

УДК 621.891

Б413.46 + А543 0-106.6

<sup>1</sup>Р.Г. Мнацаканов, д-р техн. наук<sup>2</sup>В.І. Маленко<sup>3</sup>В.О. Довбуш<sup>4</sup>О.О. Микосянчик

## КРИТЕРІЙ ВІДНОСНОЇ ОЦІНКИ ПРОТИСПРАЦЬОВУВАЛЬНИХ І АНТИФРИКЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

<sup>1,3</sup>Національний авіаційний університет, dovbush@i.com.ua<sup>2</sup>Київський завод цивільної авіації №410, aviamark@ukrnet.net<sup>4</sup>Завод технічних масел "Аріан", arian@compuserv.com.ua

*Розглянуто критерій відносної оцінки протиспрацьовувальних і антифрикційних властивостей мастильних матеріалів. Визначено зміну питомої роботи тертя від контактної напруги, температури мастильного середовища, кутової швидкості для групи мінеральних масел.*

### Вступ

Зношування контактних поверхонь, пов'язане з механічним і тепловим впливом, є результатом акумуляції необоротних змін структури, що локалізуються в малих об'ємах поверхневого шару. Розв'язання задач підвищення надійності і довговічності трибомеханічних систем, зниження їхньої матеріалоемності й енерговитрат, пов'язано з розвитком фундаментальних і прикладних досліджень в області тертя і зношування. Основним напрямом цих досліджень є збільшення зносостійкості контактних поверхонь, для здійснення якого необхідно розв'язання однієї з найважливіших проблем сучасної трибології – підвищення ефективності мастильного процесу при фрикційній взаємодії поверхонь.

### Постановка задачі

Постановку завдання складає розробка методів попередньої оцінки протиспрацьовувальних і антифрикційних властивостей мастильних матеріалів на підставі показників, що характеризують інтенсивність зміни питомої роботи тертя для різних значень контактних напружень, температури мастильного матеріалу і кутової швидкості в процесі пуску.

### Критерії оцінки протиспрацьовувальних і антифрикційних властивостей мастильних матеріалів

В умовах нормального розвитку мастильного процесу після зрушення і початку руху з'являється тенденція до утворення суцільного мастильного шару в окремих областях, що знижує частку загального навантаження, яка приходить на зони пластичного і пружного контактів. Зменшення сил контактної взаємодії досягається не тільки несучим мастильним шаром, але і за рахунок утворення шару окислів, хімічних сполук, органічних плівок, що розділяють контактні

поверхні, а також у результаті значного зниження температур в мікрообсягах [1].

Однак у більшості випадків динамічного навантаження не створюється необхідних умов для реалізації ефективної мастильної дії, зокрема, при часто повторюваних пусках. У цих умовах виявляються важко визначні фізико-хімічні властивості тонких мастильних шарів.

Унаслідок впливу несприятливих процесів можуть розвинутися небезпечні температури, аномальні явища, що ініціюють розвиток неприпустимих видів зношування. Можливість і інтенсивність розвитку цих процесів характеризує здатність трибомеханічної системи уникнути критичних режимів тертя, тобто характеризує протиспрацьовувальні і антифрикційні властивості [2].

Як основний параметр оцінки протиспрацьовувальних і антифрикційних властивостей мастильного матеріалу розглядається питома робота тертя  $E$ , визначена при пуску. Поняття мастильного матеріалу можна замінити поняттям "трибомеханічна система", з урахуванням динаміки фізико-хімічних властивостей тонкого поверхневого шару.

Критерій відносної оцінки протиспрацьовувальних і антифрикційних властивостей мастильних матеріалів може бути розрахований на підставі трьох показників:

– показника інтенсивності зміни питомої роботи тертя для різних рівнів контактної напруги  $K_8$ ;

– показника інтенсивності зміни питомої роботи тертя в процесі збільшення температури (об'ємної) мастильного матеріалу  $K_t$ ;

– показника інтенсивності зміни питомої роботи тертя для різних значень кутової швидкості в процесі пуску  $K_\omega$ .

Кожний із зазначених показників дає відносну в порівнянні з мастильним матеріалом, прий-

нятим за базовий, оцінку працездатності досліджуваного сполучення пари тертя і мастильного матеріалу. Чим більше величина показника, тим вищі протиспрацьовувальні й антифрикційні властивості досліджуваного сполучення. Якщо який-небудь показник менше 1, то це означає, що досліджувані властивості нижче властивостей зразка, прийнятого за базовий.

Критерій відносної оцінки протиспрацьовувальних і антифрикційних властивостей мастильного матеріалу в сполученні з матеріалом контактних поверхонь визначається як добуток трьох показників:

$$K_H = K_s K_t K_\omega.$$

Критерій  $K_H$  дає величину коефіцієнта надійності мастильного процесу пари тертя в порівнянні з умовами критичного режиму змащення, що наближається до нього, що забезпечує найгірший мастильний матеріал, прийнятий за базовий. Чим більше величина критерію  $K_H$ , тим ефективніше протікає мастильний процес і надійніше робота трибосполучення.

На рис. 1 показано зміну  $E$  як функцію від контактної напруги  $\sigma_n$  для групи мінеральних масел.

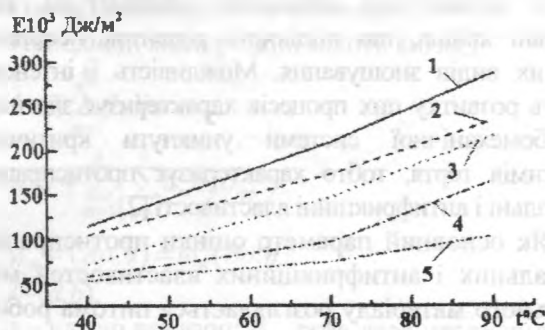


Рис. 1. Зміна питомої роботи  $E$  як функції від контактної напруги  $\sigma_n$ :  
1 – МК-8; 2 – СМ-9; 3 – І-20А; 4 – гіпоїдне; 5 – МС-20

Найгірший показник, якщо судити по енергетичних витратах, має масло МК-8. Приймемо даний результат за базовий, з яким будемо порівнювати наступні зразки мастильних матеріалів, припускаючи, що тут зростання інтенсивності має критичну швидкість. У результаті одержимо для кожного мастильного матеріалу критичні величини питомої роботи тертя для кожного рівня контактних напружень.

#### Порівняння критеріїв оцінки властивостей для випробуваних мастильних матеріалів

На наступному етапі, визначають робочий рівень контактної напруги, і високотемпературні властивості досліджуваного сполучення. На рис. 2 показано зміну питомої роботи тертя від температури мастильного середовища.

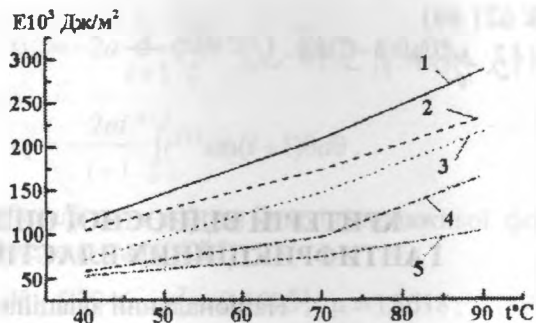


Рис. 2. Зміна питомої роботи тертя  $E$  від температури  $t$  для групи мінеральних масел:  
1 – МК-8; 2 – СМ-9; 3 – І-20А; 4 – гіпоїдне; 5 – МС-20

При  $\sigma_n = 700$  МПа найбільші значення тертя  $E$  має масло МК-8  $E = 286 \cdot 10^3$  Дж/м<sup>2</sup> при температурі  $t_m = 90^\circ\text{C}$ . Мінімальне значення  $E$  в умовах експерименту для гіпоїдного масла становить  $102 \cdot 10^3$  Дж/м<sup>2</sup>.

Результати досліджень переконливо показують можливість застосування методу виміру питомої роботи тертя, який тонко реагує на зміну якості мастильного матеріалу.

Як видно з рис. 2, залежність питомої роботи тертя від температури при пуску не має загальної закономірності залежно від в'язкості. Це свідчить про те, що в розглянутому процесі виявляються в більшому ступені нев'язкі (негідродинамічні) властивості мастильних матеріалів.

На рис. 3 показано залежність зміни питомої роботи тертя від величини кутової швидкості (скінченного значення) при пуску ( $\sigma_n = 700$  МПа).

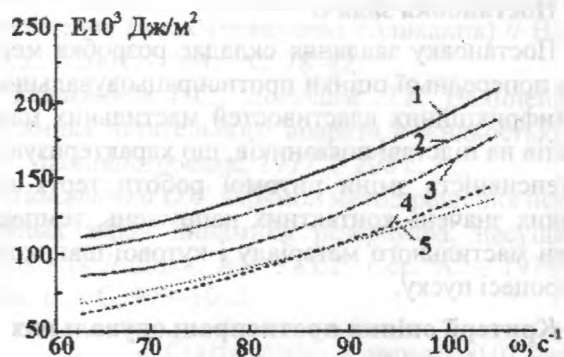


Рис. 3. Залежність питомої роботи тертя  $E$  від кутової швидкості при пуску:  
1 – МК-8; 2 – гіпоїдне; 3 – МС-20; 4 – І-20А; 5 – СМ-9

Характер розташування кривих аналогічний залежностям, показаним на рис. 1, 2.

Визначимо показники для кожної серії випробувань, беручи до уваги той факт, що для одержання критерію  $K_H$  необхідно вибрати з групи досліджуваних матеріалів мастильний матеріал, який показав найгірші (великі значення питомої роботи тертя) результати випробувань.

За такий матеріал беремо масло МК-8. Тоді для досліджуваного мастильного матеріалу, наприклад масла МС-20 критерій відносної оцінки протиспрацьовувальних і антифрикційних властивостей мастильних матеріалів визначається в такий спосіб:

$$K_H = K_\delta K_t K_\omega = \frac{E_{\delta 1} E_{t1} E_{\omega 1}}{E_{\delta 2} E_{t2} E_{\omega 2}}$$

де  $E_{\delta 1}$ ,  $E_{t1}$ ,  $E_{\omega 1}$  – відповідні по кожній серії випробувань, значення питомої роботи тертя базового мастильного матеріалу і базового матеріалу контактної поверхні;  $E_{\delta 2}$ ,  $E_{t2}$ ,  $E_{\omega 2}$  – відповідні по кожній серії випробувань, значення питомої роботи тертя для обумовленого сполучення мастильний матеріал – матеріал контактної поверхні.

Знаючи відповідні значення  $E$ , одержуємо

$$K_{H_{MC-20}} = K_\delta K_t K_\omega;$$

$$K_{H_{MC-20}} = 1,57 \cdot 1,5 \cdot 1,6 = 3,768.$$

Якщо зіставити показники масла МК-8 з маслом И-20А, то одержимо

$$K_{H_{И-20A}} = K_\delta K_t K_\omega;$$

$$K_{H_{И-20A}} = 1,02 \cdot 1,16 \cdot 1,2 = 1,419.$$

Зіставляючи отримані критерії відносної оцінки протиспрацьовувальних і антифрикційних властивостей масел МС-20 і И-20А, можна зробити висновок, що масло МС-20 забезпечує в умовах проведеного експерименту більш надійну мастильну дію (більш ніж у два рази) у порівнянні з маслом И-20А.

### Висновки

Отримані значення коефіцієнта надійності мастильної дії добре корелюють зі значеннями зносу для мастильних матеріалів різного класу. Отримані результати наведено в таблиці.

У таблиці інтенсивність зношування подано інтенсивністю  $I_h$  і величиною  $I$ , що характеризує різниця між початковим і сталим значенням інтенсивності зношування.

### Зміна коефіцієнта надійності мастильної дії залежно від типу мастильного матеріалу в умовах нестационарного тертя

Тип мастильного матеріалу	$K_\delta$	$K_t$	$K_\omega$	$K_H$	$\Delta I_h$ $\times 10^{-10}$	$I$ $\times 10^{-10}$
Гіпоїдне	2,61	3,19	3,55	29,6	2,25	0,39
36/1	2,03	1,89	2,07	7,94	2,61	1,12
«ЕРА»	1,06	1,69	1,59	2,85	3,31	0,99
Shell Alvania	1,12	1,97	1,85	4,08	2,84	0,32
И-20А + «DURA LUBE Transmission»	0,82	1,60	1,12	1,47	4,33	0,91
И-40А + «DURA LUBE Transmission»	0,79	1,62	1,21	1,55	4,94	0,96

Як видно з таблиці, коефіцієнт  $K_H$  добре корелює з величиною  $\Delta I_h$ . Такої кореляції не було встановлено з величиною  $I_h$ . Це свідчить, на нашу думку, що величина  $\Delta I_h$ , характеризує в більшому ступені зміни стану контактних поверхонь у порівнянні з величиною  $I_h$ , що власне відбиває тільки кінцеву фазу контактної взаємодії поверхонь тертя.

Параметри  $K_H$  і  $\Delta I_h$  у цілому задовільно корелюють з параметром  $E$ , що відбиває тонкі фізико-хімічні процеси, які протікають у межевому і поверхневому шарах металу. Це створює необхідні умови для попередньої оцінки трибо-технічних характеристик комплексу метал-змащення-метал, що, у свою чергу, є передумовою для створення математичної моделі інтенсивності зношування у разі нестационарного тертя.

### Список літератури

1. Дмитриченко Н.Ф. Эластогидродинамика: теория и практика. – Львов: Изд-во Нац. ун-та «Львовская политехника», 2000. – 219 с.
2. Смазочные материалы: Антифрикционные и противоизносные свойства. Методы испытаний: Справочник /Р.М. Матвеевский, В.Л. Лашхи, И.А. Буяновский и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 224 с.

Стаття надійшла до редакції 03.04.03.

Р.Г. Мнацаканов, В.И.Маленко, В. А. Довбуш, О.А. Микосянчик

Критерий относительной оценки противоизносных и антифрикционных свойств смазочных материалов

Описан критерий относительной оценки противоизносных и антифрикционных свойств смазочных материалов. Определены изменения удельной работы трения от контактного напряжения, температуры смазочной среды, угловой скорости для группы минеральных масел.

R.G. Mnatsakanov, V.I. Malenko, V.A. Dovbush, O.A. Mikosanchik

Criterion of a relative estimation antideterioration and antifrictional properties of lubricant materials

In a paper the criterion of a relative estimation antideterioration and antifrictional properties of lubricant materials is described. The temperatures of lubricant environment, angular velocity for group of mineral oils are defined change of specific operation of abrasion in function of contact effort.