

НАНОДИСПЕРСНІСТЬ ПРИПОВЕРХНЕВИХ СКЛАДОВИХ ДЕТАЛЕЙ І СЕРЕДОВИЩА – ОСНОВНА ПЕРЕДУМОВА ЇХ СТРУКТУРНОЇ АДАПТАЦІЇ

Болдар Л.Н. (Луганський НАУ, м. Луганськ, Україна)

The statement is proved, that the basic precondition extra earnings of details is nano dispersiveness them superficial components. Interpretation of a condition system of friction depending on dispersiveness of its components is lead by means of logistical function logistical function.

Стан питання. Багато років поспіль, у вітчизняному машинобудуванні вважалося, що незалежно від початкової якості складових трибосистем, між ними, рано чи пізно, настають умови структурної адаптації їх матеріалів з середовищем (УСАМіС) або відбувається припрацювання. А якщо це так, то не рекомендувалося завищувати вимоги щодо точності і шорсткості поверхонь деталей при їх виготовленні або відновленні і таким чином, ніби то меншим коштом, підходити до умов їх нормального (усталеного) зношування (УНЗ).

Значні надії також покладалися на покращення стану складної техніки у експлуатації за умов чіткого додержання рекомендацій планово-попереджувальної системи (ППС) технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р) [1,2]. З наукової точки зору, ці надії ґрунтувалися на принципі Ле Шател'є – Брауна про властивість складних систем самовдосконалюватися. Однак, цього слід чекати лише від закритих (з точки зору термодинаміки) або внутрішньо збалансованих систем.

Щодо збалансованості вітчизняних двигунів внутрішнього згоряння, то можливо вона і наставляла через сотні годин роботи їх в експлуатації [3]. До цього ж, за умов заниженої початкової якості складових, двигуни працювали, як відкрита система, незалежно від чіткості додержання вимог ППС. Така система лише частково протидіяла зовнішнім чинникам, але це супроводжувалося посиленням зносом деталей [4].

Зокрема, продукти зношування твердого хрому та окисли алюмінію назавжди впроваджувалися у порівняно м'яку сталь, чавун, сплави алюмінію і призводили до швидкого зношування найбільш напружених деталей (найчастіше це були поршневі кільця і канавки поршнів). Тому всі зусилля вітчизняних вчених і виробників, що спрямовувалися на обґрунтування і забезпечення поступового переходу деталей двигунів від абразивного зношування до припрацьованого стану не мали успіху. В кінці кінців вони призвели до того, що на сьогодні жодне підприємство України не випускає двигунів для потреб АПК.

Слід зазначити, що сьогоднішнє згортання виробництва вітчизняних комбайнових і автотракторних двигунів сталося не скільки через відсутність наукового супроводу, сучасних технологій і високоточного обладнання, а в більшій мірі, через відсутність належної державної технічної політики. Наприклад, на сьогодні, за підтримкою уряду Росії, на теренах СНД діє 147 центрів для обслуговування двигунів КамАЗ [5]. Поста-чання сучасного обладнання для них відбувається шляхом організації тендерів. Так, в результаті проведення останнього тендера, генеральними постачальниками обладнання для випробувань двигунів КамАЗ стали японська фірма «Хориба» і німецька «Шенк». Така технічна політика дозволяє суттєво підвищити довговічність двигунів і відкриває доступ російським вченим і виробникам до високих технологій та до міжнародної співпраці.

У цей же час, на Україні відбувається подальша руйнація наукових шкіл та за-непад машинобудування. Наприклад, замість якісного аналізу досягнень наноматеріалознавства [6], застосування їх в наноструктурній інженерії поверхні [7] та виходу на піко рівень, ведеться лише класифікація і підрахунок ефектів, що супроводжують процеси на нано рівнях, число яких, як відомо, безкінечне [8].

У наших роботах, для взаємного доведення (ВД) не точно виготовлених і частково зношених деталей комбайнових і автотракторних двигунів типу СМД, Д-240, ЯМЗ-236/238, КамАЗ та ін., пропонується застосовувати змінний електричний струм і електроліт [9,10]. Завдяки тому, що ВД проводиться під час збирання двигунів із вузлів, відбувається, порівняно м'яке, електрофізичне (ЕФ) зношування і взаємне електрохімічне (ЕХ) впровадження найбільш близько розташованих ділянок робочих поверхонь, суттєво покращується шорсткість поверхонь і напружено-деформований стан деталей. Продукти зношування переходять у електроліт у нанодисперсному або атомно-молекулярному стані. За складом електроліт сумісний з моторною оливою, тому після ВД залишається у зазорах спряжень і з перших секунд роботи двигуна пом'якшує взаємодію деталей. Це дозволяє у декілька разів скоротити рекомендовану заводами [11] технологічну обкатку і взагалі не проводити експлуатаційну обкатку двигунів.

Під час ВД деталей і скороченої обкатки двигунів, в спряженнях закладаються умови структурної адаптації приповерхневих складових матеріалів з середовищем. Далі, зношування поверхонь деталей відбувається лише за рахунок руйнування та відновлення тонких плівок і вторинних структур. Як відомо, оптимальний склад поверхневих структур безперервно підтримується за рахунок комплексної дії присадок оливи.

Як і раніше, ця технологія пропонується для впровадження на двигунобудівних підприємствах, ремонтних заводах та в міжвідомчих спеціалізованих майстернях. Однак, слід зазначити, що її застосування, як і взагалі будь якої вітчизняної розробки, не можливе без державної підтримки. Таке твердження ґрунтується на тому, що у АПК з'явилися нові обставини. Нижче приводиться найважливіша з них.

Як відомо, на сьогодні, двигуни використовуються окремими фермерськими господарствами, кооперативними об'єднаннями і великими агрофірмами. У післягарантійний період роботи двигунів, фермерам вигідніше обслуговувати і ремонтувати двигуни в «домашніх умовах», як це було раніше – у «доіндустріальному суспільстві», (ці визначення приводяться професором О.А. Науменко у роботі [12]). Кооперативи і агрофірми, можуть отримувати послуги за умов «післяіндустріального суспільства» - шляхом вибору найкращих виконавців послуг. Найбільш ймовірно, що у їх числі не буде «домашніх» майстерень, а будуть лише закордонні фірми і їх працівники. З цього слідує, що держава має турбуватись про основну масу соціуму, з тим, щоб фермери за доступну одержували якісні послуги. При цьому важливо, щоб після впровадження більш дешевих вітчизняних розробок, користувачі не мали збитків.

Як вихід із цієї складної ситуації може бути аутсорінг – тобто залучення до виконання особливо складних ремонтних робіт зовнішніх виконавців (знову ж таки за участю держави), або створення власних конкурентоздатних спеціалізованих підприємств.

Мета досліджень. Обґрунтувати твердження, що основною передумовою подальшої структурної адаптації матеріалів деталей між собою та з середовищем і реінжинірингу вітчизняних систем виробництва та РіТО двигунів внутрішнього згоряння, є якнайшвидше забезпечення нанодисперсності приповерхневих складових деталей.

Методика досліджень. Як відомо, при формулюванні будь яких тверджень, гіпотез, і контр гіпотез, добір аргументів «за» і «проти», ґрунтується на детальному аналізові результатів досліджень (стану питання). Основними інструментами у цій справі є логістичні міркування експерта і користувача продукції [13] та імітаційне моделюван-

ня. Так за логікою, переосмислення і перепроєктування (реінжинірінг) вищезгаданих систем може відбутися, якщо твердження про важливість нанодисперсності розповсюджується на складові всіх агрегатів - паливної, масляної, газорозподільної та інших систем двигуна, окремих вузлів і спряжень, матеріалів деталей і речовин між ними. Разом з тим, відтворити основні взаємозв'язки між складовими, що забезпечують якість цих систем та визначити найбільш дієві чинники за допомогою імітаційних моделей, досить складно через те, що на сьогодні ще потребують розробки загально - наукові принципи і підходи до побудови таких макро систем [8,13,14]. При цьому необхідно враховувати, не тільки взаємозв'язки основних чинників, що впливають на якість продукції, але також фактор ринку, який найбільше впливає на ефективність роботи підприємств. Щодо імітації складних трибосистем, то до цих пір не розроблені динамічні та реологічні моделі взаємодії їх складових на мікро, нано і на більш глибоких рівнях [15,16].

Зважаючи на ці обставини, у якості інтерфейсу, який пояснює інженеру – технологу і користувачеві суть підходів, щодо оцінки стану якості нових і відремонтованих комбайнових і автотракторних двигунів та можливих напрямків кардинального покращення їх якості, запропонована логістична функція типу сигмоїда [13]:

$$F(s) = \frac{1}{1 + e^{-as}}, \quad (1)$$

де $F(s)$ – функція якості, або надійності системи, яка залежить від чинника a ;
 e^{-as} – показник надійності;
 s – тривалість роботи системи.

Нижче наводяться додаткові, в основному металознавчі аргументи «за», щодо дієвості такого наукового підходу та можливого застосування його при вирішенні більш загальних проблем машинобудування.

Результати роботи. Вперше металознавчі підходи до розкриття суті явищ і механізмів, що супроводжують тертя і зношування матеріалів на рівні тонких поверхневих плівок були застосовані у роботі І. М. Любарського і Л. С. Палатника [17] та реалізовані на практиці для припрацювання підшипників ковзання на режимах навантаження спряжень «до заедания» [18]. Поступове збільшення навантаження підшипників під час переходу їх від граничного режиму тертя до рідинного мащення і навпаки – від рідинного мащення до граничного тертя, призводило до поступового поглиблення «корит» Б.І.Костецького (кривих Герсі-Штрибека) а точніше – до аномально низького коефіцієнта тертя. Очевидно, що під час циклічного навантаження відбувалося поступове подрібнення (зростання дисперсності D) поверхневих складових деталей – в результаті у взаємодію вступали все нові і нові елементи і цим послаблювалася сила тертя.

До такого ж результату призводило значне число перервності (ЧП) дії інших чинників [19 - 22]. Очевидно, окрім збалансованої взаємодії складових, ЧП призводило до підсилення між ними синергетичних явищ. Однак, за екстремальних умов тертя – наприклад, при значній локальній температурі або тискові, в окремих точках контакту, приповерхневі складові матеріалів деталей могли переходити до «Первинного стану речовини» (див. горизонтальну лінію на рівні -1, рис.1).

На фоні «Крупнозернистої структури» складових це було не бажаним явищем.. В результаті лінія 1, яка характеризує умови «до індустріального» виробництва, не відомо коли досягала рівня «Припрацювання». При цьому розміри складових матеріалів деталей, в основному, коливаються у межах $10^{-2} - 10^{-3}$ мм і призводять до посиленого абразивного зношування поверхонь. У цілому, стан і властивості матеріалів на цьому рівні пояснюється за допомогою моделей недосконалостей будови, типу «дислокацій». На

сьогодні, в результаті застосування наноматеріалів і нанотехнологій, тобто при нанодисперсності складових ($D \geq 10^9$), таке моделювання систем стає не потрібним.



Рис. 1. Вплив технологічних чинників на поведінку логістичної функції сигмоїда

З цього слідує, що повної надійності трибосистема може досягти лише при дисперсності приповерхневих складових матеріалів деталей і середовища між ними на рівні $D \geq 10^3$, або при $a = 3$ (див. криву 3 на рівні +1, рис.1). Очевидно, що при співпадінні дисперсності складових об'ємних і поверхневих структур (систем) на рівні $10^8 - 10^9$ ($a = 8 - 9$), ймовірність відмов двигунів наблизиться до нуля, а їх якість буде представлятися функцією бінарного стрибка (див. ламану лінію 2, яка починається від рівня (-1) і сягає рівня +1, рис. 1).

Стосовно досліджуваних спряжень комбайнових і автотракторних двигунів, деталі яких взаємодіють у середовищі електроліту та під впливом електричного струму - їх $D \geq 10^{12}$, то поверхнева структура на виході (out) функції (див. вісь ОУ, рис.1). є досить близькою до оптимальної. На макрорівні ЧП основних факторів, яке також можна вважати показником a (див. формулу 1), досягає 5-6-ти [21]. Що ж до забезпечення УСА-МіС, то при неспівпадінням ліній 2 і 3 на рівні +1, відремонтовані із застосуванням технології ВД двигуни повинні короткочасно обкатуватися на підприємстві. Далі, як показали дослідження [13], двигуни можуть використовуватися в експлуатації без 30-60-ти годинної обкатки.

Висновок. Аналіз стану взаємозв'язків між складовими трибосистеми проведений за допомогою логістичної функції дозволяє стверджувати, що застосування технології ВД деталей під час ремонту комбайнових і автотракторних двигунів дозволить суттєво підвищити їх якість.

Список літератури: 1. Козаченко О.В. Перспективи розвитку технічного обслуговування і ремонту машин / О.В. Козаченко // Вісн. Харк. нац. техн. ун-ту с/г ім. П. Василенко «Проблеми технічної експлуатації машин». – Х. : ХНТУСГ, 2010. – Вип. 94. – С. 3-8. 2. Аулін В.В. Порівняльний аналіз технічного стану дизелів засобів транспорту в АПК при планово-попереджувальній та адаптивній стратегії ТОР / В.В. Аулін, О.Ю. Жулай, О.М. Лівіцький, Д.М. Барановський // Наук. вісник Луганського НАУ. Серія: Технічні науки. – Луганськ: Вид-во ЛНАУ, 2009. – № 2. – С. 5-8. 3. Шаронов Г.П. Применение присадок к маслам для ускорения приработки двигателей / Г.П. Шаронов. – М.-Л.: Химия, 1965. – 223 с. 4. Барановський Д.М., Жулай О.Ю. Визначення технічного стану дизелів засобів транспорту АПК за хімічним аналізом моторної оливи / Д.М. Барановський, О.Ю. Жулай // Проблеми трибології – 2010. – №1. – С. 26-28. 5. Гатауллин Н.А. Соответствие двигателей КАМАЗ требованиям специального технического регламента / Н.А.Гатауллин, Е.Р. Борисенко // Журнал Автомобильных инженеров. – 2008. – №5 (52). – С.5. 6. Нанохімія, наносистеми, наноматеріали / [Волков С.В., Ковальчук Є.П., Огієнко В.М., Решетняк О.В.]. – К.: Наукова думка, 2008. – 424 с. 7. Атомистическое моделирование материалов / [Покропівний В.В., Роговий Ю.И., Огородников В.В., Лысенко А.А.]. – К.: Ин-т пробл. материаловедения им. И.Н. Францевича НАН Украины, 2008. – 464 с. 8. Болдарь Л.Н. Влияние условий трения на взаимную доводку образ-

цов, изготовленных из материалов деталей комбайновых и автотракторных двигателей / Л.Н. Болдарь // Міжнародн. зб. наук. праць «Прогресивні технології і системи машинобудування». – Донецьк: ДонНТУ, 2009. – Вип. 38. – С.29-40. **9.** Пат. 1811449. СССР; МКИ⁴ В23 Н9/12. Способ электрохимико-механической приработки деталей ЦПГ / Алексеев В.П., Болдарь Л.Н.; заявитель и патентообладатель Луганский с/х ин-т. – № 4927110/08; заявл.12.04.91; опубл. 23.04.93, Бюл. №15. **10.** Розробка конструкції технологічного оснащення процесу ЕХМП(Д) деталей двигунів для впровадження технології у виробництво: Звіт по НДР / Луганський с/х ін.-т. – №ДР 0197.004953.– Луганськ: ЛСПІ, 1997. – В 3-х ч. **11.**Ставропольский завод поршневых колец [Эл - й ресурс]. – Режим доступа: <http://www.motordetal.ru/about/news/232.htm>. **12.**Науменко О.А. Передумови сервісної політики в АПК. / О.А. Науменко // Вісн. Харк. нац. техн. ун-ту с/г ім. П. Василенко «Технічний сервіс в АПК, техніка та технології у с.г. машинобудуванні». – Х. : ХНТУСГ, 2009. – Вип. 76. – С. 3-6. **13.** Болдар Л.Н. Забезпечення якості відремонтованих двигунів внутрішнього згорання. Системний підхід. / Л.Н. Болдар // Зб. наук. праць Луганського НАУ. Серія: Технічні науки. – Луганськ: ЛНАУ, 2008. – №91. – С. 36-51. **14.** Машиностроение и техносфера XXI века: сб. трудов XVI международной н.-т. конф., 14-19 сент. 2009г. В 4-х томах. / Мин-во образования и науки Украины, Донецкая обл. и гор. администрация [и др.]. – Донецк: ДонНТУ, 2009. – Т.1. – 295 с. **15.** Болдар Л.Н. Структурна адаптація матеріалів і середовища у спряженнях відремонтованих ДВЗ / Л.Н. Болдар // Вісн. Харк. нац. техн. ун-ту с/г ім. П. Василенко «Технічний сервіс в АПК, техніка та технології у с.г. машинобудуванні». – Х. : ХНТУСГ, 2007. – Вип. 67, Т.1 – С. 87-98. **16.** Оборудование и технологии термической обработки металлов и сплавов: сб. докл. 7-й международн. конф. ОТТОМ-7, 24-28 апр. 2006 г. В 3-х томах. / НАН Украины, Мин-во образования и науки Украины, ННЦ «Харьковский физико-технический институт» [и др.]. – Х.: ННЦ «ХФТИ», ИПЦ «Контраст», 2006. – Т.1. – 364 с. **17.** Любарский И.М. Успехи современного металловедения. Металлофизика трения / И.М.Любарский, Л.С. Палатник. – М.: Металлургия, 1976. – 175 с. **18.** Карасик И.И. Прирабатываемость, закономерности и методы оценки влияния приработки и изнашивания на триботехнические характеристики опор скольжения: автореф. на соискание уч. степени доктора техн. наук: спец. 05.02.08 «Технология машиностроения» / И.И. Карасик. – К., 1983. – 33 с. **19.** Методи комп'ютерного моделювання [Електронний ресурс]. – Режим доступа: http://www.revolution.allbest.ru/emodel/00012511_0.html. **20.** Теория поршневого кольца / Гинцбург Б.Я. – М.: Машиностроение, 1979. – 271 с. **21.** Болдар Л.Н. Механізм забезпечення структурної адаптації матеріалів і середовища між деталями ДВЗ / Л.Н. Болдар // Міжнародн. зб. наук. праць «Прогресивні технології і системи машинобудування». – Донецьк: ДонНТУ. 2008. – Вип. 36. – С.28-35. **22.** Трение и износ / Крагельский И.В. – М.: Машиностроение, 1968. – 480 с.

Надійшла до редколегії 20.05.2010 р.

НАНОДИСПЕРСНОСТЬ ПРИПОВЕРХНОСТНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ ДЕТАЛЕЙ И СРЕДЫ – ОСНОВНАЯ ПРЕДПОСЫЛКА ИХ СТРУКТУРНОЙ АДАПТАЦИИ

Болдарь Л.Н. (Луганский НАУ, г. Луганск, Украина)

Обосновано утверждение, что основной предпосылкой приработки деталей является нанодисперсность их приповерхностных составляющих. Интерпретация состояния трибосистемы в зависимости от дисперсности ее составляющих проведена с помощью логистической функции сигмоида.