

М. Ф. Дмитриченко<sup>1</sup>, О. М. Білякович<sup>2</sup>, А. М. Савчук<sup>1</sup>,  
Ю. О. Туриця<sup>1</sup>, О. А. Міланенко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Київський національний транспортний університет,  
кафедра виробництва, ремонту та матеріалознавства,

<sup>2</sup>Київський національний авіаційний університет,  
кафедра технології аеропортів

## ВПЛИВ МАСТИЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА І ЙОГО ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОКАЗНИКІВ НА АНТИФРИКЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ОЛИВ У КОНТАКТІ

© Дмитриченко М. Ф., Білякович О. М., Савчук А. М., Туриця Ю. О., Міланенко О. А., 2017

*Проведено оцінку антифрикційних показників у контактній тертя під час використання товарної мінеральної оливи I-40A та її композиції з такими добавками: протизношувальною з вмістом дитиофосфату цинку, з протизадірною добавкою з вмістом сульфатно-фосфатної групи поверхнево-активних речовин, антифрикційною добавкою. Встановлено, що композиція оливи I-40A з протизадірною добавкою найефективніше змащує поверхні тертя, як за збільшення навантаження, так і за зростання швидкостей кочення, при цьому одночасно виконує розгладжувальний і полірувальний ефекти.*

*Ключові слова: мінеральна олива, антифрикційна добавка, тертя кочення.*

*The evaluation of antifriction indexes in frictional contact with the use of commercial I-40A mineral oil and its composition with the following additives: anti-wear additive with zinc dithiophosphate content, an anti-scaling additive containing sulfate-phosphate group of surfactants, antifriction additive. It was found that the composition of I-40A oil with an extreme pressure additive effectively lubricates rubbing surfaces, both with increasing load and with increasing rolling speeds, while simultaneously performing a smoothing and polishing effect.*

*Key words: mineral oil, antifriction additive, rolling friction.*

**Постановка проблеми.** Переважна більшість сучасних машин і механізмів працює в умовах, що змінюються у часі навантажувальних, швидкісних, температурних та інших параметрів зовнішніх впливів. При цьому будь-яке повторне підсилення режиму неминуче призводить до перехідних процесів щодо підвищення інтенсивності зношування і небезпеки заїдання порівняно з тривалою роботою на цьому режимі. Зміна зносостійкості, крім того, може бути пов'язана з поступовим накопиченням зносу, зміною навантаженості (динамічної), умов змащення і характеристик матеріалу на поверхні (твердості). Існуючі ж експериментальні і розрахункові методи оцінки триботехнічних характеристик (трибо-характеристик) належать до постійного процесу з незмінними у ході тертя і незалежними від зовнішніх впливів визначальними параметрами.

Припрацьовувальні процеси серед інших процесів нестационарного тертя мають особливо важливе значення – зумовлюють самопристосовуваність сполучення до постійно змінюваних умов. У зв'язку з цим підвищення припрацьованості матеріалів і сполучень у виробів зі змінним режимом роботи є істотним джерелом підвищення їх зносо- і задиростійкості, а також зниження втрат на тертя.

Будь-яке вивчення поведінки трибосистем за змінних навантажень  $P$ , швидкостей  $V$  і температур  $T$  належить до нестационарних трибопроцесів. Особливістю цього дослідження є вивчення показників, що відображають не тільки прямий зв'язок – вплив властивостей трибосопряжень на основні триботехнічні характеристики процесу (силу тертя, інтенсивність зношування тощо за різних  $P$ ,  $V$  і  $T$ , а й зворотний зв'язок, що стосується впливу факторів фрикційної навантаженості і зношування на зношувальні, фрикційні і протизадірні властивості сполучення.

Ефективність мастильної дії залежить від багатьох фізичних, фізико-хімічних, хімічних явищ і зумовлюється процесами адсорбції і хемосорбції на поверхнях твердого тіла і їх модифікування. Міцність і деформівність поверхневих шарів металу має істотний вплив на тертя і знос, і, в зв'язку з цим, не завжди максимальне зниження коефіцієнта тертя провокує мінімальне зношення поверхні.

**Основний матеріал.** Для дослідження триботехнічних властивостей були проведені комплексні лабораторні випробовування на машині тертя СМЦ-2 в умовах пуск-зупинка. Антифрикційні показники оцінювались у парі тертя метал-метал (сталь 40Х) під час використання товарної оливи І-40А та її композиції з такими добавками: зразок №1 – протизношувальна добавка з вмістом дитиофосфату цинку, зразок № 2 – протизадирна добавка з вмістом сульфатно-фосфатної групи поверхнево-активних речовин (ПАР), зразок № 3 – антифрикційна добавка (сірчана ЕР присадка). Розглянемо закономірності зміни коефіцієнта тертя для досліджуваних композицій олив (рис. 1) за температури мастильного середовища 75 °С.

Для оливи І-40А з перших циклів напрацювання спостерігається стабільне падіння коефіцієнта тертя ( $f$ ) зі значенням 0,018 до 0,015 з перших циклів напрацювання і до  $N_{ц} = 1200$  відповідно, що підтверджує класичну теорію тертя. Згідно з кривою Герсі-Штрібека, коефіцієнт тертя може зростати зі зростанням в'язкості мастильного середовища (збільшуються втрати на внутрішнє тертя). Це явище спостерігається для композиції оливи І-40А у поєднанні з добавками № 1 та № 3 – під час напрацювання  $N_{ц} = 1200 - 1900$  циклів для вказаних композицій олив спостерігається зростання коефіцієнта тертя зі значень 0,013 до 0,020 для композиції з добавкою № 1 та із 0,013 до 0,016 для оливи зі зразком № 3. Це свідчить про те, що коефіцієнт тертя має відношення до внутрішнього (в'язкісного) тертя безпосередньо у самій оливі. Воно зростає разом зі швидкістю обертання до того часу, поки на поверхнях тертя за номінальної частоти їх обертання не буде досягнутий постійний коефіцієнт тертя – після напрацювання  $N_{ц} = 1950$  циклів досліджуваний показник стабілізується до значень 0,015 і до кінця експерименту становить 0,016 для оливи І-40А + зразок № 1, та 0,015 – для І-40А + зразок № 3.

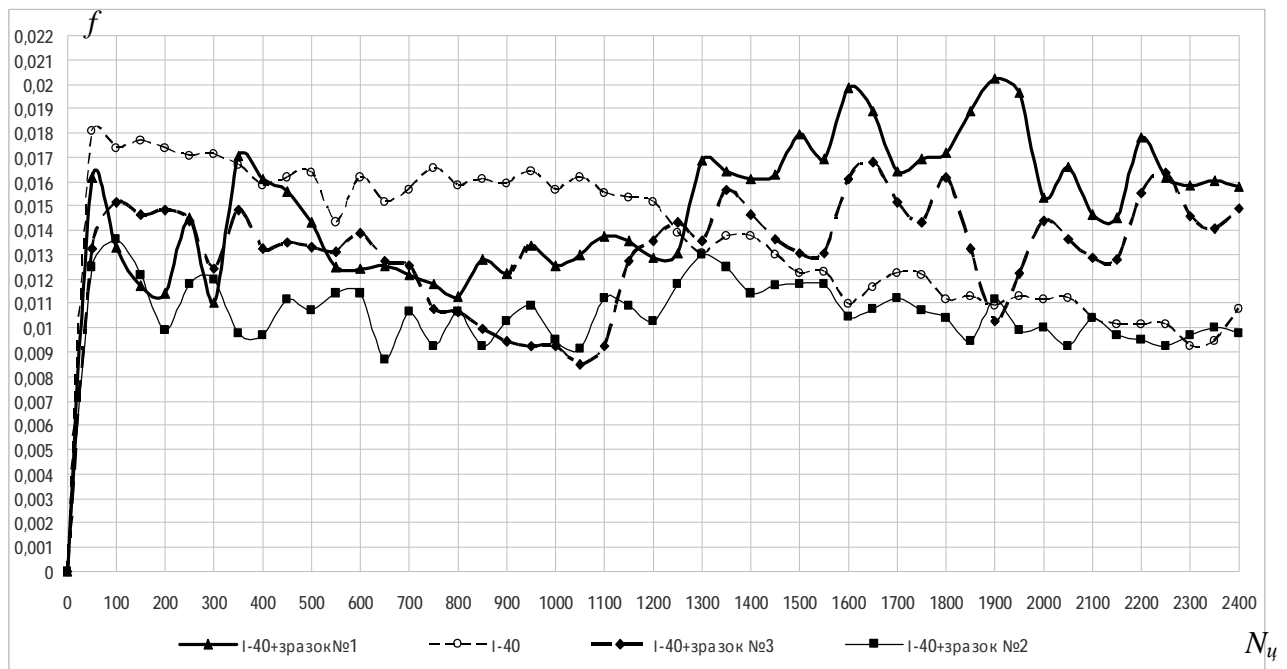


Рис. 1. Коефіцієнт тертя ( $f$ ) оливи І-40А у композиції з добавками (температура мастильного середовища 75 °С)

Для композиції оливи I-40A + зразок № 2 спостерігаються найнижчі коефіцієнти тертя, значення яких становить за  $N_{ц} = 0 - 200$  циклів 0,013 – 0,015, відповідно, після вказаного проміжку роботи і до кінця експерименту прослідковується стабілізація  $f$  до початкових значень і становить 0,08–0,015, що можна пояснити встановленням теплового балансу між прогріванням контактних поверхонь у процесі тертя і тепловіддачею через задіяні елементи (теплопровідність через матеріал поверхонь і конвективна теплопередача через змащувальний матеріал), внаслідок чого і відбувається стабілізація коефіцієнта тертя. Крім того, ці результати підтверджують раніше отримані результати для стаціонарних умов, стосовно того, що композиція, яка містить сульфідно-фосфідну групу має найкращі антифрикційні й протизадірні властивості.

Аналіз теоретичних та емпіричних залежностей експлуатаційних властивостей деталей та їх з'єднань доводить, що вони залежать від параметрів якості їх робочих поверхонь – геометричних параметрів, шорсткості, твердості, глибини зміцненого шару, поверхневих напружень тощо. Контактний тиск, колова швидкість у рухомому сполученні є основними показниками, що характеризують режим тертя вузла, який може змінюватися від сухого тертя до гідродинамічного зі зміною коефіцієнта тертя від 0,5 до 0,001. Тиск визначає низку робочих параметрів при гідродинамічному терті: товщину масляної плівки, несучу здатність поверхні тертя і оливи, гідравлічний опір зазора між втулкою і валом, залежність сили тертя у зоні контакту, оливо-місткість та інтенсивність зношування поверхні тертя деталей. Експлуатаційним показникам у сталому режимі якнайповніше відповідають такі триботехнічні характеристики поверхні тертя, як зносостійкість робочих поверхонь і коефіцієнт тертя [1, 2].

Дещо інша закономірність зміни коефіцієнта тертя простежується за підвищення температури мастильного матеріалу до 90 °С (рис. 2).

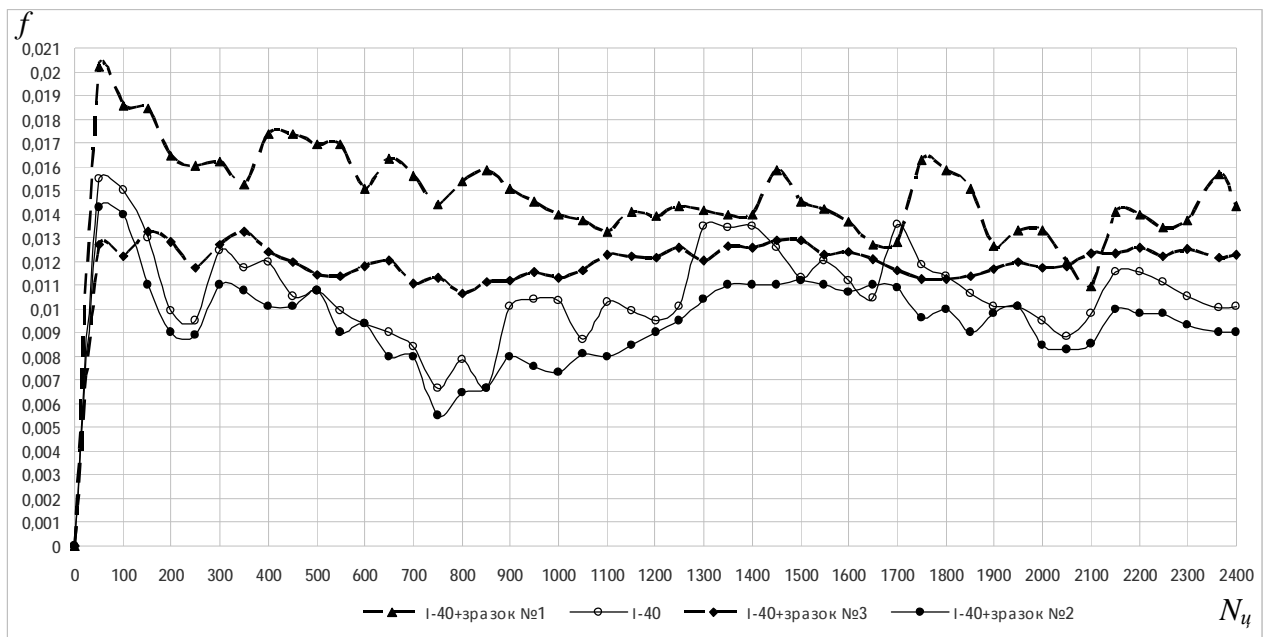


Рис. 2. Коефіцієнт тертя оливи I-40A у композиції з добавками (температура мастильного середовища 90 °С)

З перших циклів напрацювання композиція оливи I-40A з добавкою № 1 має найбільший з усіх досліджуваних композицій коефіцієнт тертя у контакті. Ця закономірність простежується до кінця експерименту і становить за  $N_{ц} = 50$   $f = 0,020$ , за  $N_{ц} = 2400$   $f = 0,014$ .

Цей показник має найвище значення порівняно з іншими досліджуваними композиціями, що на 20 % вище за  $f$  для базової оливи I-40A, вище на 35 % – порівняно зі значеннями коефіцієнта

тертя для зразка № 3 та на 30 % – для зразка № 2 у початковий період роботи ( $N_{ц} = 50$ ). Вміст у досліджуваній композиції оливи зразка № 1 сприяє взаємодії полярних груп молекул оливи з поверхнею металу, на поверхнях тертя утворюється адсорбована плівка оливи. Сила тертя і знос значною мірою залежатимуть від стійкості цієї плівки і сили взаємодії молекул оливи з поверхнею металу, тобто від змащувальної здатності оливи.

Протизношувальні присадки в оливах для змащування сталевих поверхонь широко досліджені Біком та ін. [3]. Кеглаун і Мерфі [4, 5], які досліджували як протизношувальні, так і протизадирні присадки, вирішили, що правильно підбираючи компоненти, можна присадки обох типів об'єднати в одну композицію.

Під час дослідження композиції оливи з добавкою № 2 спостерігається лінійне стабільне зниження коефіцієнта тертя впродовж усього періоду дослідження, яке становить при  $N_{ц} = 50$  коефіцієнт тертя  $f = 0,013$  та стабілізується вже за  $N_{ц} = 200$  циклів і становить  $0,011 - 0,012$ , що менше на 20 % порівняно з аналогічним показником на тому самому проміжку за температури мастильного середовища  $75^{\circ}\text{C}$ , що свідчить про вплив температури на кількісні показники зміни коефіцієнта тертя контактних поверхонь. Оскільки ПАР адсорбуються з добавки і реагують з металом тільки на виступах поверхні у місцях зіткнення, то відбувається процес вирівнювання і полірування. Отже, протизадирна добавка №2, у якій міститься фосфор і сірка, одночасно виконує розгладжувальний і полірувальний ефект. При цьому фосфор сильніше вирівнює поверхню і зменшує знос, а сірка зменшує тертя і підсилює роздільну властивість фосфору. У присутності обох цих елементів олива ефективно змащує поверхні тертя як за великого навантаження, так і за великих швидкостей кочення.

З перших циклів напрацювання і до кінця експерименту встановлюється рівноважне значення коефіцієнта тертя, яке становить  $f = 0,012 - 0,013$ . Цей показник менший на 25 % порівняно з його значенням за температури мастильного середовища  $75^{\circ}\text{C}$ . Фосфатно-сульфідна плівка, яка утворюється на поверхні металу під дією цієї протизадирної добавки, має пластичність і знижений коефіцієнт тертя через менші напруги зсуву модифікованих шарів порівняно з чистим металом [6].

**Висновки.** За результатами проведених експериментальних досліджень встановлено, що характерним явищем під час застосування протизадирних присадок, як правило, є не тільки зниження зносу за помірних навантажень, але внаслідок їх хімічної взаємодії з металом можливе підвищення зносу контактних поверхонь. Тому для надання оливі протизношувальних властивостей за помірних навантажень протизадирні добавки застосовують у поєднанні з протизношувальними компонентами, що і підтверджує функціональне призначення застосованої добавки – запобігання заїданню поверхонь тертя або пом'якшення цього процесу, якщо умови тертя настільки важкі, що запобігти заїданню неможливо.

1. Венцель С. В., Телетов С. Г. // Коллоидный журнал. – 1954. – № 16, Вып. 5. – С. 322–324.
2. Антипенко А. М. Основы трибологии; за ред. В. А. Войтова / А. М. Антипенко, О. М. Белас, В. А. Войтов, О. С. Вотченко, О. І. Сідашенко, М. Г. Стадніченко, В. М. Стадніченко та ін. – Харків: ХНТУСГ, 2008. – 342 с.
3. Beeck O., Givens J. V., Williams E. S., Proc. Roy Soc. (London), 177A, № 968, 103 (1940).
4. Calhouns F., Murphy G. P. PV 111919, 10/111, 1955.
5. Рамайя К. С. Присадки для увеличения маслянистости и увеличения прочности масляной пленки / К. С. Рамайя // Присадки к смазочным маслам. – М.: ГНТИ, 1946. – С. 56–74.
6. Анищик В. М. и др. / Наноматериалы и нанотехнологии. – Минск: Изд. центр БГУ, 2008. – 375 с.