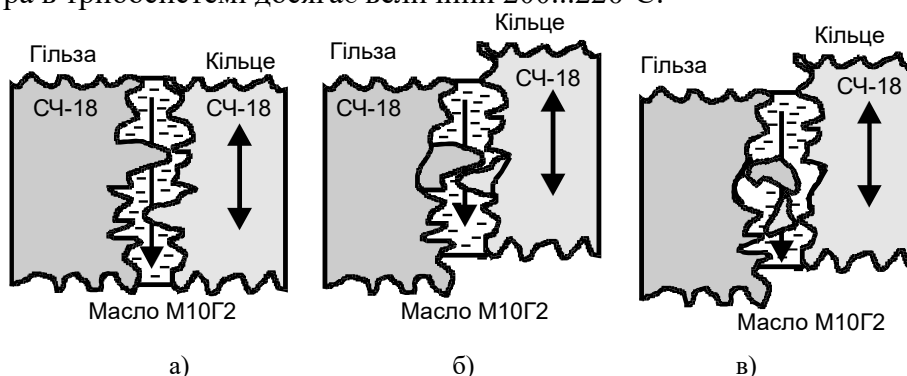


Рисунок 1 – Характер механічної взаємодії поверхонь тертя в трибосистемі "гільза циліндра – поршневе кільце"

Виділена тепла енергія спричиняє розпад гліцерату міді  $Cu_3(C_3H_5O_3)_2$  на іони міді  $Cu^{++}$  та активні радикали гліцерату  $(C_3H_5O_3)^{3-}$  (рис. 2).

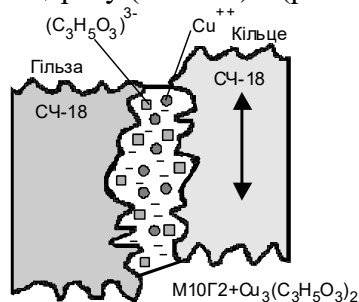


Рисунок 2 – Характер трибохімічної взаємодії поверхонь тертя в трибосистемі "гільза циліндра – М10Г<sub>2</sub>+Cu<sub>3</sub>(C<sub>3</sub>H<sub>5</sub>O<sub>3</sub>)<sub>2</sub> – поршневе кільце"

Активні радикали гліцерату  $(C_3H_5O_3)^{3-}$  адсорбується поверхнею (рис. 3, а), утворюючи гліцерат заліза  $Fe_3(C_3H_5O_3)_2$  (рис. 3, б). Слід зазначити, що ця сполука має низький опір зсуву і обумовлює прискорення процесу припрацювання робочих поверхонь (рис. 3, в).

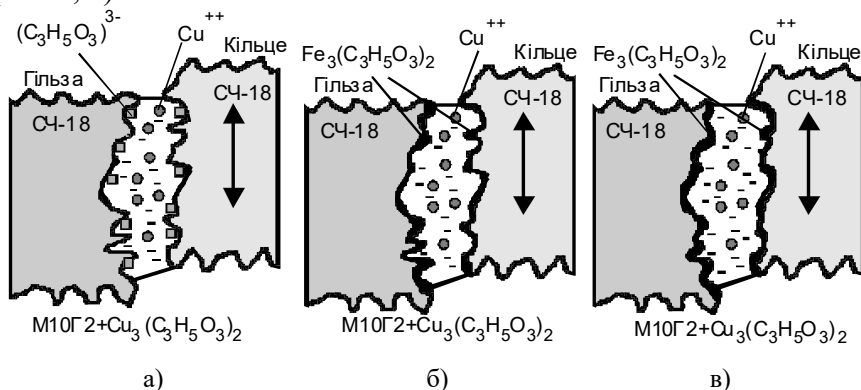


Рисунок 3 – Трибохімічна взаємодія поверхонь тертя

Виділення і плакування на поверхнях тертя вільної міді  $Cu^0$  сприяє зниженню коефіцієнта тертя, утворенню захисної плівки, тобто мідь виконує роль твердого мастила.

Відомо, що у зоні контакту спряжених деталей генерується слабе електричне поле, яке є наслідком термоелектронного процесу, але напруженість поля незначна –  $10^{-4} \dots 10^{-2}$  В/м. Для активації і локального спрямування процесів відкладення міді в даній трибосистемі використовують джерело зовнішньої електричної енергії з такими параметрами, як  $I=1 \dots 6$  А;  $U=0,4 \dots 1,2$  В.

Крім зазначених процесів, спостерігається дифузія міді вглиб кристалічної решітки заліза, яка забезпечує створення зносостійкого інтерметалевого сполучення "Fe–Cu" (рис. 4), що суттєво підвищує адгезійні властивості покриття.

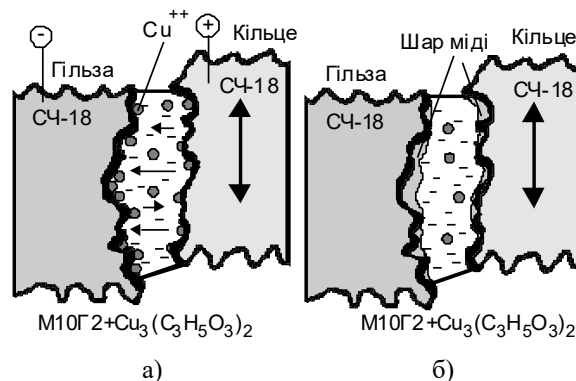


Рисунок 4 – Формування шару міді та оптимальної мікрогеометрії поверхонь тертя спряжених деталей трибосистеми "гільза циліндра – поршневе кільце"

Розглянуті процеси формування покриття на робочих поверхнях спряжених деталей циліндро-поршневої групи призводять до прискорення згладжування мікронерівностей та формування оптимальної мікрогеометрії робочих поверхонь спряжених деталей.

Використання концентрованих потоків енергії для зміцнення і відновлення деталей дало можливість використовувати лазерні технології для локального модифікування поверхонь тертя, як в процесі виготовлення, так і відновлення [16]. Науковий і практичний інтерес являють антифрикційні композиційні покриття сформовані лазерним випромінюванням, дослідження їх властивостей та розробка ТТВ. Самоорганізація таких покриттів в процесі тертя і зношування потребує додаткових досліджень.

Таким чином, результати проведених досліджень дають можливість зробити наступні висновки:

- при експлуатації спряжень деталей утворюється самоорганізаційна система, що регулює процеси зношування і регенерації поверхонь тертя без технічного обслуговування і яка характеризується певним визначальним параметром керування;
- ефект беззносності при безрозбірному відновленні трибоспряжень деталей автомобільної техніки можна реалізувати технологіями триботехнічного відновлення;
- ці технології доцільно використовувати на стадії припрацювання поверхонь тертя спряжених деталей трибосистеми;
- реалізація електротрибохімічного процесу та модифікування поверхонь тертя лазерними технологіями дозволяє зменшити інтенсивність спрацювання поверхонь тертя створенням шару покриття з високими трибологічними та фізико-механічними властивостями і забезпечити прискорене формування оптимальної мікрогеометрії.

## Список літератури

1. Технологія ремонту сільськогосподарської техніки / М.В. Власенко, Г.Ю. Надольний, О.Г. Терхун, В.А. Крижанівський. – К.: Вища шк., 1992. – 311 с.

2. Джус Р.М. Підвищення зносостійкості вузлів тертя трансмісії з використанням технологій триботехнічного відновлення. Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.02.04 / Національний авіаційний університет – К., 2005. – 21 с.
3. Мельник З.П., Бюбинин И.А., Василенко И.В. Об эффективности металлоплакирующих смазок // Химия и технология топлив и масел. – 1989. – №2. – С. 24-26.
4. Балабанов В.И. Восстановление работоспособности ДВС процессе эксплуатации // Автомобильная промышленность. – 1996. – №8. – С. 16-19.
5. Полуниин Л.И., Чудинов В.А. Антифрикционный кондиционер металла // Автоцентр. (Электр. ресурс), – www.tribo.ru. – 1998. – №47. www.autocentet.com.ua.
6. Бабич М., Еремич Б., Майер М. Трибологическое поведение твердосмазочных покрытий // Трение и износ. – 1995. – Т.16, №2. – С. 284-290.
7. Машков Ю.К., Мамаев О.А., Суриков В.И. Структурно-энергетическая самоорганизация в процессах синтеза и трения композитов на основе политетрафторэтилена // Трение и износ. – 2002. – Т. 23, №6. – С.661-665.
8. Suh Y.M., Iang S.I., Zheng L.Q. A kinetic study of interface reactions for an organic molybdenum compound as a lubricant additive // Tribology international. – 1990. – Vol. 23, № 6. – P. 438-442.
9. Гладенко А.А., Зябликов В.С., Калистратова Л.Ф., Овчар З.Н. Структурная модификация материалов металлополимерных трибосистем // Трение и износ. – 1998. – Т 19, №4. – С. 523-528.
10. Беркович И.И., Громаковский Д.Г. Трибология. Физические основы, механика и технические приложения: Учеб. Для ВУЗов / Под ред. Д.Г. Громаковского – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2000. – 268 с.
11. Georges J.M. Some surface science aspect of tribology // New Directions in Tribology / Ed. by I.M. Hutchings – Buri, St. Edmunds and London. MEP. – 1997. – P. 67-82.
12. Опис до пат. на винахід: UA 24442 A, C 23 C 26/00, C 10 M 125/40. Спосіб безрозбірного відновлення тертьових сполучень. Агафонов А.К. (RU), Аратській П.Б. (RU), Бахматов С.І. (RU), Гамідов Е.А. (RU), Нікітін І.В. (RU), Слободянюк А.А. 17.07.98. – 10 с.
13. Поверхностная прочность материалов при трении / Б.И. Костецкий, И.Г. Носовский, А.К. Караулов и др. – Киев: Техника, 1976. – 296 с.
14. Аратский П.Б. . Использование модификаторов трения нового поколения для повышения ресурса судовых дизелей // Судостроение. – 1999. – №3. – С. 24-27.
15. Аратский П.Б., Капсаров А.Г. Применение геомодификаторов трения для увеличения ресурса работы металлообрабатывающего инструмента // Трение, износ, смазка. (Электр. ресурс). – www.tribo.ru. – 2001. – Т.3, №1. – С.7-10.
16. Аулин В.В. Модификация композиционных покрытий триботехнического назначения концентрированным потоком энергии. Сб. Тезисов докладов II-й Евразийской научно – практической конференции. “Прочность неоднородных структур”. ПРОСТ 2004.- Москва, МИСиС 20-22 апреля 2004г.- С.75.
17. Аулін В.В., Лисенко С.В. Підвищення довговічності дизельних двигунів, обкатаних з реалізацією електротрибохімічного процесу. Зб. наук. праць Луганського національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Луганськ: Видавництво ЛНАУ, 2005, - №49(72). – С.32-37.
18. Власенко М.В., Аулін В.В., Лисенко С.В. Триботехнічні характеристики поверхонь тертя при електротрибохімічному методі припрацювання // Міжнародний науковий журнал "Проблеми трибології (Problems of Tribology)" / м. Хмельницький. – 2003. – №3,4. – С.140-144.

В статье решается проблема повышения надежности и долговечности сельскохозяйственной техники за счет использования возможностей технологий триботехнического восстановления (ТТВ) соприкасающихся деталей. В качестве примеров рассмотрено и разработаны авторами ТТВ с применением электротрибохимического процесса и модифицирования поверхностей трения лазерными технологиями.

The problem of rise of reliability and longevity of agricultural technique due to the use of possibilities of technologies of tribotechnical renewal (TTR) of contiguous details decides in the article. As examples it is considered and are developed by the authors TTR from application of elektrotribochemical process and modification of surfaces of friction by laser technologies.

*Отримано 28.07.05*