

Ляшук О.Л.,
Гупка А.Б.,
Левкович М.Г.,
Гупка В.В.

Тернопільський національний технічний
університет ім. Івана Пулюя,
м. Тернопіль, Україна
E-mail: aleksandr.kurpe@gmail.com

ВПЛИВ КОЕФІЦІЄНТУ ВЗАЄМНОГО ПЕРЕКРИТТЯ НА ПРОЦЕСИ ТЕРТЯ ТА ЗНОШУВАННЯ ТРИБОСИСТЕМ АВТОМОБІЛЯ

УДК 621.891

DOI:10.31891/2079-1372-2018-90-4-54-59

В роботі розглянута проблема перехідних процесів тертя, які визначають надійність і довговічність машин в реальних умовах експлуатації. Теоретичні основи перехідних процесів тертя в теперешній частітльки формуються. Тому розглянуто тільки методологічну сторону даної проблеми для вирішення практичних задач. Закономірності перехідних процесів являються суттєво кінетичними. Обґрунтована необхідність враховувати вплив коефіцієнту взаємного перекриття на процеси тертя та зношення та на етапі конструювання та виготовлення елементів пар тертя автомобілів, при виборі оптимальних режимів тертя. Підтверджена ефективність спроектованого трибометра та запропонованих кінетичних критеріїв оцінки процесів в зоні фрикційного контакту пар тертя автомобілів. Запропонована параметрична модель дозволяє оптимізувати процес дослідження, розробити комплекс технічних рішень по підвищенню зносостійкості пар тертя автомобілів, одержанню оптимальних параметрів якості поверхні, створити банк об'єктивних трибо технічних даних для важко навантажених пар тертя.

Ключові слова: процеси тертя, коефіцієнт перекриття, трибометр, зносостійкість, трибосистеми автомобіля.

Вступ

Трибологія, як і інші галузі науки і техніки знаходиться в неперервному розвитку. В роботі розглянута найменш досліджена в триботехніці проблема перехідних процесів тертя, які в значній мірі визначають надійність і довговічність машин в реальних умовах експлуатації. Теоретичні основи перехідних процесів тертя тільки формуються. Тому розглянуто тільки методологічну сторону даної проблеми для вирішення практичних задач. Закономірності перехідних процесів являються суттєво кінетичними. Для них найбільш важливо враховувати термодинамічні обмеження.

Аналіз попередніх досліджень

Вирішення проблеми підвищення надійності та довговічності елементів пар тертя автомобілів вимагає системного підходу з розробкою комплексних методик дослідження, кінетичних критеріїв оцінки процесів. Структурно енергетичний підхід дозволив оптимізувати шляхи пошуків оптимальних рішень [1]. Постійно зростає питома потужність процесів тертя, підвищується теплове і механічне навантаження на пари тертя, що веде до ряду негативних наслідків. Ефективними є шляхи розробки та дослідження конструкторських міроприємств по підвищенню трибологічної надійності даних пар тертя. Поряд із технологічними та експлуатаційними засобами це дозволить створити цілісний комплекс, розширити банк трибо технічних даних, розробити практичні рекомендації по вирішенню питань прикладної трибо техніки [2].

Постановка проблеми

В трибології важко навантажених пар тертя актуальною є проблема дослідження перехідних процесів в зоні фрикційного контакту робочих вузлів машин та механізмів. Теоретичні основи процесів тертя та зношення в т.ч. і перехідних процесів при фрикційному контакті тільки формуються. На даний час відсутні прості та коректні методи розрахунку і управління даними процесами, недостатньо обґрунтовані критерії оцінки, не стандартизовані методи дослідження, машини тертя (трибометри), що не дозволяє створити об'єктивний банк триботехнічних даних. Необхідна розробка принципово нових методик дослідження, лабораторного (стендового) обладнання та оснащення, кінетичних критеріїв оцінки, методів моделювання структурного стану поверхонь тертя шляхом врахування масштабного чинника.

Мета та завдання

Метою даної роботи є розробка комплексної методики дослідження та критеріїв оцінки для порівняння та аналізу трибо технічних параметрів при терті та зношенні елементів пар тертя автомобілів.

Результати досліджень

В загальній теорії систем окремо виділено поняття трибологічної системи, в тому числі для важко навантажених пар тертя. Значна частина триботехнічних задач в даний час вирішується малоефективним, емпіричним шляхом, що призводить до великих матеріальних та енергетичних витрат, не враховуються параметри трибологічної надійності та довговічності машин та механізмів.

Серед інших причин - це і відсутність комплексної методики дослідження, яка б включала в себе кінетичні критерії оцінки процесів в зоні фрикційного контакту універсальні машини тертя, параметричні моделі дослідження. Сучасний розвиток термодинаміки незворотних процесів, фізики твердого тіла, матеріалознавства, синергетики, експериментальних методик дозволив одержати обширні дані про механізми трансформації та руйнування поверхневих шарів, створити банк триботехнічних даних, побудувати відповідні фізичні, параметричні моделі процесів тертя та зношення, виявити загальні закономірності процесу тертя та зношення, дати конкретні практичні рекомендації. Важливу роль відіграє при цьому геометрія контактуючих поверхонь тертя (масштабний чинник), яка визначає значення коефіцієнта взаємного перекриття ($K_{ВП}$). Величина $K_{ВП}$ суттєво змінює швидкість процесів тертя та зношення при переході від точкового до лінійного контакту і нарешті до контакту по площині. В умовах тертя це призводить до зміни співвідношення швидкостей процесів утворення, трансформації та руйнування захисних вторинних структур (ВС). На поверхні тертя діють перемінні тиски, постійно змінюються площа контакту, шорсткість поверхні, умови тепловідводу, наростоутворення та мікротвердість поверхні, контактна температура, що призводить до різних інтенсивностей зношення робочих поверхонь деталей. В конкретних випадках, коли необхідно перенести результати лабораторних досліджень на реальні вузли тертя використовують елементи теорії моделювання із врахуванням теплової динаміки процесу тертя та зношення деталей машин. Це зrealізовано в запропонованій методиці дослідження і підтверджено одержаними результатами. Аналізуючи вхідні параметри та умови тертя (важконавантажені пари тертя), попередні експериментальні дослідження та дослідження інших авторів, вибрана наступна схема контакту пари тертя (рис. 1): пальчиковий зразок 1 – плоска торцева поверхня диска 2 (контргтіло). Положення зразка суттєво впливає на умови мащення та охолодження (характер подачі мастильно-охолоджуючих рідин в робочу зону тертя), що в свою чергу формує конкретні значення параметрів контактного електричного опору (КЕО) R , інтенсивності зношення – I , коефіцієнта тертя – μ , температури T °C.

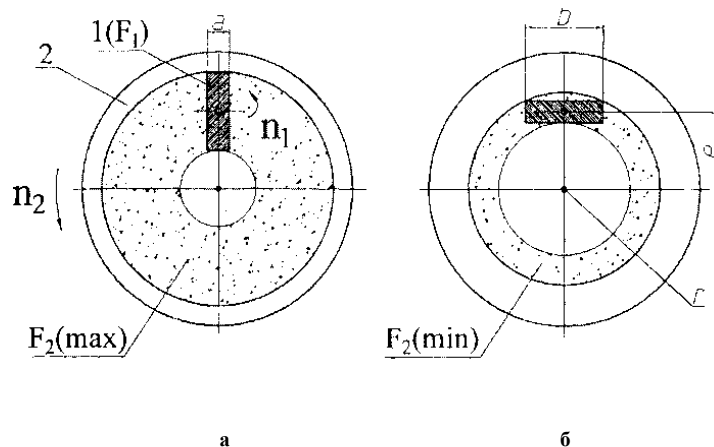


Рис. 1 – Схема контакту пари тертя та зміни $K_{ен}$:

а – $K_{ен} - \min$;

б – $K_{ен} - \max$;

n_1 – частота обертання зразка 1;

n_2 – частота обертання контргтіла 2;

a, b – розміри зразка 1;

e – ексцентриситет;

r – радіус контргтіла 2

Контртіло здійснює обертовий рух (одно направлений або реверсивний) із плавним характером зміни частоти обертання n_2 в горизонтальній площині. Провертється відносно власної осі і досліджуваний зразок – 1. Дана схема контакту оптимальна як для візуального нагляду за досліджуваними процесами, так і для подачі мастильного матеріалу в зону тертя. Форма робочих поверхонь елементів пар тертя зручна для подальших металографічних досліджень їх структурного стану. Величина $K_{ВП}$ по запропонованій методиці визначається із співвідношення:

$$K_{ВП} = F_1 / F_2,$$

де F_1 – площа тертя пальчикового зразка 1 (величина постійна в межах одного експерименту);

F_2 – площа тертя контртіла 2 (змінна величина в межах одного експерименту). Враховуючи вище перелічене, запропоновано конструкцію трибометра для дослідження процесів в зоні фрикційного контакту пар тертя автомобіля (рис. 2)

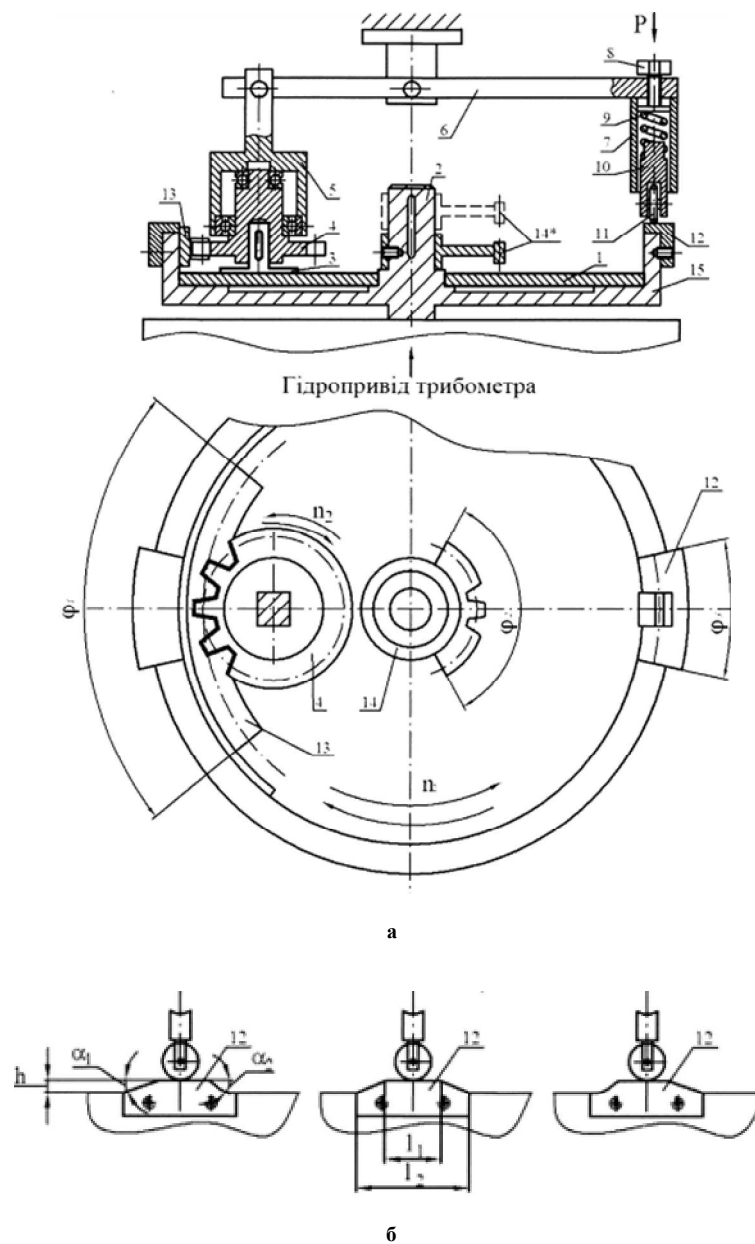


Рис. 2 – Схема вузла тертя та механізму навантаження трибометра (а),
варіанти виконання сегментів 12
та розміщення зразка 3 відносно зразкотримача 4:
 α_1, α_2 – кути підйому та сходження сегмента 12;
 h – висота підйому сегменту

Працює трибометр наступним чином. Контртіло 1 у вигляді диска з плоскою робочою поверхнею одержує обертовий рух n_1 від гідроприводу (з плавним характером зміни і можливістю реверсного руху). Змонтовано контртіло 1 на валу гідроприводу трибометра 2.

Досліджуваний зразок 3 із прямокутною формою робочої поверхні кріпиться в спеціальному зразкотримачі 4 із зубчатою поверхнею, який через підшипникові вузли вмонтовано у корпусі 5, що шарнірно кріпиться до штанги 6. На другому кінці штанги закріплено механізм навантаження зразка, який включає в себе направляючу гільзу 7, мікрометричний гвинт 8, пружину 9, направляючу 10, в якій закріплено ролик 11. На валу 2 закріплено сегменти 12 (відповідної кількості та форми), а також зубчасті сегменти 13, 14. При цьому зубчастий сегмент 14 може займати різне положення (14*), що суттєво впливає на процес в зоні фрикційного контакту і методику дослідження. Вузол тертя та механізм навантаження змонтовано у корпусі 15.

При наданні контртілу 1 обертового руху n_1 періодично відбувається зачеплення зубчатою поверхні зразкотримача 4 із зубчастими сегментами 13, 14, що призводить до провороту досліджуваного зразка 3 і його фіксації у різних робочих положеннях. Різна кількість, форма та розміри і місце розташування сегментів 12 дозволяє змінювати характер навантаження P на досліджуваний зразок. При цьому конструкція вузла тертя трибометра дозволяє в різних варіантах поєднувати в часі процеси провороту зразка 3 і зміну навантаження P . Появляється можливість імітувати багатofакторні перехідні процеси в зоні фрикційного контакту при дослідженні важко навантажених пар тертя автомобілів.

Параметрична модель досліджуваних процесів представлена на рис. 3.

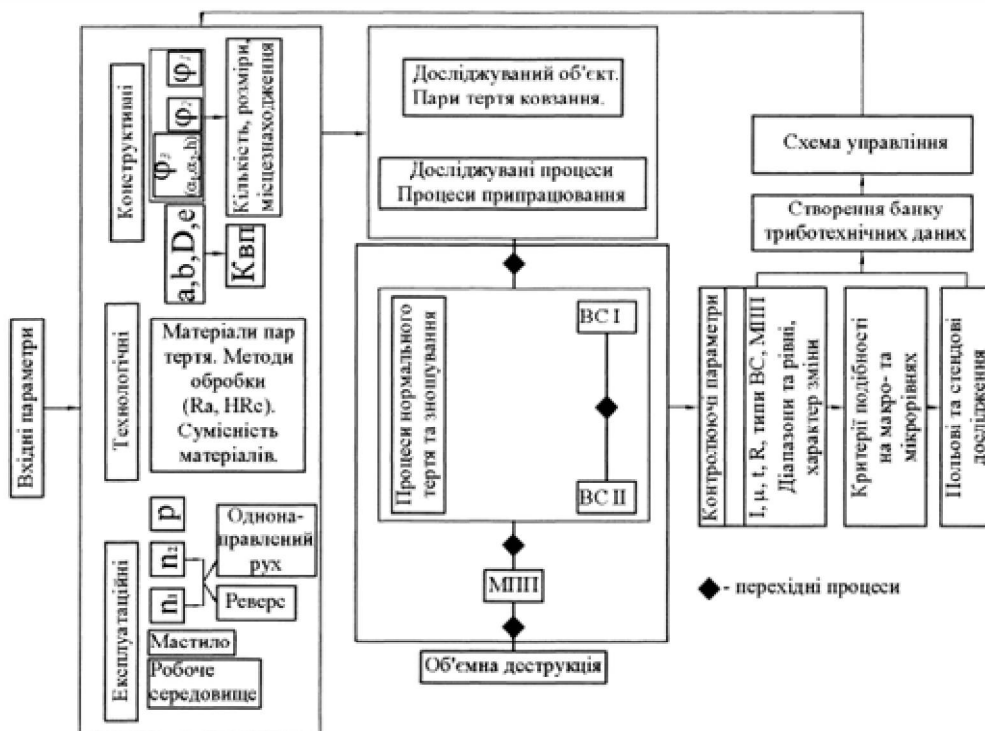


Рис. 3 – Параметрична модель дослідження процесів в зоні фрикційного контакту при обробці металів різанням

Запропоновані ідеї зреалізовані при вирішенні ряду конкретних задач: прискороного припрацювання поверхонь тертя для одержання оптимальної експлуатаційної шорсткості (рис. 4, а), для створення в зоні фрикційного контакту умов для реалізації режиму метало плакування (рис. 4, б). Наведені дані – узагальнені для ряду різних матеріалів пар тертя, мастильних середовищ, вихідних значень шорсткості поверхні (A) і характеристик вторинних структур, силових параметрів навантаження (P, V). Для порівняння дослідження проводились, як на серійних машинах тертя, так і на запропонованому трибометрі. При постійній швидкості ковзання V із зміною параметра навантаження P суттєво міняється значення величини t_i часу виходу на задані параметри. Менші значення t_1 і t_2 в порівнянні із t_3 свідчать про інтенсифікацію процесу активації на поверхнях тертя і, відповідно, їх пасивації за рахунок створення оптимальних вторинних структур.

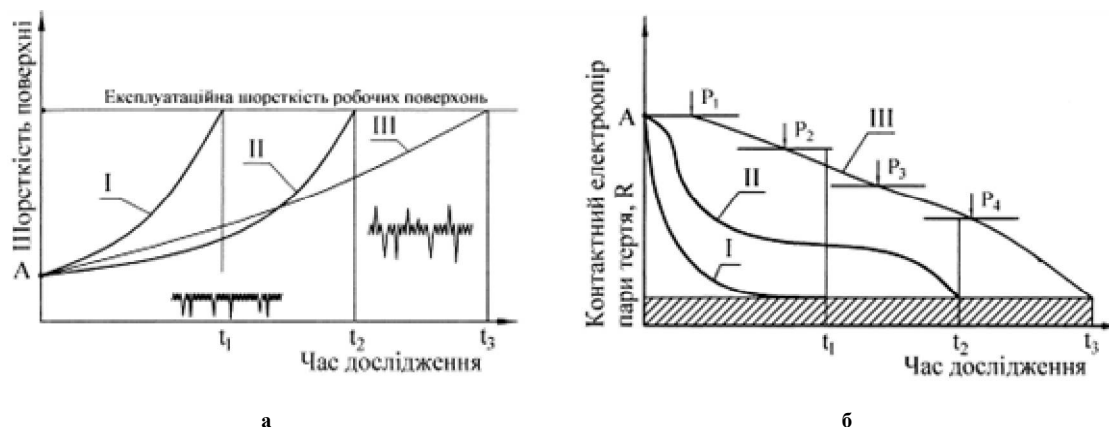


Рис. 4 – Характери виходу пари тертя на експлуатаційну шорсткість (а), та в режим металоплакування (б)

I – дослідження на трибометрі з використанням зовнішнього та внутрішнього зубчастих сегментів, II – з використанням тільки зовнішнього зубчастого сегмента, III – дослідження на серійній машині тертя, A – стан вихідної поверхні тертя по параметрах шорсткості (а), характеристиках вторинних структур R (б).

Дана схема дослідження дозволила шляхом фізичного моделювання процесів тертя та зношення, значно зменшити трудомісткість експериментальних досліджень, а також дати фізичне обґрунтування зношенню пар тертя автомобілів.

Висновки

1. Обґрунтована необхідність враховувати вплив $K_{вп}$ на процеси тертя та зношення, а також ще на етапі конструювання та виготовлення елементів пар тертя автомобілів, при виборі оптимальних режимів тертя.

2. Підтверджена ефективність використання спроектованого трибометра та запропонованих кінетичних критеріїв оцінки процесів в зоні фрикційного контакту пар тертя автомобілів.

3. Запропонована параметрична модель дозволяє оптимізувати процес дослідження, розробити комплекс технічних рішень по підвищенню зносостійкості пар тертя автомобілів, одержанню оптимальних параметрів якості оброблюючої поверхні, створити банк об'єктивних трибо технічних даних для важко навантажених пар тертя.

Література

1. Аулін В.В. Методика дослідження перехідних процесів в зоні фрикційного контакту важконавантажених пар тертя сільськогосподарських машин / В.В. Аулін, Б.В. Гупка, А.Б. Гупка, А.В. Гриньків // Матеріали V Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій». – 18-19 травня 2016р. : тези допов. – Тернопіль : ТНТУ, 2016. – С. 93-94.

2. Каплун В.Г. Трибологічні аспекти експлуатаційної надійності важко навантажених пар тертя / В.Г. Каплун, Б.В. Гупка, А.Б. Гупка, А.О. Оксентюк // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Серія: Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві. – Харків, 2012 – № 122 – С. 26-34.

Надійшла в редакцію 03.01.2019

Lyashuk O.L., Gupka A.B., Levkovich M.G., Gupka V.V. **Influence of the coefficient of mutual overlap on the processes of friction and wear of tribosystems of the car.**

The problem of transient friction processes, which determine reliability and durability of machines in real conditions of operation, is considered in the paper. The theoretical basis of the transitional friction processes in the present formally formed. Therefore, only the methodological side of this problem is considered for solving practical problems. The laws of transient processes are essentially kinetic. For them it is most important to take into account thermodynamic constraints.

Solving the problem of increasing the reliability and durability of steam friction elements of cars requires a systematic approach with the development of comprehensive research techniques, kinetic criteria for evaluating processes. It is shown that the ways of development and research of designing measures on increasing the tribological reliability of these friction pairs are effective.

The necessity of taking into account the influence of the coefficient of mutual overlap on the processes of friction and wear and on the stage of designing and manufacturing of elements of friction pairs of cars, in the choice of optimal friction modes, is substantiated. The efficiency of the designed tribometer and the proposed kinetic criteria for estimating processes in the friction contact zone of friction pairs are confirmed. The proposed parametric model allows to optimize the research process, to develop a complex of technical solutions on the increased durability of friction pairs of cars, to obtain optimal parameters of surface quality, to create a bank of objective tribo technical data for heavy loaded friction pairs.

Key words: friction processes, coefficient of overlap, tribometer, wear resistance, car tribology.

References

1. Aulin V.V. Metodika doslidzhennya perekhidnih procesiv v zoni frikciynogo kontaktu vazhkonavantazhenih par tertya sil'skogospodars'kih mashin. V.V. Aulin, B.V. Gupka, A.B. Gupka, A.V. Grin'kiv. Materiali V Mizhnarodnoï naukovo-tekhnichnoï konferencii molodih uchenih ta studentiv «Aktual'ni zadachi suchasnih tekhnologij». 18-19 travnya 2016r. tezi dopov. Ternopil' : TNTU, 2016. S. 93-94.
2. Kaplun V.G. Tribologichni aspekti ekspluatacijnoï nadijnosti vazhko navantazhenih par tertya. V.G. Kaplun, B.V. Gupka, A.B. Gupka, A.O. Oksentyuk. Visnik Harkivs'kogo nacional'nogo tekhnichnogo universitetu sil'skogo gospodarstva im. Petra Vasilenka. Seriya: Resursozberigayuchi tekhnologii, materialy ta obladnannya u remontnomu virobnictvi, Harkiv, 2012 №122. S. 26-34.