

## Список літератури

1. [https://lb.ua/news/2021/11/17/498795\\_nazemni\\_boyovi\\_roboti\\_lideri.html](https://lb.ua/news/2021/11/17/498795_nazemni_boyovi_roboti_lideri.html) (дата звернення 03.05.2023);
2. <https://sputnikipogrom.com/weapons/46931/military-robots/> (дата звернення 03.05.2023).

Подригало Михайло Абович, д-р техн. наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Шейн Віталій Сергійович, канд. техн. наук, доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет,

Бистров Денис Сергійович, магістрант, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, bestrov21@gmail.com

Маслов Микита Васильович, магістрант, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, rgisters000@gmail.com

## НОВИЙ МЕТОД ТРИБОМЕТРИЧНИХ ВИПРОБУВАНЬ ФРИКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ДИСКОВИХ ГАЛЬМ

При проектуванні фрикційних пар дискових гальм ступінь невизначеності мають такі параметри для розрахунку:

- коефіцієнт тертя  $\mu$ , що виникає в контакті пари тертя;
- ефективний радіус тертя (плече докладання сумарної сили тертя  $T$  в контакті пар), який отримав назву середнього радіусу тертя  $\bar{R}$ .

При проведенні розрахунків коефіцієнт тертя або обирається за технічними умовами для пар тертя, що використовуються, або приймається заздалегідь заниженим, рівним  $\mu = 0,3$ . Слід зазначити, що, приймаючи якийсь розрахункове значення  $\mu$ , ми не враховуємо тієї обставини, що зазначений коефіцієнт є умовним, він не враховує розподілу значень по поверхні контакту. Крім того, не враховується зміна коефіцієнта тертя  $\mu$  з часом під впливом температури та зношування. Ефективний (середній) радіус тертя також залежить від геометричного припрацювання пар тертя, їх триботехнічних характеристик (головним чином від динаміки зношування). При розрахунку ефективного (середнього) радіусу тертя плоских поверхонь Александровим М. П. у своїх роботах пропонуються дві гіпотези розрахунку:

- гіпотеза рівного розподілу тисків по всій поверхні контакту  $q = const$ ;
- гіпотеза рівного розподілу питомих потужностей тертя  $q \cdot V = const$  ( $V$  – швидкість ковзання в точці, що розглядається).

У першому випадку (при першій гіпотезі) ефективний (середній) радіус визначається за наступною залежністю

$$\bar{R}' = \frac{2}{3} \cdot \frac{R_3^3 - R_{BH}^3}{R_3^2 - R_{BH}^2} = \frac{2}{3} \cdot \frac{R_3^2 + R_3 R_{BH} + R_{BH}^2}{R_3 + R_{BH}}, \quad (1)$$

де  $R_3, R_{BH}$  – зовнішній та внутрішній радіуси тертя (зовнішній та внутрішній радіуси фрикційної накладки).

У другому випадку (при другій гіпотезі) ефективний радіус справді є середнім арифметичним

$$\bar{R}'' = \frac{R_3 + R_{BH}}{2}. \quad (2)$$

У роботі [1], враховуючи нелінійну залежність геометричного зносу  $x$  поверхні тертя від тиску та швидкості ковзання

$$x = f(q^{K_1} \cdot V^{K_2}), \quad (3)$$

запропоновано гіпотезу

$$q^{K_1} \cdot V^{K_2} = const. \quad (4)$$

При зазначеній гіпотезі (4) ефективний радіус тертя дорівнюватиме [1]

$$\bar{R} = \frac{2 - K_2 / K_1}{3 - K_2 / K_1} \cdot \frac{R_H^{3-K_2/K_1} - R_{BH}^{3-K_2/K_1}}{R_H^{2-K_2/K_1} - R_{BH}^{2-K_2/K_1}}. \quad (5)$$

Проведений аналіз показує, що перед проектуванням плоских поверхонь тертя треба попередньо провести експериментальні дослідження та визначити параметри  $\mu$  та  $\bar{R}$ .

Розглянемо момент тертя, що створюється при контакті плоских поверхонь тертя (муфт зчеплення або дискових гальм)

$$M_{TEP} = N \cdot z \mu \bar{R}, \quad (6)$$

де  $N$  – сила, що стискає пакет фрикційних пар;

$z$  – кількість поверхонь тертя.

Здавалося б найпростіше, створивши силу  $N$  (відому за величиною) і вимірявши момент тертя  $M_{mp}$  за допомогою важеля з вантажем, жорстко пов'язаного з ротором фрикційних пар, визначити

$$\left( \frac{\bar{R}}{\mu} \right) = \frac{M_{TEP}}{N \cdot z}. \quad (7)$$

Це дозволить визначити деякий узагальнений параметр контакту відомої фрикційної пари в статичному стані (при роторі, що не обертається, і температурі в контакті фрикційної пари рівної температурі навколишнього середовища). При роботі механізму в реальних умовах, нагріванні та зношуванні фрикційних пар, параметр  $\left(\overline{\mu R}\right)$  буде іншим.

Для вирішення поставленого завдання зниження ступеня невизначеності параметрів плоских фрикційних пар необхідно:

– розробити методику експериментальних досліджень, при якій було б можливо розділити величини  $\mu$  і  $\bar{R}$ , при цьому можна буде говорити про деяке ефективне (середнє) значення  $\bar{\mu}$ ;

– розробити методику експериментального дослідження, при якій буде можливо реєструвати динаміку зміни параметрів  $\bar{\mu}$  і  $\bar{R}$  у процесі тривалого контакту плоских поверхонь тертя, що супроводжується їх нагріванням та зношуванням.

Для вирішення поставленого завдання було використано конструкцію дискового гальма відкритого типу підвищеної стабільності, запропонованої в роботах [1, 2]. Принцип стабілізації гальмівного моменту закладений у конструкціях, полягає в компенсації зменшення коефіцієнта тертя збільшенням сили притискання гальмівних колодок до диску.

Також була розроблена схема стенду для визначення середнього коефіцієнту тертя  $\bar{\mu}$  та ефективного (середнього) радіусу тертя плоскої фрикційної пари. Гальмівний момент, при включеному гальмівному механізмі (подача тиску рідини в робочий гальмівний та опорний циліндри), імітується за допомогою вантажу встановленого на важелі навантаження. Вантаж є набірним, що дозволяє при проведенні експерименту збільшувати поворотний момент

$$M_{\text{ПОВ}} = Q \cdot L \quad (8)$$

до величини моменту тертя спокою  $M_{\text{ТСП}}$  у гальмі. При досягненні зазначеного моменту  $M_{\text{ПОВ}} = M_{\text{ТСП}}$  відбудеться поворот ротора (гальмівного диску) відносно свого початкового положення.

Вимірюючи за допомогою датчиків тиску або манометрів величини тиску рідини опорного циліндру, що підводиться з магістралі керування та тиску рідини опорного циліндру пов'язаною з робочим гальмівним циліндром за досягнення значення  $M_{\text{ПОВ}}$  величини  $M_{\text{ТСП}}$  розраховуються параметри  $\bar{R}$  і  $\bar{\mu}$ .

Запропонована методика дозволяє при випробуваннях фрикційних пар здійснювати контроль ефективного (середнього) радіусу тертя  $\bar{R}$  та ефективного (середнього) коефіцієнту  $\bar{\mu}$  тертя фрикційних пар.

## Список літератури

1. Гальмівні властивості та гальмівні механізми колісних тракторів / Подригало М. А. та ін. Харків : Вид-во ХНАДУ, 2007. 507 с.
2. Підвищення стійкості та керованості колісних машин в гальмівних режимах: монографія / Александров Є. Є. та ін. ; під заг. ред. Волонцевича Д. О. Харків : НТУ «ХП», 2007. 320 с.

Шуляк Михайло Леонідович, доктор технічних наук, професор,  
завідувач кафедри агроінжинірингу  
Сумський національний аграрний університет  
m.l.shulyak@gmail.com

## АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СУЧАСНОГО ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АВТОМОБІЛЯ: МЕТОДИ ТА ПРИЙОМИ

Сучасні автомобілі оснащені телематичними модулями супутникової навігації, бортовими системами діагностики, адаптивним керуванням та регулюванням паливної суміші для ефективного споживання пального. Ці технології підвищують ресурс автомобілів, забезпечують контроль над водієм, коригують регулярність обслуговування та зменшують вплив на навколишнє середовище. Діагностика автомобіля поділяється на внутрішню (бортову) та зовнішню (дистанційну) частину. Зовнішня діагностика залежить від телематичних та телекомунікаційних засобів передачі даних і взаємодії з інфраструктурою доріг та іншими транспортними засобами. Внутрішня діагностика базується на мехатроніці та використанні CAN-шини. Бортова система автомобіля складається з трьох груп:

1. Система керування автомобілем.
2. Бортова система інформування водія.
3. Система збору й передачі інформації.

Електронні системи автомобіля виконують закриті функції, збираючи дані від різних датчиків і аналізуючи їх для покращення безпеки, зручності та ефективності автомобіля. Деякі сигнали можуть бути передані у зовнішнє середовище для інформування інших учасників руху. Крім того, автомобіль може отримувати інформацію від зовнішніх джерел та використовувати її для автоматичного керування та покращення безпеки..

Кожна з груп має у своєму складі відкриті й закриті підсистеми. Електронні системи автомобіля сьогодні, в основному, виконують функцію закритих. Отримана від різних датчиків автомобіля інформація аналізується з допомогою відповідних програм і виробляє в електронному блоці керування команди для виконавчих пристроїв з метою підвищення безпеки руху, зручності керування, підвищення ефективності транспортного засобу та зниження навантаження на довкілля. Також сигнали від деяких систем можуть бути використані як відкриті для передачі у зовнішнє середовище: інформаційним центрам, дорожньо-транспортній інфраструктурі, іншим учасникам руху. Автомобіль може не тіль-