

Криштопа С.І.

Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу,
м. Івано-Франківськ, Україна
E-mail: retes@mail.ru

**ОЦІНКА ЕНЕРГОНАВАНТАЖЕНОСТІ
ПЛЯМ КОНТАКТІВ МІКРОВАСТУПІВ
МЕТАЛОПОЛІМЕРНИХ ПАР ТЕРТЯ
ТРИБОСИСТЕМ**

УДК 621.891

Проілюстрована оцінка енергонавантажності плям контактів мікроставупів металополімерних пар тертя трибосистем за допомогою визначення зовнішніх і внутрішніх їхніх параметрів. Визначення останніх проводилось на мікро- і наноенергетичних рівнях поверхневих і підповерхневих шарів трибоспрямижень.

Ключові слова: металополімерні пари тертя, трибоспрямиження, трибосистема, енергетичні рівні, пляма контакту мікроставупу, поверхневий і підповерхневий шари, робота виходу електронів і іонів.

Вступ

Розрізнені дані про енергонавантажність металополімерних пар тертя трибосистем вимагають оцінки не тільки зовнішніх експлуатаційних параметрів (нормального зусилля; динамічного коефіцієнта тертя; поверхневих і об'ємних температур; механічних і термічних напружень і ін.), але і внутрішніх параметрів (роботи виходу електронів і іонів; рівнів Фермі; густини зарядів; Дебаєвської довжини екранування; фазових перетворень; різного роду електричних струмів і ін.) Останні в значній мірі впливають на енергетичні рівні поверхневих і підповерхневих шарів трибоспрямижень.

Мета роботи – обґрунтувати метод оцінки енергонавантажності плям контактів мікроставупів металополімерних пар тертя трибосистем на мікро- і нанорівнях.

Стан проблеми

Специфіка полімерних матеріалів полягає в тому, що їх робота в трибоспрямиженнях супроводжується процесами трибоелектризації, дифузії [1, 2], а також деструкції з утворенням різних фаз, які повертаючись в первинний стан мають інші енергетичні рівні поверхневих і підповерхневих шарів. Одержані таким чином хімічно активні продукти взаємодіють з шорсткими плямами контактів мікроставупів металевго елемента. Відомо що пара тертя «полімер-метал» має різну енергонавантажність при фрикційній взаємодії трибоспрямиження. Поверхневий і підповерхневий шари полімерної накладки є накопичувачами зарядів, об'єм і властивості яких змінюються залежно від їхньої енергонавантажності. Остання в значній мірі впливає на механічне, електричне і теплове поля. Що стосується металевго фрикційного елемента з мікроставупами плям контактів, то він є акумулятором теплової енергії. Крім того, мікроставупи контактів металевго елемента беруть активну участь у формуванні ланцюгів мікроконденсаторів і мікротермоелектробатарей [3]. Виходячи з вищевикладеного і є актуальною оцінка енергонавантажності плям контактів мікроставупів металополімерних пар тертя трибосистем.

Постановка задачі

У даній публікації розглянуті наступні питання стосовно даної проблеми:

- визначення внутрішніх і зовнішніх параметрів в енергетичних полях металополімерних пар тертя в трибосистемах;
- робота виходу електронів і іонів з поверхонь фрикційного металополімерного трибоспрямиження;
- енергонавантажність дискретного контакту мікроставупів металополімерних пар тертя трибосистем.

Визначення внутрішніх та зовнішніх параметрів в енергетичних полях металополімерних пар тертя в трибосистемах

Метод визначення внутрішніх параметрів в енергетичних полях металополімерних пар тертя в трибосистемах базується на підтримці допустимих градієнтів фізико-механічних властивостей матеріалів пар тертя, які перебувають під дією полів: механічного, електричного, електромагнітного, теплового, хімічного. При цьому необхідно оцінити:

- роботу виходу електронів та іонів з металополімерного трибоспрямиження;
- енергетичні рівні різних типів контактів мікроставупів пар тертя трибосистеми [7];
- поляризаційні та деполіризаційні процеси на плямах контактів мікроставупів металополімерного трибоспрямиження [5, 6];
- енергетичні рівні поверхневих та підповерхневих шарів матеріалів пар тертя трибосистеми [8].

У реальних умовах металополімерні пари тертя піддаються наступним термічним навантаженням: імпульсне нагрівання і повільне природне охолодження; нагрівання і охолодження з високим темпом; повільне нагрівання і вимушене охолодження; нагрівання і охолодження з малим темпом. Темпи нагрівання, природного і вимушеного охолодження робочих поверхонь металополімерних пар тертя гальмівних пристроїв і визначають їхні електротермостимульовані процеси поляризації і деполіаризації.

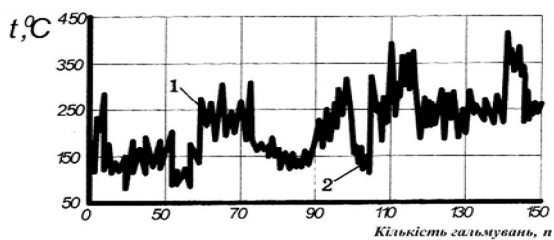


Рис. 1 – Зміна температур фрикційних накладок гальмівних механізмів автобуса ЛАЗ-695 при гальмуванні на маршруті Севастополь - Ялта (за даними Б.Б. Генбома)

Надалі, в результаті досліджень встановлено, що при роботі поверхонь фрикційних накладок в зоні температур до допустимої і вище за неї, температури змінюються аперіодично (рис. 1). При цьому позитивні піки температури відповідають роботі мікротермобатарей в режимі мікротермо-електрогенераторів (крива 1), а в інтервалі невисоких температур 75,0 - 150,0 °С – в режимі мікротермоелектроохолодильників (крива 2). Зв'язок між синусоїдальним законом зміни плоскої електромагнітної хвилі при гліючому і іскровому розрядах і експлуатаційними парами металополімерних пар тертя гальма наведені в роботі [9].

Вивчення в часі залежностей зміни динамічного коефіцієнта тертя фрикційних вузлів гальмівних пристроїв (рис. 2) дозволяє оцінити динамічну картину загального балансу підведеної і відведеної від трибосистеми енергії.

Зовнішня робота, що підводиться до трибосистеми, затрачується на пружну і пластичну деформацію поверхневих шарів і на утворення мікротермоелектробатарей. Останні працюють в режимах мікротермоелектрогенераторів і мікротермоелектроохолодильників, сприяючи прямому нагріванню і охолодженню поверхневих і підповерхневих шарів елементів тертя гальмівних пристроїв. Інші види трансформації механічної енергії при низьких швидкостях ковзання елементів тертя гальма є несуттєвими (наприклад, випромінювання). Робота тертя залежить від площі фактичного контакту і від фізико-механічних і хімічних властивостей поверхневих і підповерхневих шарів матеріалів пари тертя гальмівних пристроїв, які в процесі тертя порівняно повільно збільшують та зменшують свою міцність. Тому частина кривої 2 (рис. 2) динамічного коефіцієнта тертя, яка описується низькочастотною складовою, пов'язана з механічною енергією, що поступає в трибосистему. Остання затрачується на її перерозподіл і забезпечення роботи мікротермобатарей, які генерують електричну енергію з подальшим її перетворенням в теплову в підповерхневих шарах елементів тертя фрикційних вузлів гальмівних пристроїв.

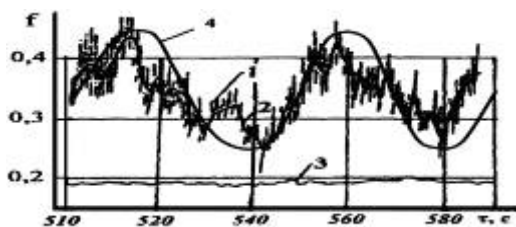


Рис. 2 – Закономірності зміни в часі (τ) динамічного коефіцієнта тертя (f) для пари «метал - полімер» (при $p = 0,3$ МПа, $V = 0,6$ м/с);
1, 2 – високочастотна і низькочастотна складові «сухого» тертя;
3 – крива при «мокрому» терті;
4 – систематизована синусоїдальна крива (за даними Д.О. Вольченко)

Природа високочастотної складової (див. рис. 2, крива 1) пов'язана з дискретністю контакту, а високочастотні піки динамічного коефіцієнта тертя відповідають енергетичним процесам, що відбуваються миттєво в контактах поверхневих шарів, які виступають джерелом теплоти і холоду за рахунок генерації в них прямих і зворотних струмів. Криві 1, 2 і 3 (див. рис. 2) містять інформацію про вплив прямої струму, що генерується в парах тертя «полімер-метал», на величину динамічного коефіцієнта тертя. При проходженні прямих мікрострумів від робочої поверхні обода гальмівного барабана до анодно-поляризованих ділянок робочих поверхонь фрикційних накладок f виявляється завжди більше (рис. 2, інтервали часу 510 - 520 с і 550 - 570 с для кривих 1 і 2, відповідно), ніж на катодно-поляризованих ділянках з температурою, що перевищує допустиму. При цьому виникають зворотні мікроструми (рис. 2, інтервал часу 510 - 580 с для кривої 3). Причому у всіх випадках f знижується із збільшенням густини струму j_n при замиканні пари тертя. Динамічний коефіцієнт тертя катодно-поляризованих ділянок робочої поверхні фрикційних накладок завжди менше динамічного коефіцієнта тертя їх анодно-поляризованих ділянок, тобто ($f_a > f_k$), при зростанні j_n він змінюється для різних матеріалів по-різному [4].

Таким чином, переполяризація ділянок робочих поверхонь фрикційних накладок в парах тертя гальмівних пристроїв викликає інверсію мікрострумів і зміну їх величин і, як наслідок, зміну динамічного коефіцієнта тертя, що характеризує енергетичні процеси в поверхневих і підповерхневих шарах елементів тертя. Стосовно струмів омиваючого повітря робочих поверхонь пар тертя гальмівних пристроїв, то його характеристики теж мають хвильову природу (див. рис. 3, а, б, в).

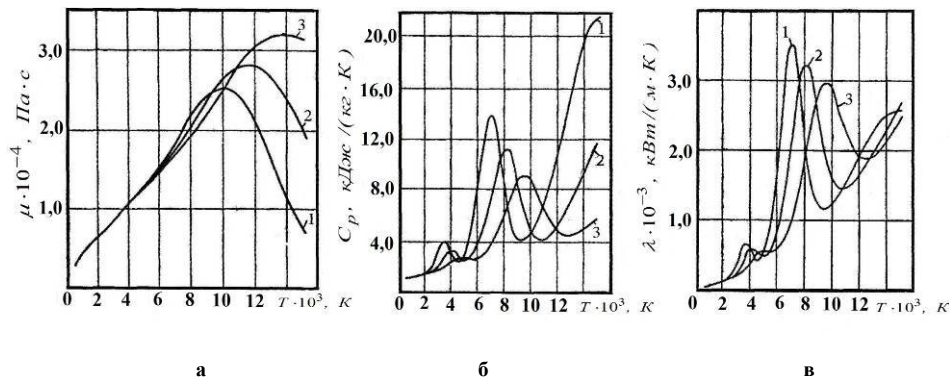


Рис. 3 – Закономірності зміни в'язкості (а), теплосмності (б) і теплопровідності (в) повітря в залежності від його температури при різних тисках: 1 – $P = 0,1$ МПа; 2 – $P = 1,0$ МПа; 3 – $P = 10,0$ МПа (за даними В.К. Кошкина)

Згідно методу електродинамічного встановлення закономірностей зміни експлуатаційних параметрів металополімерних пар тертя стрічково-колодкового гальма бурової лебідки видно, що при контактно - імпульсній взаємодії робочих поверхонь гальмівних шківів та фрикційних накладок на їхніх плямах контакту генеруються електричні струми. Останні описуються синусоїдальним законом зміни плоскої електромагнітної хвилі при гліючому та іскровому розрядах. Закономірності зміни експлуатаційних параметрів пар тертя в часі відбуваються з різними амплітудами, які описуються для: імпульсних питомих навантажень періодом π ; динамічного коефіцієнта тертя – періодом 2π ; зміни поверхневих напружень в матеріалі ободу шківів, що викликані температурами спалаху та температурними градієнтами – періодом π ; нагрівання та вимушеного охолодження поверхневих температур – періодом $\pi/2$; солітонів-імпульсів, що виникають в міжконтактному зазорі пар тертя, з різною довжиною хвилі – періодом $\pi/2$; зносу робочих поверхонь спряжених пар тертя – періодом π . Закономірності зміни експлуатаційних параметрів пар тертя стрічково-колодкових гальм бурових лебідок описуються різними амплітудами з періодами від $\pi/2$ до 2π на основі електродинамічної теорії тертя та зносу.

Робота виходу електронів та іонів з поверхонь фрикційної взаємодії металополімерного трибоспряження

Мілітрібологічний рівень експериментальних досліджень включає оцінку енергонавантажності поверхневих і підповерхневих шарів металополімерних пар тертя гальмівних пристроїв. Розглянемо зв'язок роботи виходу електронів і іонів з робочих поверхонь металополімерних пар тертя і їх поверхневої температури від питомих навантажень, діючих на плями контактів мікровиступів (рис. 4, а, б, в, г). При цьому поверхневі температури полімерних накладок були нижче (рис. 4, а, б, в) і вище (рис. 4, г) допустимої для їх матеріалів, не дивлячись на те, що в контактах взаємодії температури були однаковими.

Проведемо аналіз температур, що виникають на поверхнях плям мікровиступів при різних типах контактів в процесі фрикційної взаємодії (рис. 4). Ділянка I відповідає, в основному, області пружної деформації поверхневих шарів матеріалів елементів тертя, а ділянки II і III – переважно області пластичних деформацій, в яких мають місце процеси без і з насиченою густиною дислокацій. Ділянка I на рис. 4, в зміщена вліво, а на рис. 4, г ділянка I взагалі відсутня, зливаючись з ділянкою II.

Пояснюється це тим, що в першому випадку починаються деструктивні процеси вигорання зв'язуючих компонентів матеріалів поверхневих шарів полімерної накладки і утворення плям рідини на її поверхні, а в другому випадку деструктивні процеси закінчуються із збільшенням кількості плям рідини на робочій поверхні полімерної накладки. Третя ділянка на всіх рисунках характеризуються динамічною рівновагою між процесами розмноження і анігіляції дефектів з утворенням мікропар і мікротріщин в поверхневих шарах металополімерних пар тертя. При цьому товщина теплового шару при великих імпульсних питомих навантаженнях в металополімерних парах тертя на один-два порядки перевищує товщину поверхневого і підповерхневого шарів їхніх елементів.

Покажемо як впливають вказані вище три ділянки, проілюстровані на рис. 4 на зміну поверхневої температури, імпульсних питомих навантажень та на роботу виходу електронів і іонів з робочих поверхонь металополімерних пар тертя. Останній параметр є визначальним і в значній мірі впливає на перших два параметри. На ділянці I (рис. 4, а) спостерігається збільшення роботи виходу як електронів, так і іонів із зростанням імпульсних питомих навантажень.

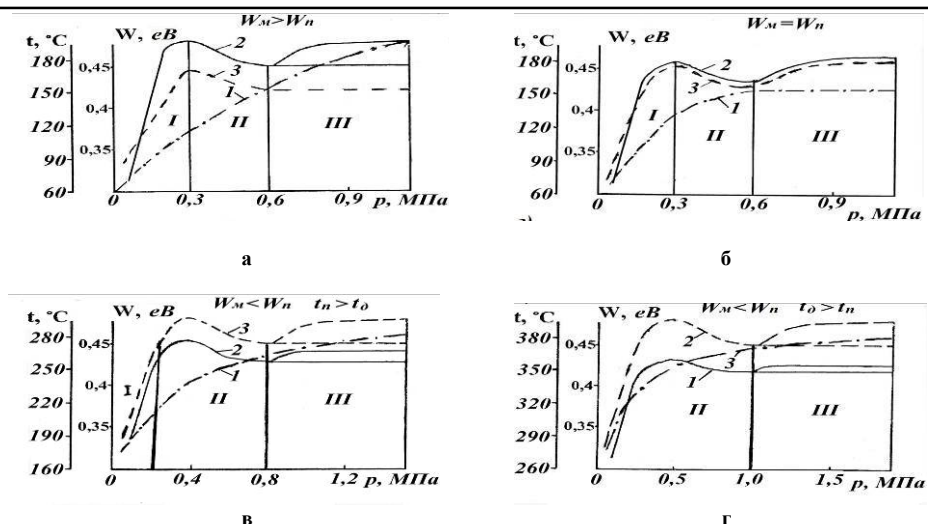


Рис. 4 – Закономірності зміни поверхневої температури (t_n , крива 1) в інтервалі температур нижче і вище допустимої (t_0) для матеріалів полімерної накладки і роботи виходу електронів (крива 2) і іонів (крива 3) з робочих поверхонь металополімерних пар тертя (W_m, W_n) від питомих навантажень (P) під час фрикційної взаємодії різних типів контактів: а – блокуючого ($W_m > W_n$); б – нейтрального ($W_m = W_n$); в, г – омичного при $t_0 < t_n$ і $t_0 > t_n$ ($W_m < W_n$); I, II, III – області деформації поверхневих шарів елементів тертя: пружного і пластичного

В результаті змін, які відбуваються на робочих поверхнях металополімерних пар тертя, робота виходу електронів і іонів з поверхонь тертя зменшується (рис. 4, а). Що стосується графічних залежностей, представлених на рис. 4, в, г, то наявність рідкої фази викликає збільшення питомих навантажень в парах тертя. Робота виходу іонів на них більше роботи виходу електронів у зв'язку з ефектом спорідненості до електрона (перетворення електронів в іони).

Як видно з рис. 4, а, б, в, г поверхнева температура монотонно збільшується в даному діапазоні імпульсних питомих навантажень, не має екстремумів і корелюється з роботою виходу електронів і іонів. Проте на III-х ділянках (рис. 4, б, г) при $W_m = W_n$ і $W_m < W_n$ в інтервалі температур, відповідно, нижче і вище за допустиму для матеріалів полімерної накладки, мали місце постійна температура і термостабільна температура. Перша виникає тоді, коли незначна кількість теплоти, яка генерується на поверхнях тертя від матових поверхонь металевого фрикційного елемента відводиться в оточуюче середовище. Термостабілізаційний стан металевого фрикційного елемента настає на тривалий час тоді, коли градієнт температури за товщиною його полірованої поверхні є мінімальним.

Енергонавантаженість дискретного контакту мікрорівнів металополімерних пар тертя трибосистем

Енергонавантаженість дискретного контакту мікрорівнів металополімерних пар тертя трибосистем можливо дослідити за зміною динамічного коефіцієнта тертя від поверхневої температури металополімерного трибоспряження. Відомо, що динамічний коефіцієнт тертя характеризує силове відношення імпульсної сили тертя між плямами контактів мікрорівнів до імпульсної нормальної сили їхньої взаємодії. Вказані силові параметри залежать не тільки від поверхневої температури полімерної накладки, але і від того в якій фазі знаходяться її поверхневий і підповерхневий шари.

У табл. 1 приведена енергонавантаженість дискретного контакту мікрорівнів металополімерних пар тертя трибосистем з урахуванням характеристик фрикційної взаємодії залежно від стану поверхневого і підповерхневого шарів металополімерних пар тертя за наявності подвійних електричних шарів і циркуляції струмів (електричного, теплового і омиваючого середовища), і дослідження залежності динамічного коефіцієнта тертя від поверхневої температури в трибоспряженні.

Основною вимогою до плям контактів мікрорівнів є: малий перехідний опір, стабільність площ плям контактів і зносостійкість. Ці характеристики залежать в першу чергу від імпульсного нормального зусилля, діючого на плями контактів мікрорівнів трибоспряження. Характер цих залежностей суперечливий. Так, величину перехідного опору можна спрощено записати:

$$R_{II} = \frac{\alpha_k}{N^n}, \quad (1)$$

де α_k – параметр, залежний від фізико-механічних властивостей контактуючих матеріалів поверхонь плям мікрорівнів трибоспряження;

n – показник ступеня, що характеризує форму і тип контакту.

Енергонавантаженість дискретного контакту мікроставупів металоолімерних пар тертя трибосистем

Стан поверхневого і підповерхневого шарів накладки	Опис характеристик фрикційної взаємодії:				
	стан міжконтактного середовища поверхневого і підповерхневого шарів металоолімерних пар тертя	наявність подвійних електричних шарів	циркуляція струмів:		
			електричних	теплових	омиваючого середовища
1	2	3	4	5	6
Поверхнева температура нижче допустимої для матеріалів фрикційної накладки	При електротермомеханічному терті мікроставупів металоолімерних пар тертя під дією імпульсних нормальних зусиль на поверхнях плям контактів різних типів генеруються імпульсні електричні струми, які пробивають якнайтонші окисні плівки, сприяючи тим самим їх руйнуванню. Під дією все зростаючих імпульсних питомих навантажень відбувається активна деформація мікроставупів, тобто поверхневих шарів полімерних накладок і зміцнення плям контактів металевого фрикційного елемента (див. рис. 5, стадію I). На цій стадії відбувається підготовка поверхневих шарів до утворення достатньої кількості активних центрів, що визначають їх подальший розвиток унаслідок повзучості металу робочої поверхні металевого фрикційного елемента. При підвищенні температури плям контактів мікроставупів металоолімерних пар тертя трибоспряження від 100 до 200 °С спостерігається збільшення середнього коефіцієнта тертя (від 0,39 до 0,42) [рис. 5]. При цьому електричні поля в трибоспряженні слабшають, а теплові поля – посилюються. Характеристика фрикційної теплостійкості на цій ділянці визначається в основному пружнопластичними властивостями матеріалу (перехід від пружного до пластичного контакту). На ділянці від 250 до 400 °С коефіцієнт тертя залежить від розвитку пластичних деформацій з поступовим, у міру підвищення температури, димленням зв'язуючого (смоли) фрикційних матеріалів. Кількість кисню повітря, що поступило на поверхні плям контактів трибоспряження, визначає інтенсивність термоокислювальних деструкційних процесів. Крім того, омиваюче повітря є окислювальним середовищем, що сприяє розвитку адсорбційного і щільного ефектів в трибоспряженні.	Виникає подвійний електричний шар, що охоплює виступи і западини мікронерівностей металевого фрикційного елемента. При цьому плями контактів мікроставупів виконують функції термоелектрогенератора, а поверхневі і підповерхневі шари полімерних накладок – термоелектрохолодильників. Бічні поверхні мікроставупів і їх западини є накопичувачами зарядів, тобто мікроконденсаторами. Інтенсивно відбуваються на плямах контактів поляризаційні процеси.	Струм електризації від плям контактів мікроставупів полімерної накладки до плям контактів мікроставупів металевого фрикційного елемента.	Генерована електрична енергія перетворюється на теплову енергію і нагріває тіло металевого фрикційного елемента і підповерхневі шари полімерних накладок.	Мікроставупи пар тертя омиваються повітрям навколишнього середовища.

Закінчення табл. 1

1	2	3	4	5	6
Поверхнева температура досягає допустимої для матеріалів фрикційної накладки	Електротермомеханічне тертя плям контактів мікроставупів трибоспряження відбувається при постійних імпульсних питомих навантаженнях і нейтральних контактах унаслідок повзучості поверхневих шарів пари тертя «полімер-метал». При цьому із зростанням температури процес розвитку фізичного контакту інтенсифікується і може переходити на інші енергетичні рівні, міняючи тим самим типи контактів. Крім того, фізичний контакт омичного типу здатний викликати процеси релаксацій внутрішніх термонапружень в поверхневому шарі металевого фрикційного елемента, за рахунок поверхневого пластичного тертя (рис. 5, стадія III). Коефіцієнт тертя стабілізується і має мінімальне значення (0,18); дана зона (400-550 °С), внаслідок проходження процесів деполяризації, є областю депресії, в якій фрикційні характеристики цілком визначаються дією рідких продуктів деструкції зв'язуючого компонента (смоли). Спостерігається різке зменшення CO ₂ до 0,13 % в масових частках і з'являється H ₂ (0,123 % в масових частках) [див. табл. 2].	Існує сильний подвійний електричний шар сформований в приповерхневому шарі полімерних накладок. Подвійний електричний шар біля робочої поверхні металевого фрикційного елемента є ослабленим. При цьому металевий фрикційний елемент виконує функції термоелектрогенератора, а підповерхневі шари накладок – термоелектрохолодильників.	Переважаюча інверсія електричних струмів від поверхнь полімерних накладок поверхню металевого фрикційного елемента (зворотний струм). Встану той час спостерігаються слабкі прямі струми.	Циркуючі теплові струми в елементах металевого фрикційного вузла сприяють термостабілізації його оболонки.	Мікроставупи трибоспряжень омиваються компонентами вигорілих речовин з поверхневих шарів полімерних накладок.

Поверхнева температура перевищує допустиму для матеріалів фрикційної накладки	Електротермомеханічне тертя протікає як при підвищених, так і при знижених імпульсних питомих навантаженнях на плямах контактів мікровиступів трибоспряження і при цьому виявляються закони несталої повзучості в умовах постійної зміни (переважно зменшення) термонапружень в поверхневому шарі металевого фрикційного елемента (див. рис 5, стадія IV). На ділянці від 550 до 800 °С (четверта стадія) підвищення коефіцієнта тертя пояснюється утворенням коксоподібних продуктів деструкції зв'язуючого, ведучого зрештою до формування робочого шару. Останній сприяє виникненню блокуючих контактів мікровиступів трибоспряжень. В п'ятій зоні (800-1000 °С) коефіцієнт тертя знов стабілізується і досягає значення 0,32. Інтенсифікуються процеси деполяризації на плямах контактів мікровиступів трибоспряження. Азот і вуглекислий газ (див. табл. 2) є нейтральними середовищами, в яких адсорбційний і щілистий ефекти вироджуються. При цьому спостерігається збільшення H_2 до 0,171 % в масових частках і з'являється CO (0,43 % в масових частках).	Виникає і розвивається сильний подвійний електричний шар в підповерхневих шарах полімерних накладок і слабкий подвійний електричний шар мікровиступів металевого фрикційного елемента внаслідок їхнього нагрівання. Приповерхневий шар накладки виконує функції термоелектрогенератора, а мікрровиступи металевого елемента – термоелектрохолодильника.	Переважає інверсія електричних струмів від поверхні плям мікрровиступів металевого фрикційного елемента в приповерхневій полімерних накладках. Слабка інверсія прямих струмів, оскільки зароджуються зворотні струми.	На поверхні полімерної накладки виникають островці рідини, які є електродом. Ця мікродструктура формування сильноповерхневого електричного шару на поверхні накладки.	Мікрровиступи партертя омиваються повітрям навколишнього середовища і компонентами дефіційних процесів, що відбуваються в підповерхневих шарах накладок.
---	--	---	---	---	--

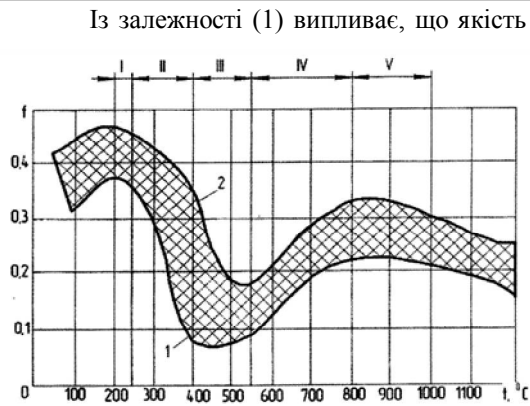


Рис. 5 – Еталонна зміна коефіцієнта тертя матеріалу «Ретинакс ФК-24А» у функції температури поверхні тертя за зонами:
I – (200-250) °C; II – (250-400) °C;
III – (400-550) °C; IV – (550-800) °C; V – (800-1000) °C

ної взаємодії (рис. 7, а) встановлено, що як при імпульсному (до 0,5 с), так і при тривалому (від 0,5 до 1,0 с) інтервал зміни питомих навантажень коливався від 0,2 до 1,0 МПа. При цьому в імпульсній зоні період був більше в 2 - 3 рази в порівнянні з тривалою зоною. Пояснюється це тим, що в імпульсній зоні має місце включення нових мікровиступів у фрикційну взаємодію. В тривалій зоні має місце квазірівноваження площ плям контактів мікровиступів, що і веде до істотного зменшення періоду зміни імпульсних питомих навантажень.

Таблиця 2

**Відсотковий вміст компонентів газової суміші,
що утворена в міжконтактному просторі пари тертя**

Номер проби	Марка компонента	Температура, °C	Вміст газу, масова частка, %						інші гази***
			H ₂	O ₂	N ₂	CO ₂	CO	ΣC _n H _m	
1	ФК-24А	150	*	19,8	78,8	0,28	*	*	Решта
2	-	215	*	19,8	78,8	0,23	*	*	
3**	-	420	0,123	19,1	79,5	0,13	*	*	
4**	-	500	0,171	16,3	81,6	0,24	0,43	0,24	
5	-	730	0,308	9,8	81,2	0,08	6,51	1,06	

- *Наявність слідів вказаних газів.
- **Відбір проб здійснюється з чотирьох зон (точок) одночасно.
- ***Під іншими газами розуміють: Ag, Ne, He, Kr, N₂O, Xe, O₂, Rn.

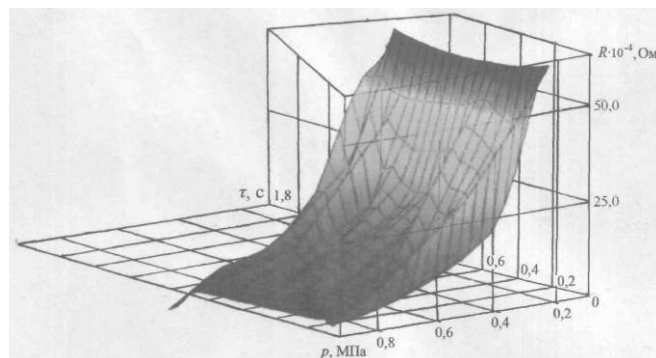


Рис. 6 – Закономірності зміни перехідного опору плям контактів мікровиступів металополімерного трибоспряження та імпульсних питомих навантажень при рівномірному розподілі амплітуди фрикційної взаємодії

Що стосується закономірностей зміни перехідного опору плям контактів мікровиступів трибоспряження при імпульсній і тривалій фрикційній взаємодії (рис. 7, б), то його сплески спостерігаються при величинах (від 0,35 до 0,67) · 10⁻⁴ Ом. При тривалій фрикційній взаємодії плям контактів мікровиступів

трибоспряження величини перехідного опору зміщені в інтервал їх зміни, в основному, (від 10,0 до 30,0)·10⁻⁴ Ом. При цьому період тривалої фрикційної взаємодії контактної опору на плямах мікроступів помітно знижується.

Таким чином, зміна величини перехідного опору на плямах контактів мікроступів трибоспряження має аперіодичний характер, що сприяє виникненню флуктуації генерованого електричного струму і, отже, наведене поле відрізнятиметься від первинного. Крім того, при цьому можливе посилення електричного поля в 3-5 разів від первинного.

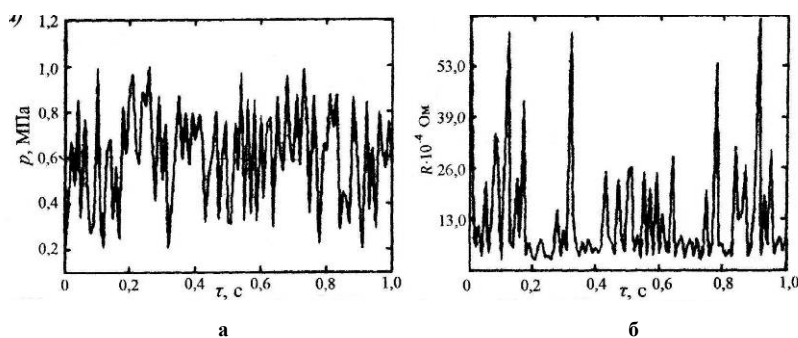


Рис. 7 – Закономірності зміни від часу імпульсних питомих навантажень, що діють на плями контактів мікроступів металополімерного трибоспряження з рівномірним розподілом амплітуди фрикційної взаємодії (а) та закономірності зміни перехідного опору при даній взаємодії (б)

Висновки

Таким чином, оцінена енергонавантажність плям контактів мікроступів металополімерного трибоспряження під час електротермомеханічної імпульсної фрикційної взаємодії на мікро- і нанорівнях енергетичних зон.

Література

1. Трение, износ и смазка (трибология и триботехника) / А.В. Чичинадзе, Э.Д. Берлиндер, Э.Д. Браун и др. Под. общ. ред. А.В. Чичинадзе. – М.: Машиностроение, 2003. – 576 с.
2. Мамедов Р.К. Контакты металл-полупроводник с электрическим полем пятен / Р.К. Мамедов. – Баку: Госуниверситет, 2013. – 231 с.
3. Ленточно-колодочные тормозные устройства. [Монография] / Н.А. Вольченко, Д.А. Вольченко, С.И. Криштопа, Д.Ю. Журавлев, А.В. Возный. – Кубанск. государств. технолог. ун-т. и Прикарпатск. национальн. ун-т им. В. Стефаника, 2013. – 441 с.
4. Криштопа С. І. Вплив електричних і теплових полів на динамічний коефіцієнт тертя в барабанно-колодкових гальмах автотранспортних засобів з термоелектричним охолодженням / С. І. Криштопа // Матеріали VI-ї міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту». – Вінниця: Вінницький національний технічний університет, 2013. – С. 26-27.
5. Криштопа С. І. Електротермостимульована деполяризація взаємодіючих ділянок металополімерних пар тертя стрічково-колодкового гальма бурової лебідки (частина 1) / С. І. Криштопа // Нафтогазова енергетика. – Івано-Франківськ, 2012. – № 2 (18). – С. 46-54.
6. Термоелектрична поляризація поверхонь фрикційних накладок гальмівних пристроїв / С. І. Криштопа // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – Івано-Франківськ, 2013. – № 1 (46). – С. 50-57.
7. Криштопа С. И. Принцип суперпозиции в паре «генерирование – сток» теплоты энергонагруженности ее поверхностных слоев в барабанно-колодочном тормозе автотранспортного средства / С. И. Криштопа // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володи-мира Даля – Луганск: СХУ, 2013. – № 15 (204) – С. 118-124.
8. Криштопа С. И. Контактно-импульсное взаимодействие различных типов контактов в металополимерных парах трения ленточно-колодочного тормоза буровой лебедки / С. И. Криштопа // Вестник Азербайджанской инженерной академии. – Баку, 2013. – Том 5, № 3. – С. 38-49.
9. Вольченко О. І. Електродинамічні процеси та їхній вплив на зносо-фрикційні властивості металополімерних пар тертя гальмівних приладів / О. І. Вольченко, С. І. Криштопа, В. І. Карась // 36. наук. пр. СевНТУ. – Севастополь, 2012. – Вип. 135. – С. 237-240.

Поступила в редакцію 29.12.2014

Kryshchtopa S.I. Estimation of energy loading of contacts spots of micro ledges of metal polymer friction pairs of tribology system.

The specific of polymeric materials consists in that their work in tribological interfaces is accompanied by the processes of tribological electrization, diffusions, and also destructions with formation of different phases which going back into the premieres being have other power levels of superficial and subsuperficial layers. It is known that friction pairs have a «polymer-metal» different energy loading at friction co-operation of tribological interfaces. Superficial and subsuperficial the layers of polymeric protective strap are the stores of charges, a volume and properties of which change depending on their energy loading. The last largely affects mechanical, electric and thermal the fields. In the given publication there are the considered following questions in relation to the given problem: internal and external parameters in the power fields of metal polymer were determined by friction pairs at tribology system; work of electron output and ions from the surfaces of friction metal polymer tribological interfaces was explored; it was determined by energy loading discrete contact of micro ledges of metal polymer friction pairs of tribosystem; method of estimation of energy loading of contacts spots of micro ledges of metal polymer friction pairs of tribosystem at micro- and nano- levels was grounded.

Keywords: metal polymer friction pairs, tribological interfaces, tribosystem, power levels, spot of contact of micro ledges, superficial and subsuperficial layers, work of electron output and ions

References

1. Friction, Wearing out & greasing (Tribology and Tribotechnic). A.V. Chichinadze, Э.Д. Берлиндер, Э.Д. Браун ect. By general edition of A.V. Chichinadze. M. Mashinostroenie, 2003. 576 p.
2. Mamedov R.C. Contacts of metal-conduction with electric field of spots. Baku: Gosouniversitet, 2013. 231 p.
3. Band-block brakes of friction devises. [Monografiya]. N.A. Volchenko, D.A. Volchenko, S.I. Kryshchtopa, D.Yo. Zhuravlev, A.V. Vozny. Kubansc. gosouudarstv. technologist. university. and Pricarpatsc. nationa university by V. Stefanica, 2013. 441 p.
4. Kryshchtopa S. I. Influence of electric and thermal fields on dynamic friction coefficient in the drum-block brakes of vehicles with the thermo-electric cooling. Materials of the VI-th international scientific and technical conference are «Modern technologies and prospects of development of motor transport». – Vinnytsia: Vinnytsia national technical university, 2013. P. 26-27.
5. Kryshchtopa S. I. Electro thermo stimulation depolarization of interactive areas of metal polymer friction pairs of band-block brake of drilling hoist (part 1). Oil and gas energy. Ivano-Frankivs'k, 2012. № 2 (18). P. 46-54.
6. Thermo-electric polarization of surfaces of friction protective straps of brake devices. S. I. Kryshchtopa. secret Service and development of oil and gas deposits. Ivano-Frankivs'k, 2013. № 1 (46). P. 50-57.
7. Kryshchtopa S. I. Principe of superposition in pare «generation – stock» of thermal energy loading of its superficial layers in drum- block brakes motor transport vehicles. Announcer of the East Ukrainian national university of the by V. Dall' – Lugansk: SLEEP, 2013. № 15 (204). P. 118-124.
8. Kryshchtopa S. I. Contac-impulses co-operation of different types of contacts in the metal polymer friction pairs of band-block brake of drilling hoist. Announcer of Azerbaijan engineering academia. Baku, 2013. Tom 5 № 3. P. 38-49.
9. Volchenko O. Electrodynamics' processes and their influence on wearing out properties of metal polymer friction of brake devices. A. I. Volchenko, S. I. Kryshchtopa, V. I. Caras. Coll. Of sciences. works SevSTU. Sevastopol, 2012. V. 135. P. 237-240.