

17. Кудрявцева А. С. Киберфизическая система как развитие автоматизации на всех этапах жизненного цикла деятельности предприятия на основе внедрения цифровых технологий. Системный анализ в проектировании и управлении. 2019. № 1. С. 312-320.

18. Аулін В.В., Лівіцький О.М. Інформаційне забезпечення в системі технічного сервісу, діагностичного моніторингу та охорони праці в с/г виробництві. Конструювання, виробництво та експлуатація с/г машин 2009р. Вип.39. С. 287-291.

УДК 621.891:656.13

## ІННОВАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПРИПРАЦЮВАННЯ СПРЯЖЕНЬ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН ТА МОБІЛЬНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

**В. В. АУЛІН**, д.т.н., професор,  
**С. В. ЛИСЕНКО**, к.т.н., доц.,  
**А. Є. ЧЕРНАЙ**, асп.,  
**В. В. СЛОНЬ**, здоб.,  
**А. П. ЛУКАШУК**, асп.

*Центральноукраїнський національний технічний університет*  
*E-mail: aulinvv@gmail.com*

Підвищення надійності транспортних машин (ТМ) та мобільної сільськогосподарської техніки (МСГТ) пов'язане з процесами зміни технічних параметрів спряжень деталей систем і агрегатів. Характер протікання цих процесів безпосередньо залежать від відхилень форми та точності взаємного розташування робочих поверхонь деталей в спряженнях. Різні види цих відхилень обумовлені порушеннями технології виготовлення та збирання вузлів, систем і агрегатів машин у виробництві та ремонті. При наявності втрат точності розташування деталей та їх переміщень в процесі експлуатації відбуваються заклинювання, удари, вібрації, порушення герметичності спряжень та ін. Зазначене приводить до відмов, зниження ресурсу, втрат енергії, перегрівання спряжень деталей і агрегатів, підвищення витрат паливно-мастильних матеріалів. Поліпшенням ефективності процесів припрацювання ресурсовизначальних спряжень деталей ТМ та МСГТ, забезпеченням високої якості та усуненням геометричних відхилень взаємного розташування і форми деталей, підготовкою їх до сприйняття експлуатаційних навантажень, можливо вирішити проблему підвищення довговічності вузлів, систем і агрегатів.

Більшість методів припрацювання спрямовані на прискорення процесів, а не на перенесення умов пристосування спряжених поверхонь деталей на початковий період їх експлуатації, що є недостатньо ефективним при

припрацюванні деталей. Відсутність відомостей про динаміку зміни технічного стану спряжень деталей силових агрегатів трансмісій не дає змоги ефективно управляти процесами припрацювання. Використання геомодифікаторів тертя до моторної і трансмісійної оливи зменшує коефіцієнт тертя в спряженнях деталей, але ускладнює їх припрацювання при наявності геометричних відхилень. При цьому усунення геометричних відхилень забезпечується за рахунок надлишкового зносу. Додавання постійного електричного струму і оливи обумовлює наявність абразивних частинок за рахунок електроерозійної дії на робочу поверхню деталі, призводить до максимального локального зміцнення і, в той же час, зменшується їх ресурс.

Використання змінного електричного струму і електроліту в процесах припрацювання дає можливість прискорити взаємне пристосування робочих поверхонь деталей з різних матеріалів, типів спряжень та видів геометричних відхилень і одночасно реалізувати підвищення довговічності розробкою на цій основі інноваційної технології припрацювання спряжень ТМ та МСГТ з формуванням еквідистантних робочих поверхонь.

Визначено, що основною причиною втрати роботоздатності та відмов деталей машин є процеси зміни технічного стану та значень параметрів при терті та зношуванні. Ряд вітчизняних та зарубіжних вчених: Ю.М. Петров, В.П. Алексеєв, І.А. Кравець, Г.П. Шаронов, О.Г. Терхунов, В.В. Аулін, Р. Vlau, K. Ludema, S. Furuchama та ін. виявили, що процеси припрацювання спряжень деталей та режими змащення істотно впливають на підвищення довговічності машин. Характер і інтенсивність припрацювання залежить від умов експлуатації, режиму змащення, типу спряжень та виду геометричних відхилень деталей.

Розроблено схему взаємозв'язку змін геометрії спряжень деталей при виготовленні, збиранні, обкатуванні, експлуатації та ремонті вузлів, систем і агрегатів машин. Проаналізовано особливості і проблеми припрацювання підшипників ковзання двигунів, спряжень деталей трансмісій та турбокомпресорів, гідроагрегатів, зубчастих зачеплень та розглянуто основні їх фактори. Проведено порівняльний аналіз методів їх припрацювання та розроблено критерії оцінки, за якими визначено, що найбільш ефективним є метод електрохіміко-механічного припрацювання з накладанням однофазного або трифазного змінного електричного струму.

Розроблено методологію дослідження і розв'язання проблеми підвищення довговічності ТМ та МСГТ інноваційною технологією припрацюванням спряжень деталей вузлів, систем і агрегатів машин з різними матеріалами та видами геометричних відхилень, структуру, методи та методики теоретичних і експериментальних досліджень, використанням в оливах присадки геомодифікатора тертя. Визначено, що для розв'язання поставлених завдань необхідний системно-спрямований підхід та розробка ефективних способів усунення геометричних відхилень і отримання еквідистантності спряжених поверхонь, які забезпечують найбільшу ефективність процесів припрацювання. Визначено структуру, методи і методики експериментальних досліджень

процесів припрацювання, усунення різних видів геометричних відхилень деталей спряжень, закономірностей зміни параметрів їх робочих поверхонь та режимів змащення, а також розроблено теоретичне обґрунтування можливостей управління комплексом процесів.

Запропонований метод припрацювання спряжень деталей, як триботехнологія, дає нові можливості розв'язання проблеми довговічності вузлів, систем і агрегатів машин, розглядаючи складові властивості надійності не як адитивні, а як синергетичні компоненти, теоретичні основи яких розроблено проф. В.В. Ауліним. Виходячи з цього, метод ефективно об'єднує чотири основні властивості надійності і забезпечує: безвідмовність спряжень деталей – зменшенням припрацювального зносу, що не дозволяє вийти за межі граничних зазорів; підвищення довговічності спряжень деталей – зменшенням тривалості припрацювання і величини зносу; ремонтпридатність – розширенням полів допусків спряжень деталей; збережуваність експлуатаційних показників – можливістю суміщення процесів припрацювання з процесами відновлення при обкатці вузлів і агрегатів та під час їх експлуатації.

Виявлено, що запропонована інноваційна технологія припрацювання, як сучасна триботехнологія, забезпечує збільшення ресурсу на різних етапах життєвого циклу машин, в той час як основний рівень надійності закладається при проектуванні та виготовленні машин. Показано, що підготовка робочих поверхонь спряжень деталей до сприйняття експлуатаційних навантажень при припрацюванні ефективно підвищує ресурс при мінімальному зносі і швидкій стабілізації моменту тертя.

Теоретично обґрунтовано розвиток площі плями контакту різних типів спряжень деталей та видів геометричних відхилень та збільшення швидкості їх усунення за рахунок забезпечення мінімального зазору та максимальної швидкості з'єму матеріалу з формуванням еквідистантних спряжень поверхонь. Отримані відповідні формули для оцінки площі плям контакту та визначено характер їх теоретичних залежностей від величини геометричних відхилень.

На спряжених робочих поверхнях деталей силових агрегатів і трансмісій ТМ та МСГТ виявлено характерні ділянки геометричного відхилення, в яких відбувається тільки процес анодного травлення і збереження еквідистантності поверхонь, а в зоні безпосереднього контакту – чергуються механічне активування і анодне травлення. Досліджено розподіл опору протіканню струму в спряженні деталей з геометричними відхиленнями та епюри швидкості знімання матеріалу деталей при їх припрацюванні. Отримані формули необхідних величин об'єму матеріалу, що знімається, та товщини шару електроліту. Наведено результати експериментальних досліджень закономірностей процесів припрацювання різних типів спряжень деталей, здійснено вибір складу електроліту та оливо з присадкою геомодифікатора тертя при суміщенні процесів в запропонованому методі припрацювання.

Виявлено, що при методі накладання змінного електричного струму вдається ефективно припрацювати спряження деталей з перекосами до

0,76 мм/100 мм довжини, в той час, як припрацювання з більшою дефектністю ускладнено. Зазначено, що стабілізація моменту тертя свідчить про закінчення процесу припрацювання. Визначено, що без накладання електричного струму досліджувані спряження деталей не припрацьовувались.

Запропонований метод припрацювання з формуванням еквідистантних поверхонь кардинально змінює закономірність розвитку площі плям контакту на зразках вкладишів колінчастого валу. Експериментально доведено, що для підвищення ефективності припрацювання слід розділити спряжені поверхні деталей електролітом. Виявлено, що ефективність процесів припрацювання у запропонованому методі за розвитком питомої площі плями контакту на одиницю величини зносу в 4 рази вище методів на основі механічних процесів. Досліджено режими і закономірності процесів методу: з роздільними етапами проведення припрацювання та накладанням однофазного змінного електричного струму на окремі спряження деталей та їх системи (двигуни); з суміщеними етапами проведення припрацювання та накладанням трифазного змінного електричного струму для одночасного припрацювання системи спряжень деталей. Встановлено їх вплив на показники припрацювання методом математичного планування експерименту, отримані рівняння регресії питомого розвитку площі плями контакту на одиницю зносу від навантаження, тривалості припрацювання і сили струму. Наведено результати експериментальних досліджень та підвищення довговічності і зносостійкості поршневих кілець передремонтною доводкою, закономірностей припрацювання основних спряжень деталей гідроагрегатів, турбокомпресорів, зубчастих зачеплень методом накладання змінного електричного струму.

### Список використаних джерел

1. Аулін В.В. Фізичні основи процесів і станів самоорганізації в триботехнічних системах: [монографія] / В.В. Аулін. – Кіровоград : Лисенко В.Ф., 2014. – 369 с.
2. Трибофізичні основи підвищення надійності мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки технологіями триботехнічного відновлення: монографія / В.В. Аулін, С.В. Лисенко, О.В. Кузик, А.В. Гриньків, Д.В. Голуб; ред.: В.В. Аулін. – Кропивницький: Лисенко В. Ф., 2016. – 303 с.
3. Замота Т.Н. Управление процессами приработки основных сопряжений деталей машин при изготовлении и ремонте: Монография / Т.Н. Замота, В.В. Аулин. – Кіровоград: Издатель Лысенко В.Ф. – 2015. – 304 с.
4. Александров Е.Е. Повышение ресурса технических систем путём использования электрических и магнитных полей: монография / Е.Е. Александров, И.А. Кравец, Е.П. Лысков и др. – Х.: НТУ "ХПИ", 2006. – 544 с.
5. Blau P.J. Friction Science and Technology From concepts to application / Peter J. Blau. – 2nd ed. 2009 by Taylor and Francis Group, CRC. Press – 420 p.

6. Wear resistance increase of samples tribomating in oil composite with geo modifier KGMF-1 / V. Aulin, S. Lysenko, O. Lyashuk [et al.] // Tribology in Industry. – Vol. 41. – №. 2. – P. 156-165.

7. Новий погляд на фізичну природу процесів тертя / В. В. Аулін, С. В. Лисенко, А. В. Гриньків, І. В. Жилова // Підвищення надійності машин і обладнання : міжнар. наук.-практ. конф., 15-17 квіт. 2020 р., м. Кропивницький : матеріали конф. / М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. експлуатації та ремонту машин. - Кропивницький : ЦНТУ, 2020. – С. 11-12.

8. Аулін, В. В. Модель надійності деталей транспортних машин за процесами реалізації триботехнологій їх припрацювання і відновлення / В. В. Аулін, С. В. Лисенко, А. В. Гриньків // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки : зб. наук. пр. - Кропивницький : ЦНТУ, 2019. - Вип. 2 (33). - С. 50-64.

9. Можливості технологій триботехнічного відновлення для підвищення зносостійкості і довговічності спряжень деталей транспортних засобів / В. В. Аулін, С. В. Лисенко, А. В. Гриньків [та ін.] // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті : наук. жур. - Луцьк : Луцький НТУ, 2018. - №1(10). - С. 5-11.

10. Трибологические переходы при приработке поверхностей трения сопряжений деталей / В. В. Аулин, Т. Н. Замота, С. В. Лысенко и др. // Проблемы трибологии. - Хмельницький : ХНУ, 2017. - № 4. - С.87-96.

УДК 004.89:656.13:658.5

## **ФУНКЦІЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОСТІ ТРАНСПОРТНО-ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ ТА МОЖЛИВОСТІ ЇХ АРХІТЕКТУРИ**

**В. В. АУЛІН**, д.т.н., професор,  
**А. В. ГРИНЬКІВ**, к.т.н., с.н.с.,  
**Д. В. ГОЛУБ**, к.т.н., доц.,  
**В. О. ДЬЯЧЕНКО**, асп.,  
**А. О. ГОЛОВАТИЙ**, асп.

*Центральноукраїнський національний технічний університет*  
*E-mail: aulinvv@gmail.com*

Функції інтелектуальних транспортних систем є системи, що інтегрують сучасні інформаційні, комунікаційні та телематичні технології, технології управління і призначені для автоматизованого пошуку та прийняття до реалізації максимально ефективних сценаріїв управління транспортною системою регіону (міста, дороги), конкретним транспортним засобом або групою транспортних засобів, з метою забезпечення заданої мобільності